



HOGERE ZEEVAARTSCHOOL ANTWERPEN

Le séparateur PureBilge de Alfa Laval

Elise Corvec

Mémoire présenté pour l'obtention
du titre de
Bachelor en Mécanique Navale

Promoteur: Filip Van Gutte

Année académique : 2019 – 2020

Avant-propos

En parallèle de mes études à l'Ecole Supérieure de Navigation d'Anvers, j'ai eu la chance de pouvoir embarquer sur différents navires pour des périodes de stage de deux à six semaines. Ces stages ont été organisés individuellement et j'ai pu naviguer sur des types de navires variés : un Ro-Ro battant pavillon RIF (pavillon de complaisance Français), un Bâtiment de Surveillance, d'Assistance et de Dépollution battant pavillon Français et enfin un dragueur battant pavillon Belge. Sur tous ces bateaux, le même constat : le séparateur d'eau de cale (Oily Water Separator ou OWS en Anglais) n'est pas utilisé par les marins, qui ne l'ont pour certains jamais vu fonctionner après 5 ans à naviguer sur le même bateau.

J'ai donc commencé à me poser des questions à ce sujet. Quand, à bord j'ai demandé pourquoi on ne l'utilisait pas, on me répondait qu'il était impossible à faire fonctionner, que la teneur en huile ne descendait jamais en dessous de 15ppm (parties par millions) et que la décharge ne se faisait donc pas. Je trouvais tout de même curieux qu'aucun des marins, sur les trois navires, n'arrivent pas à le faire fonctionner. Je ne savais pas à l'époque que ce n'était pas leur compétence le problème.

A la suite d'un travail pour mon cours d'Anglais, j'ai été amené à lire un article du Marine Propulsion & Auxiliary Machinery sur la compagnie Française Le Ponant. Cet article daté de septembre 2018, parlait de la construction de 5 nouveaux bateaux de croisière qui se voulaient plus éco-responsables. Une des mesures décrites dans le magazine était l'installation de séparateur PureBilge de Alfa Laval, dont l'avantage souligné était une séparation à 5ppm au lieu des 15ppm requis légalement.

C'est ainsi que j'ai commencé à m'intéresser à ce sujet, en parallèle avec le constat que j'avais précédemment fait sur l'inutilisation des séparateurs à bord.

Je tiens à remercier toutes les personnes qui m'ont aidé au cours de l'écriture de ce mémoire.

Résumé

Nous allons au fil de pages à venir, présenter le traitement d'eau de cale dans sa globalité : les caractéristiques de l'eau de cale, les différentes méthodes de traitements possibles, ainsi que la réglementation qui l'entoure. Le but étant d'avoir une vue générale et de mieux comprendre les enjeux de ce type de séparation.

Après cet éclaircissement, nous pourrions nous pencher sur les séparateurs conventionnels de type statiques, qui se basent sur la gravitation et la coalescence. Le but étant de montrer le manque de pertinence de ces systèmes qui sont pourtant encore largement utilisés et encore installés sur des navires en chantier.

Nous mettrons ensuite en parallèle à ces systèmes le séparateur PureBilge de chez Alfa Laval. Ce séparateur est d'un type tout-à-fait différent : basé sur la centrifugation, il offre une meilleure solution à la séparation des eaux de cale. Nous détaillerons alors ses caractéristiques et soulignerons les avantages techniques et économique de cette machine.

Les informations des séparateurs conventionnels seront finalement croisées avec celles du séparateur PureBilge afin de prouver les avantages de ce dernier, sa fiabilité et rentabilité.

Abstract

Over the pages to come, we will explain the treatment of bilge water in its all: the different characteristics of bilge water, the different methods which exist to treat it, and the rules and regulations that surround it. The aim is to have an overview of the system so we are able to better understand the challenges of bilge water treatment.

After this clarification, we will have a look at the traditional static separator, based on gravity and coalescence. We will point the lack of relevance of such a type of separator which paradoxically is still widely used and even installed on board of vessel under construction.

We will then come over the PureBilge separator from Alfa Laval. This machine is based on a completely different principle: it uses the centrifugation, offering a far better solution for the oil and water separation. We will detail its characteristics and highlight its technical and economic advantages.

The different datas of the conventional static separator and the ones from a centrifugal separator such as PureBilge will ultimately be crossed in order to prove the advantages and the reliability of the latter.

Table des matières

Introduction.....	1
Explication préalable	3
1. La séparation d' <i>oily bilge water</i>	4
1.1 Qu'est-ce que le bilge water ?	4
1.2 Huile présente dans le bilge water	7
1.2.1 L'huile libre	7
1.2.2 Particules solides	7
1.2.3 Huile dispersée	7
1.2.4 Emulsion stabilisée	7
1.2.5 Huile dissoute	8
1.3 Les raisons de la séparation	8
2. Le principe de séparation	10
2.1 La gravité	10
2.2 Centrifugation	11
2.3 La coalescence	13
2.4 Méthode biomécanique	13
3. La réglementation à propos des OWS.....	14
3.1 MARPOL Annex I Regulation 15	14
3.1.1 Général	14
3.1.2 15 ppm regulation	14
3.1.3 Zone spéciale (Special Area).....	15
3.2 RESOLUTION MEPC.107(49)	17
3.2.1 Définition MEPC	17
3.2.2 MEPC.107(49).....	18
4. Les OWS « classiques ».....	19
4.1 Le principe de fonctionnement.....	19
4.1.1 Premier étage : la gravitation.....	19
4.1.2 Deuxième étage : coalescence	20
4.2 Les problèmes de ce type de séparateur.....	21
4.2.1 Mauvais fonctionnement	21
4.2.2 Décharges illégales	22
4.3 Limitation des tests selon MEPC.107(49)	22
4.3.1 Fluides testés.....	23

4.3.2 Environnement et contexte	24
5. Séparateur PureBilge.....	26
5.1 Principe de fonctionnement	26
5.1.1 Pompage.....	27
5.1.2 Pré-traitement.....	27
5.1.3 Séparation	27
5.1.4 Contrôle et mesure	28
5.2 Différentes parties du système (sans options)	30
5.2.1 Séparateur à haute vitesse BWPX 307	30
i. Principe de fonctionnement	30
ii. Interface et diaphragme.....	32
5.2.2 Contrôleur	33
5.2.3 Panneau opérateur	34
5.2.4 Equipement optionnel	36
5.3 Capacité.....	40
5.4 Solution aux émulsions stables.....	41
5.4.1 Coalescence.....	41
5.4.2 Flocculation.....	42
5.4.3 La solution du séparateur PureBilge	43
6. Comparaison OWS statique et PureBilge.....	44
6.1 Séparation.....	44
6.2 Analyse financière.....	44
6.3 Uniformité.....	45
7. Conclusion	47
Bibliographie.....	49
Liste des annexes.....	1
Appendix 1 MEPC.107(49)	1
Appendix 2 MEPC.107(49)	5

Liste des figures

Figure 1 : Origine de l'eau mazouteuse	4
Figure 2 : Séparation par gravitation	10
Figure 3 : Séparation par centrifugation	12
Figure 4 : Zones spéciales selon MARPOL	17
Figure 5 : Diagramme d'un séparateur statique à deux étages	19
Figure 6 : Séparateur PureBilge	26
Figure 7 : Diagramme schématique du fonctionnement du séparateur PureBilge	29
Figure 8 : Différence entre la floculation et la coalescence	42
Figure 9 : Graphique des coûts sur 25 ans	45

Liste des tableaux

Tableau 1 : Exemple 10 du Oil Record Book.....	5
Tableau 2 : Exemple 4 du Oil Record Book.....	6
Tableau 3 : Liste des zones spéciales selon MARPOL.....	16
Tableau 4 : Analyse financière.....	45

Liste des annexes

Appendix 1 MEPC.107(49)	1
Appendix 2 MEPC.107(49)	5

Liste des abréviations

OWS: Oily water separator

OMI: Organisation Maritime Internationale

MARPOL: Convention internationale pour la prévention de la pollution marine (Marine Pollution)

MEPC : Marine Environment Protection Committee soit Le Comité de la protection du milieu marin

GT : Gross Tonnage

OEM : Original Equipment Manufacturer

Glossaire

Anglais	Français
Bilge	Cale, bouchain
Bilge tank	Caisse à égouttures
Bilge well	Puisards de cale
Bilge water	Eau de cale
Cleaning	Nettoyage, potasse
Discharge	Décharge
Feed pump	Pompe d'alimentation
Gross tonnage	Tonneaux de jauge brute
Cooler	Refroidisseur
Leak	Fuite
Oily	Huileux
Oily water separator	Séparateur d'eau mazouteuse
Overboard	Par-dessus bord
Overflow	Trop-plein, débordement
Purifier	Purificateur
Sludge tank	Caisse à boues
Bowl disk stack	Pile d'assiettes
Gravity disk	Diaphragme

Introduction

Ces dernières années, la prévention de la pollution et notamment la réglementation des décharges en mer ont été au centre des préoccupations. Parmi ces décharges, nous allons nous intéresser tout particulièrement aux déchets d'huiles et autres substances présentes dans les fonds de cale de la salle des machines. Ce mélange de diverses huiles, lubrifiants, carburants, nettoyants, graisses et d'eau s'accumule dans le fond de cale suite à des fuites, à de la condensation, des débordements, et suite au nettoyage de la salle des machines. Pour des raisons de stabilité et de sécurité (il s'agit de fluides inflammables), on va pomper ce fluide hors des fonds de cale via ce qu'on appelle la « bilge pump » vers un tank. Or, nous n'avons aucun intérêt à stocker ces déchets à bord, qui empiètent sur la capacité globale du navire. On va donc avoir deux possibilités : les décharger à terre vers terminal de traitement, opération coûteuse et qui implique de devoir stocker le mélange appelé oily bilge water entre chaque port, ou bien de le décharger en mer.

Il y a quelques décennies de ça, on ne se posait pas vraiment de question sur les rejets en mer et on aurait tout simplement pompé ce mélange directement par-dessus bord.

Heureusement pour l'environnement, cette époque est révolue. En 1948, l'Organisation Maritime Internationale (OMI), qui est une branche des Nations Unies spécialisée dans les questions maritimes, voit le jour. Il faut attendre 1973 pour que la convention MARPOL (Convention International pour la Prévention de la Pollution par les Navires) soit signée, et seulement 1983 pour qu'elle entre en vigueur, ayant été signée par 156 Etats représentant 99,42% de la flotte mondiale. Le Comité de la protection du milieu marin (MEPC en Anglais) qui voit le jour en 1973 est responsable notamment de la convention MARPOL mais de manières générales de tous les sujets traitant de la pollution et de l'environnement.

Depuis MARPOL, il est donc interdit de jeter par-dessus bord l'eau de cale non traitée. On utilise donc des séparateurs, afin de séparer la phase huileuse de la phase aqueuse, dans le but de pouvoir décharger la phase aqueuse par-dessus bord et ainsi ne stocker que la phase huileuse dans l'attente de sa décharge à terre. A l'heure actuelle cette phase aqueuse doit contenir moins de 15ppm (parties par million) d'huile à tout moment lors de la décharge. De plus en plus, de constructeurs cependant anticipe la mise en place d'une réglementation plus stricte et proposent maintenant des séparateurs pouvant offrir une

séparation inférieure à 5ppm. C'est notamment le cas du séparateur qui nous intéresse ici, le séparateur PureBilge d'Alfa Laval.

Nous traiterons l'étude de ce séparateur selon la problématique suivante : PureBilge est-il un séparateur adapté à l'utilisation en mer ? En effet, la plupart des séparateurs que l'on trouve à bord aujourd'hui sont des séparateurs dits « conventionnels », se basant sur un processus de séparation statique. Or, ces séparateurs sont grandement critiqués de nos jours et accusés de ne pas fonctionner correctement, devenant la hantise des marins qui risquent de lourdes peines en cas de pollution. Ces séparateurs sont donc souvent laissés de côté à bord, et l'eau de cale déchargée à terre dans le meilleur des cas. De fait, ce manque de solution peut amener certaines personnes à faire le choix d'utiliser un bypass pour décharger en mer de manière illégale. C'est donc une problématique de première importance, qu'Alfa Laval propose de résoudre avec son séparateur centrifuge PureBilge. Nous développerons donc au long de ce mémoire ce qu'est l'eau de cale, comment ce mélange peut être séparé et la réglementation qui entoure ce processus. Nous développerons ensuite les séparateurs dits « conventionnels » que nous mettrons en parallèle avec le séparateur PureBilge.

Explication préalable

Pour des raisons de compréhension, certains termes techniques seront utilisés en anglais au fil de ce mémoire. En effet, une traduction française existe bien, mais ces termes sont peu communs et rarement utilisés. A bord des navires français, bien que l'équipage soit français, le vocabulaire anglais est souvent employé dans une phrase en français.

La documentation existe elle aussi principalement en anglais donc grand nombre de figures seront trouvées dans la langue de Shakespeare. Ces figures seront bien évidemment expliquées mais si nécessaire, un glossaire est mis à la disposition du lecteur.

Les termes qui reviendront couramment en anglais sont *bilge well*, *bilge tank*, *sludge tank*, *bilge pump* et *oily water separator (OWS)*. Ils seront expliqués plus loin et la traduction française sera donnée.

1. La séparation d'eau de cale

1.1 Qu'est-ce que l'eau de cale ?

Commençons tout d'abord par expliquer ce que sont les bouchains ou *bilge wells* en anglais. Il s'agit de la partie la plus basse du navire, là où se joignent la partie bâbord et la partie tribord du navire. On trouve les bouchains sous le plancher de la salle des machines, on peut aussi appeler ça les fonds de cale.

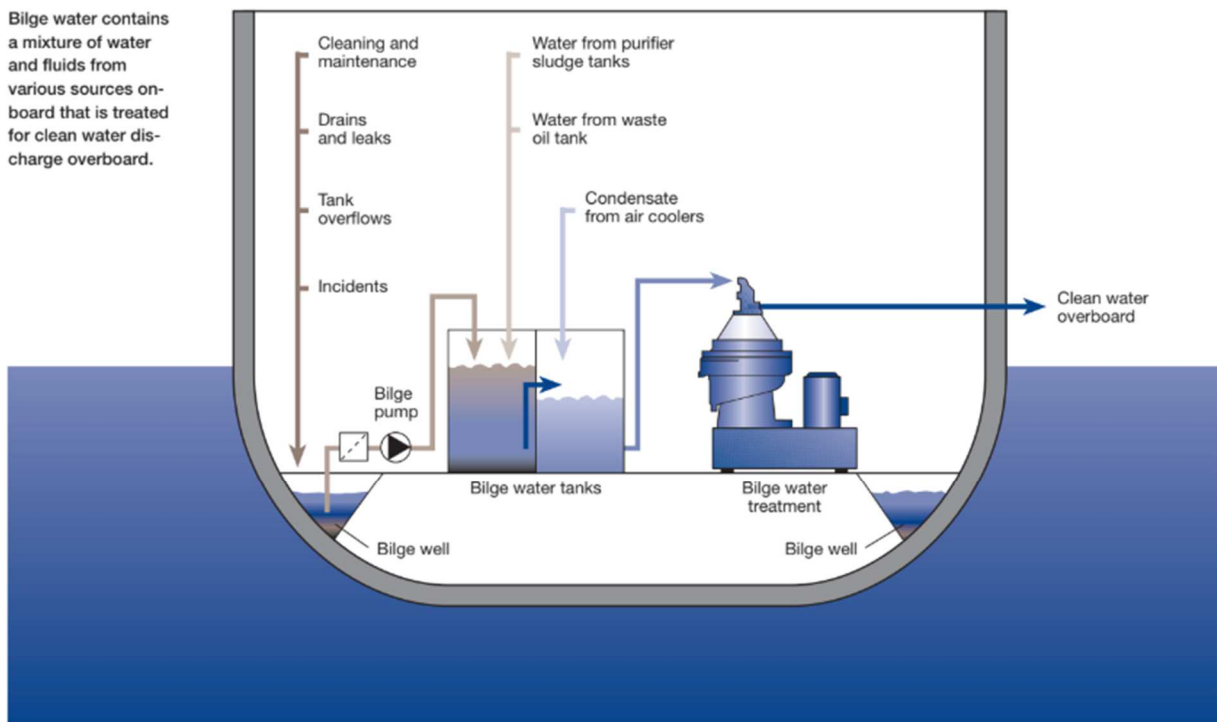


Figure 1 : Origine de l'eau mazouteuse

Source : Alfa Laval document¹

Les *bilge wells* ou bouchains se remplissent de différentes façons, mais il faut noter que c'est plus un mélange huile-eau. Il peut s'agir :

- D'eau utilisée lors de la potasse machine, qui contient donc également un savon
- De condensation naturelle soit provenant de la condensation atmosphérique ou de la condensation des échangeurs de chaleur
- De débordements ou fuites lors d'un remplissage

¹ Alfa Laval, « PureBilge-Technical information for bilge water treatment ».

- De fuites d'huile de lubrification venant du moteur ou des boîtes de vitesse (*gearbox*) ou autre appareil
- D'huile hydraulique issue d'une fuite
- D'eaux grises issues d'une fuite
- D'antigel issu d'une fuite
- De débordement de citernes
- D'eau de mer provenant d'une fuite sur une vanne de prise à la mer ou de presse étoupe²

Nous avons donc ci-dessus une liste non-exhaustive de ce qui peut arriver dans les bouchains. La dernière ligne est sans doute ce qui peut arriver de plus grave. D'une part parce que l'eau de mer va apporter de la corrosion du fait de sa teneur en sel. De l'autre parce qu'une fuite de presse étoupe n'est jamais quelque chose à prendre à la légère et que cela peut amener à une situation de détresse.

Ce mélange sera pompé vers le *bilge tank* (ou caisse à égoutture en français) par les pompes d'assèchement ou pompes de cale. Cette action doit être rigoureusement noté dans le *Oil Record Book* selon l'exemple 10³.

Example #10

Pumping of bilge water from engine-room bilge wells to a tank listed under item 3.3 in the Supplement to the IOPPC

<i>Date</i>	<i>Code</i>	<i>Item No.</i>	<i>Record of operations/signature of officer in charge</i>
dd/mm/yyyy	D	13	xx m ³ bilge water from engine-room bilge wells,
		14	Start: hh:mm, stop: hh:mm
		15.3	To [Name of sec 3.3 Tank & Designation], retained in tank(s) xx m ³
			signed: (Officer-in-charge, Name & Rank) dd/mm/yyyy

Tableau 1 : Exemple 10 du Oil Record Book

Source : Oil Record Book⁴

Le Oil Record Book est un document d'une extrême importance à bord. Il doit être rempli avec minutie et une très grande précision. C'est souvent la première chose qui est vérifiée lors d'une inspection à bord. Il a été rendu obligatoire par la convention MARPOL 73/78. Nous y trouvons deux parties : la partie dédiée à la salle des machines, et celle aux

² Bright Hub Engineering, « What is Bilge Water? Learn How Ships Store & Treat Waste Water in Bilge Wells ».

³ MARPOL 73/78, *Oil Record Book*.

⁴ Ibid.

opérations de cargaison et de ballast dans le cas d'un tanker de plus de 150 tonneaux de jauge brute (GT). La première partie seulement nous intéresse. Les mécaniciens doivent donc reporter dans ce cahier tous les transferts et décharges d'huile ou de sludge. Ainsi, les autorités peuvent avoir un suivi des opérations et voir si une pollution a eu lieu.

Ce que nous avons énuméré ci-dessus est ce que l'on trouve dans les bouchains, mais le bilge tank ne contient pas uniquement un mélange pompé de cette source. Comme on peut le voir sur la Figure 1⁵, on a 3 autres arrivées :

1. Eau drainée depuis le *sludge tank* (ou caisse à boues en français) qui reçoit la décharge des séparateurs diesel ; HFO et d'huile de lubrification.

On draine le *sludge tank* dans lequel se fait la décharge des séparateurs car on ne veut que de l'huile dans ce tank. L'huile étant plus légère, l'eau se trouve dans le fond de la citerne. C'est un drain manuel, on ouvre une vanne qu'on referme dès qu'on voit que ce n'est plus seulement de l'eau qui coule. Ce drainage doit être reporté dans le *Oil Record Book* selon l'exemple 4⁶, Tableau 2. Il est important de noter le volume drainé, ce qu'il reste après le drainage dans le *bilge tank* et dans le *sludge tank*.

Example #4

Draining of water (disposal) from an oil residue (sludge) tank listed under item 3.1 in the Supplement to the IOPPC, to a bilge water holding tank listed under item 3.3 in the Supplement to the IOPPC

Date	Code	Item No.	Record of operations/signature of officer in charge
dd/mm/yyyy	C	12.2	xx m ³ water drained from [Name of sec 3.1 Tank & Designation] xx m ³ retained,
			to [Name of sec 3.3 Tank & Designation] retained in tank(s) xx m ³
			signed: (Officer-in-charge, Name & Rank) dd/mm/yyyy

Note: Collection of bilge water need not to be accounted for, so only one entry is required. Capacity of sludge tanks should not be recorded for C.12.x entries.

Tableau 2 : Exemple 4 du Oil Record Book

Source : Oil Record Book⁷

2. Eau huileuse provenant de l'évier à déchet de la salle des machines. C'est l'évier dans lequel on vide n'importe quel saut contenant un liquide huileux, **issus** d'une

⁵ Alfa Laval, « PureBilge-Technical information for bilge water treatment ».

⁶ MARPOL 73/78, *Oil Record Book*.

⁷ Ibid.

fuite ou d'une réparation qui nous aurait obligé à ouvrir des tuyaux qui auraient coulés.

3. Le condensat des refroidisseurs d'air

1.2 Huile présente dans l'eau de cale

L'eau de cale n'est rien d'autre qu'un mélange huileux. Et par huileux on comprend les substances suivantes : huile, diesel, HFO (*Heavy Fuel Oil*), graisse et autres hydrocarbures. Comme nous pouvons le lire dans le Model Course 3.03⁸ cette huile peut se trouver sous différentes formes physiques que nous détaillons ci-dessous.

1.2.1 L'huile libre

L'huile libre est l'huile liquide à proprement parler. Ayant une plus petite densité que l'eau, elle ne va pas se mélanger avec cette dernière et va monter à la surface de l'eau. Elle sera donc facile à séparer. D'après l'article de M.Cheryan et N.Rajagopalan⁹, elle se caractérise par des gouttes d'huile d'au moins 150µm.

1.2.2 Particules solides

Les particules solides huileuses, plus lourdes, se déposeront au fond de la citerne. Dans cette forme physique, c'est une substance facile à séparer aussi mais qui peut créer des complications avec les filtres.

1.2.3 Huile dispersée

L'huile dispersée, elle, sera plus difficile à séparer. A cause de l'action de vagues mécaniques, ou bien d'un produit chimique dispersant, elle se divise en fines gouttelettes de 20 à 150µm qui s'éparpillent dans l'eau.

1.2.4 Emulsion stabilisée

L'émulsion peut être causée par une agitation lors d'une phase de pompage ou du passage par une vanne par exemple. Une émulsion est le mélange de deux fluides non

⁸ International Maritime Organization, *Model Course 3.03 Survey of machinery installations*.

⁹ M Cheryan et N Rajagopalan, « Membrane processing of oily streams. Wastewater treatment and waste reduction ».

miscibles. Ici, il s'agit de très fines gouttelettes de moins de 20µm d'huile présentes dans l'eau. Normalement, en laissant le temps, les gouttelettes vont se regrouper pour reformer des grosses gouttes, puisque l'eau et l'huile ne peuvent se mélanger. Mais le problème majeur que l'on retrouve dans une salle des machines est la stabilisation de l'émulsion huile-eau, le plus souvent due à des substances chimiques. Or, des substances chimiques, on en trouve beaucoup dans une salle des machines. Il peut s'agir de détergents pour le nettoyage de la machine, d'additifs se trouvant dans une huile de lubrification, dans un produit utilisé dans la maintenance telle qu'une huile pénétrante, d'un produit de traitement de l'eau ou encore d'additifs se trouvant dans le fuel. En effet, les produits rencontrés dans le commerce sont de plus en plus complexes et de moins en moins naturels. Ils se basent sur des matières synthétiques et tout un tas d'additifs. Ces produits sont responsables de la stabilisation des émulsions.

Les fines gouttes d'huile ne vont plus alors se retrouver et se regrouper mais rester dispersées. C'est le souci principal avec l'utilisation des OWS à bord. La plupart des OWS, qui utilisent le principe de coalescence et de gravité que nous expliquerons plus bas, ne peuvent séparer un tel mélange. C'est souvent pour cette raison que les OWS sont peu ou pas utilisés à bord, car il est alors impossible de séparer l'huile de l'eau à moins de 15ppm et la décharge ne peut se faire.

1.2.5 Huile dissoute

Huile dissoute n'est plus présente en gouttelettes mais est complètement mélangée. Elle est alors absolument impossible à séparer.

1.3 Les raisons de la séparation

Une simple explication à la séparation d'eau de cale est de limiter la pollution en mer en évitant le rejet d'hydrocarbures en trop grande quantité. Mais alors pourquoi déchargeons-nous l'eau de cale en mer ? Il existe deux raisons.

La première raison est une incohérence au niveau de la construction. En effet on peut avoir un navire avec un bilge tank de très faible capacité par rapport à la machinerie du navire ou à ses voyages. Si le navire navigue en moyenne quinze jours sans voir la terre mais que son tank se remplit très rapidement, il doit alors faire quelque chose de cette

eau de cale. Donc pour de simples raisons de capacités, on peut se voir dans le besoin de décharger notre eau de cale en mer.

La deuxième raison est principalement économique mais aussi liée à l'organisation. En effet la décharge et la prise en charge d'eau de cale à terre est coûteux et demande à être organisée. D'une part la compagnie ne veut pas payer trop régulièrement pour cette décharge mais cela signifie qu'il faut réserver une barge ou un camion aux escales. Ce qui n'est pas toujours réalisable et qui demande du temps. Donc on va essayer de limiter ce traitement à terre en se débarrassant des volumes d'eau de notre mélange huileux en mer. Ainsi on espace la procédure de traitement à terre et on ne paye pas pour de l'eau.

2. Le principe de séparation

Comme nous pouvons le lire dans le Model Course 3.03 de l'OMI (Organisation Maritime Internationale)¹⁰, il existe plusieurs méthodes pour la séparation huile-eau. Elles seront utilisées seules ou combinées.

2.1 La gravité

La méthode de séparation s'appuyant sur la gravité peut être appelée décantation. Pour la séparation de deux liquides, cette technique se base sur leur différence de densité. Avec le temps, le liquide le plus léger va se retrouver à la surface du liquide plus dense, selon une ligne de séparation horizontale. On a alors une phase organique, qui dans ce cas se trouve être l'huile qui va être à la surface car elle a une densité plus faible que l'eau, et une phase aqueuse. Ces deux phases sont dites non miscibles. L'image ci-dessous illustre ses propos.

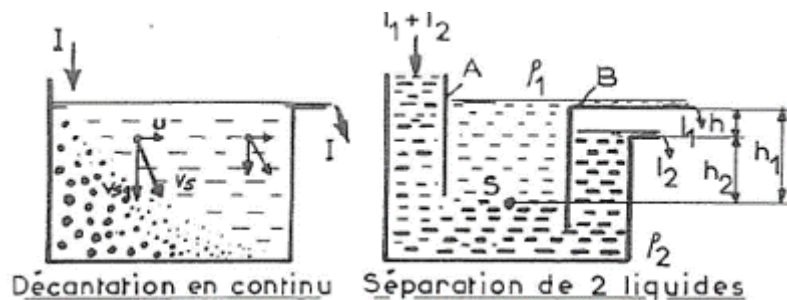


Figure 2 : Séparation par gravitation

Source : Diesel marin description et fonctionnement, Jean BRIAND¹¹

Comme précisé dans le livre écrit par Jean Briand¹², le temps nécessaire à la décantation dépend de la vitesse de sédimentation dont la formule est présentée ci-dessous.

$$V_{sg} = K \cdot d^2 \cdot \frac{(\rho_2 - \rho_1)}{\eta} \cdot g$$

d : diamètre équivalent des particules

ρ_2 : masse volumique des particules

ρ_1 : masse volumique du liquide à épurer

¹⁰ International Maritime Organization, *Model Course 3.03 Survey of machinery installations*.

¹¹ Jean Briand, *Diesels marins description et fonctionnement*.

¹² Ibid.

g : accélération de la pesanteur

η : viscosité dynamique du liquide

Nous pouvons conclure de cette équation que la vitesse de sédimentation dépend de la dimension des particules. Plus les particules sont grandes, plus vite la décantation se fera. Ensuite, la différence de masse volumique joue également un rôle important. En effet on voit que plus la différence de masse volumique entre les deux fluides est grande, et plus grande sera la vitesse de sédimentation. On voit que la viscosité du fluide a aussi un impact. En effet « *la vitesse de séparation est inversement proportionnelle à la viscosité* »¹³.

La séparation huile-eau par gravitation est donc très simple et ne requiert qu'un simple tank. Mais bien souvent cette méthode n'est pas suffisante à elle seule pour passer sous la barre des 15ppm demandé par MARPOL. Cette méthode est donc généralement combinée avec une autre.

Mais le problème de cette méthode à bord est bien évidemment les vibrations et les mouvements du navire dus à l'état de la mer, qui rendent cette technique beaucoup moins fiable que lorsqu'elle est testée en laboratoire à terre.

2.2 Centrifugation

La séparation par centrifugation se base sur la force centrifuge, comme son nom laisse l'entendre. En effet, la force centrifuge est un phénomène physique qui va tendre à pousser un objet avec une trajectoire curviligne vers l'extérieur de la courbe. Elle s'exprime de la manière suivante.

$$F_{cen} = m \cdot \omega^2 \cdot R = \frac{m \cdot v^2}{R}$$

F_{cen} : force centrifuge en newtons (N)

m : masse en kilogrammes de l'objet considéré (kg)

ω : vitesse angulaire en radians par seconde (rad/s)

v : vitesse linéaire sur la tangente à la trajectoire en mètres par seconde (m/s)

R : est la distance de l'axe de rotation au centre de gravité de l'objet, en mètres (m)

¹³ Ibid.

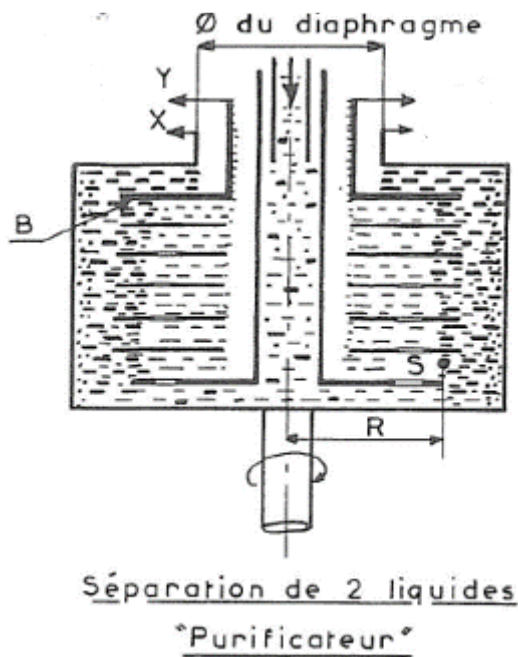


Figure 3 : Séparation par centrifugation

Source : Diesels marins description et fonctionnement, Jean BRIAND

Elle se base sur les mêmes principes que la séparation par gravité, c'est-à-dire la différence de densité entre les deux substances, leur diamètre et leur substance. Mais puisque la force centrifuge est ajoutée, cela va accélérer la séparation et on trouve alors une vitesse de sédimentation centrifuge comme ci-dessous :

$$V_{sc} = K \cdot d^2 \cdot \frac{(\rho_2 - \rho_1)}{\eta} \cdot \omega^2 \cdot R$$

d : diamètre équivalent des particules

ρ_2 : masse volumique des particules

ρ_1 : masse volumique du liquide à épurer

ω : vitesse angulaire en radians par seconde (rad/s)

g : accélération de la pesanteur

η : viscosité dynamique du liquide

R : est la distance de l'axe de rotation au centre de gravité de l'objet, en mètres

La force gravitationnelle g que l'on retrouvait dans la formule de vitesse de sédimentation par gravité est donc remplacée par l'accélération centrifuge $\omega^2 \cdot r$ où ω est la vitesse angulaire et r la distance à l'axe de rotation.

Cette vitesse de sédimentation est donc 2000 à 8000 fois plus rapide que la vitesse de sédimentation par gravité.

2.3 La coalescence

La coalescence est un phénomène qui tend à réunir les gouttes d'une même substance qui était dispersée. Un bon exemple de coalescence peut être observé lors d'un jour de pluie, avec les gouttes de pluie qui se rejoignent sur la vitre, jusqu'à être suffisamment grosses et lourdes pour glisser vers le bas.

Le filtre à coalescence est un système largement rencontré pour la séparation huile-eau. Dans les filtres, nous retrouvons une surface filtrante spéciale, un milieu oléophile. C'est-à-dire qu'on utilise une substance qui va avoir tendance à retenir les substances huileuses tel que le polypropylène ou le téflon d'après le Model Course 3.03¹⁴. L'huile va donc s'accumuler sur cette surface et subir le phénomène de coalescence. Ainsi la taille des gouttes va augmenter, ces dernières vont donc monter plus vite à la surface de l'eau de par la différence de densité. La séparation est donc accélérée.

2.4 Méthode biomécanique

Cette méthode se base sur un média qui va chimiquement dégrader l'huile. En effet, il s'agit d'une bactérie solidement attachée au média, qui va consommer les hydrocarbures. Cette bactérie est naturelle et est faite pour vivre dans un milieu tel que l'eau de cale. Elle ne comporte pas de danger pour les marins qui pourraient s'y trouver en contact.

Cette méthode est d'autant plus fiable qu'elle fonctionne même encore mieux avec de l'huile en émulsion ou de l'huile mélangée avec des détergents. En effet, dans ces situations, l'huile est présente en très petites gouttelettes éparpillées qui offrent donc une plus grande surface d'échange avec la bactérie, et accélère donc le travail de cette dernière.

Un exemple de séparateur utilisant cette méthode est le PetroLimator, approuvé par l'OMI. C'est un système encore peu rencontré, qui semble offrir les mêmes avantages que le séparateur PureBilge, soit la séparation à 5ppm et résout le problème de l'huile en émulsion, comme on peut le lire sur le site EnSolve Byosystems, Inc.¹⁵.

¹⁴ International Maritime Organization, *Model Course 3.03 Survey of machinery installations*.

¹⁵ EnSolve Byosystems, Inc., « PetroLimator ».

3. La réglementation à propos des OWS

3.1 MARPOL Annex I Regulation 15

3.1.1 Général

Cette annexe¹⁶ définit les conditions de la décharge d'huile pour un navire de 400 GT (*Gross Tonnage*) et plus). Selon MARPOL, que le navire se trouve en zone spéciale ou non, la décharge d'huile est strictement interdite, sauf si les conditions suivantes sont remplies :

- Le navire doit être en route
- Le navire possède un équipement de filtration tel que décrit dans la réglementation 14
- La teneur en huile ne doit pas dépasser 15 parties par million
- L'huile dont on parle est issue des eaux de cale de la salle des machines et non des espaces de pompages des bouchains de la cargaison sur un tanker. Il ne doit y avoir aucune trace de cargaison.
- Dans une zone spéciale, on doit avoir un système d'alarme et un système d'arrêt automatique si l'on dépasse les 15ppm

/!\ La décharge est strictement interdite en Antarctique, quel que soient les conditions.

Détaillons maintenant ce que désigne exactement le terme « en route ». Un navire faisant route est un navire qui n'est ni à l'ancre, ni amarré, ni échoué. Un navire sans propulsion mais qui est dans l'une des 3 situations décrites précédemment est un navire en route.

3.1.2 15 ppm regulation

Comme nous l'avons vu dans le paragraphe précédent, l'eau rejetée en mer ne doit pas contenir plus de 15 parties par million d'huile. Tout d'abord, analysons ce que représente 15ppm. Partie par million exprime la quantité d'un produit dans une unité donnée, contenu dans un million d'unités d'un autre produit.

Ex : 1ppm=1mg par 1kg

¹⁶ International Maritime Organization, *Model Course 3.03 Survey of machinery installations*.

1ppm=1g par tonne

1ppm=1mL par m³

Par conséquent, le mélange ne devant pas excéder 15ppm, cela signifie qu'il ne faut pas plus de 15mL d'huile par mètre cube d'eau.

Pour cela, les navires doivent être équipés de système de surveillance et de contrôle des rejets. Comme nous pouvons le lire dans l'Annex I Regulation 16 de MARPOL¹⁷ les navires de plus de 10000 tonnes en lourd doivent, en plus des moniteurs et contrôleurs, être équipés d'un système d'alarme et d'un système d'arrêt automatiquement si le mélange dépasse 15ppm.

3.1.3 Zone spéciale (Special Area)

Nous allons maintenant expliquer le terme « zone spéciale ». Il s'agit de zones maritimes définies par MARPOL comme devant être protégées. Comme nous pouvons le lire dans un article publié par l'Organisation Maritime Internationale (OMI)¹⁸, cette protection est expliquée par une particularité océanographique de la zone, par des raisons écologiques ou encore par la densité de son trafic maritime. Ces zones sont considérées comme sensibles et sont sujettes à une réglementation stricte afin de limiter leur pollution. Nous retrouvons ces zones dans le tableau 3 et la figure 4 ci-dessous.

¹⁷ Ibid.

¹⁸ Organisation Maritime Internationale (OMI), « Zones spéciales en vertu de MARPOL ».

Date d'adoption, date d'entrée en vigueur et date à laquelle les mesures concernant les zones spéciales ont pris effet			
Zones spéciales	Date d'adoption #	Date d'entrée en vigueur	Date à laquelle les mesures ont pris effet
Annexe I : Hydrocarbures			
Zone de la mer Méditerranée	2 novembre 1973	2 octobre 1983	2 octobre 1983
Zone de la mer Baltique	2 novembre 1973	2 octobre 1983	2 octobre 1983
Zone de la mer Noire	2 novembre 1973	2 octobre 1983	2 octobre 1983
Zone de la mer Rouge	2 novembre 1973	2 octobre 1983	*
Zone des Golfes	2 novembre 1973	2 octobre 1983	1er août 2008
Zone du golfe d'Aden	1er décembre 1987	1er avril 1989	*
Zone de l'Antarctique	16 novembre 1990	17 mars 92	17 mars 1992
Eaux de l'Europe du Nord-Ouest	25 septembre 1997	1er février 1999	1er août 1999
Zone d'Oman de la mer d'Arabie	15 octobre 2004	1er janvier 2007	*
Eaux de la zone maritime méridionale de l'Afrique du Sud	13 octobre 2006	1er mars 2008	1er août 2008

Tableau 3 : Liste des zones spéciales selon MARPOL

Source : OMI¹⁹

¹⁹ Ibid.

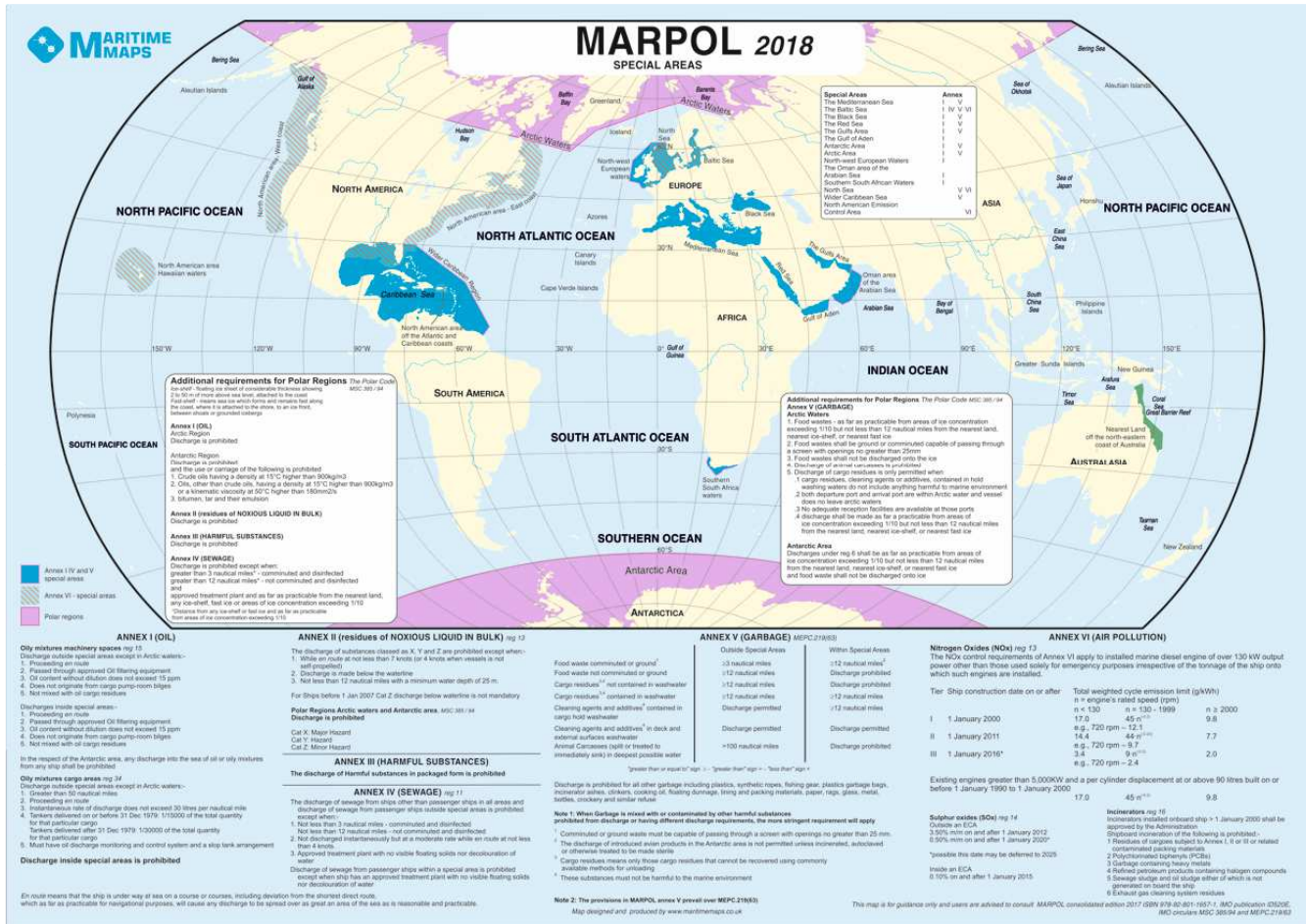


Figure 4 : Zones spéciales selon MARPOL

Source : Maritime Maps²⁰

3.2 RESOLUTION MEPC.107(49)

MARPOL définit la réglementation pour la décharge en mer tandis que la résolution MEPC.107(49) définit la réglementation pour la fabrication les tests et la certification, comme nous allons le voir.

3.2.1 Définition MEPC

L'abréviation MEPC vient de l'Anglais « Marine Environment Protection Committee », soit en Français « Comité de la Protection du Milieu Marin ». C'est donc un des 5 comités principaux de l'OMI qui se compose de tous les Etats Membres. Ce comité est responsable de toutes les questions environnementales, de la prévention de la pollution

²⁰ Maritime Maps, « MARPOL special areas 2018 ».

en mer, de la lutte contre la pollution. Ils discutent de l'adoption ou de la modification de règles ou de conventions telles que MARPOL.

3.2.2 MEPC.107(49)

MEPC.107(49) est donc un texte adopté par le Comité de Protection du Milieu Marin, concernant la prévention de la pollution par les eaux de bouchain des navires. Il s'agit de l'actualisation de la résolution MEPC.60(33) adoptée en 1992.

Ce texte comprend les lignes directrices pour le test des séparateurs d'eau de cale. C'est-à-dire qu'on y retrouve les minimums techniques requis pour la construction des séparateurs, les types de test qu'ils doivent passer ainsi que les spécifications de performance requises. Il y est décrit dans quel environnement doivent être effectués ces tests ainsi que les méthodes devant être utilisées pour déterminer le contenu d'huile dans l'eau.

A la suite de ces tests, si les résultats sont concluants, le séparateur testé se voit attribuer des documents d'approbation, des certificats assurant que ce type de séparateur a été jugé adéquate par l'Administration pour être installé sur des navires. Ce certificat est vendu avec le séparateur et doit être gardé à bord.

Les certificats et documents liés à ces tests pourront être retrouvé en Annexe.

4. Les OWS « classiques »

La plupart des séparateurs d'eau de cale que l'on retrouve sur les navires sont de type statique.

Ils sont économiquement intéressants à l'achat. C'est sans doute pour cela que ce type de séparateur est si répandu. Mais nous verrons plus loin que ce système est loin d'être économique sur le long terme du fait qu'il ne fonctionne pas comme il devrait.

4.1 Le principe de fonctionnement

Les séparateurs dits statiques se basent sur deux étapes de traitement : la gravitation et la coalescence.

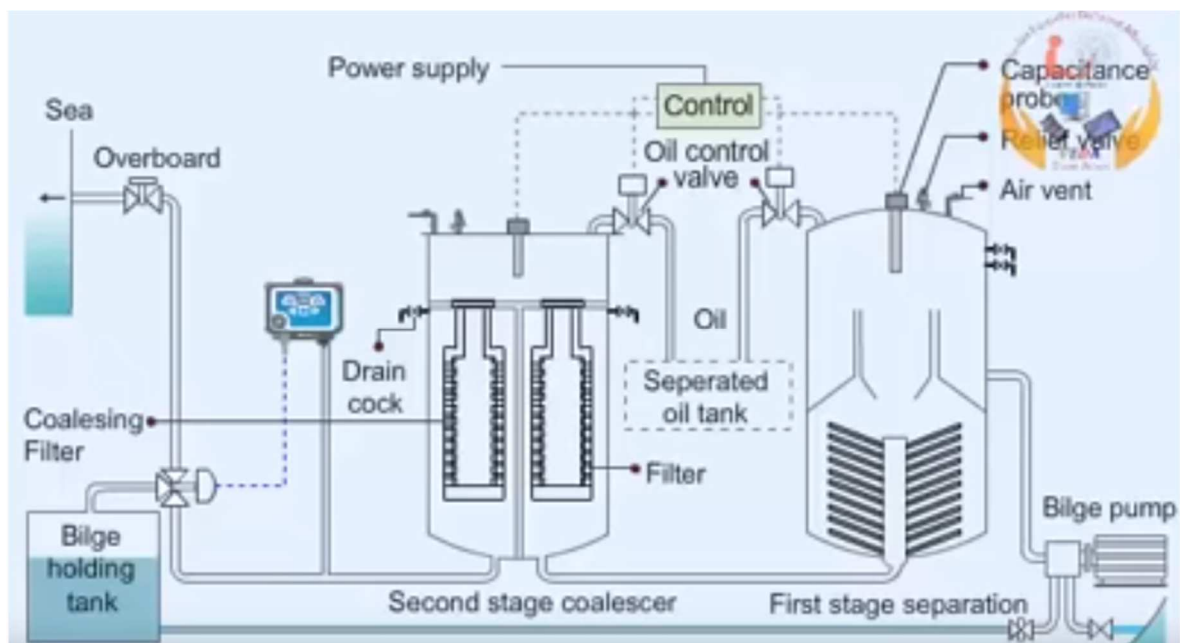


Figure 5 : Diagramme d'un séparateur statique à deux étages

Source : Vidéo YouTube²¹

4.1.1 Premier étage : la gravitation

Pour cette première phase de traitement, l'eau de cale est pompée vers le premier compartiment du séparateur, comme on peut le voir sur la figure 8 à droite. La pompe utilisée pour cela est une pompe à déplacement positif, non une pompe centrifuge qui créerait des turbulences qui risqueraient d'émulsifier d'avantage le mélange. Ce dernier, sous la force de gravitation va donc se séparer. L'huile plus légère va s'élever au-dessus

²¹ Supreme_Engineer, *Oily water separator/Bilge wayer separator/oil and water separator.*

de l'eau. Comme on peut l'observer sur le diagramme le tank possède dans le fond des « baffles plates » en anglais ou plaques de capture. Elles ont pour but de piéger les particules d'huiles plus lourdes qui tomberaient dans le fond. Ainsi ces particules sont collectées entre les plaques et ne sont pas envoyées vers le deuxième étage de séparation.

En haut du tank on a une sonde qui va mesurer le niveau d'huile accumulée et envoyer l'information à un contrôleur PID qui va commander une vanne solénoïde (qui peut être pneumatique ou électronique). Lorsque cette vanne s'ouvre, l'huile va être envoyée vers un sludge tank.

L'eau dans le fond est dirigée vers le deuxième compartiment.

Un échangeur de chaleur peut être ajouté au système pour favoriser la séparation.

4.1.2 Deuxième étage : coalescence

Lorsque le mélange arrive dans le deuxième compartiment, il passe d'abord par un filtre dont le but est de capturer les impuretés et les particules. Ces dernières vont sédimenter dans le fond et pourront être nettoyées.

Ensuite le mélange va rencontrer un filtre coalesceur dont la surface filtrante a été spécialement choisie pour capturer et bloquer les gouttes d'huile. Cette surface, comme expliqué plus haut dans le paragraphe 2.3 *La coalescence*, est oléophile et va retenir l'huile. Il peut s'agir de polypropylène ou de téflon par exemple. Les gouttes d'huile ainsi retenues vont s'agglutiner pour former des gouttes plus volumineuses. C'est ce qu'on appelle la coalescence. Une fois atteinte une taille suffisante elles vont s'élever dans la partie supérieure du compartiment, au-dessus de l'eau.

Cette partie supérieure est construite de la même manière que pour le premier étage de traitement. C'est-à-dire qu'on a une sonde pour mesurer le niveau d'huile, qui communique l'information à un contrôleur PID qui va commander une vanne solénoïde de décharge vers un sludge tank. L'eau qui sort par le bas du compartiment est contrôlée pour mesurer sa teneur en huile en parties par million. Le contrôleur commande une vanne trois voies de manière à ce que l'eau soit remise en circulation vers le bilge tank si on est au-dessus de 15ppm ou envoyée par-dessus bord si on est en dessous de 15ppm.

4.2 Les problèmes de ce type de séparateur

4.2.1 *Mauvais fonctionnement*

Une étude menée par la firme Martin Ottaway²² sur les difficultés rencontrées par les marins avec les OWS souligne le mauvais fonctionnement de ces derniers et le mécontentement des marins. Parmi les points soulignés : « les détergents utilisés dans la salle des machines ne permettent pas une phase nette de séparation », « eau de cale très sale pas traitée », « accumulation trop rapide d'huile sur le filtre coalesceur et donc perte d'efficacité très rapide », « 15ppm alarme, utilisation du magic pipe », « ne fonctionne pas bien et requiert beaucoup de maintenance ». 163 témoignages ont été répertoriés qui confirment le constat suivant : ces séparateurs ne sont pas adaptés à l'utilisation que l'on en fait en mer.

La première raison apparente est l'incidence des mouvements du navire sur le système. Ces séparateurs sont testés à terre dans un milieu statique. Mais en mer, nous avons des vibrations importantes, des mouvements dus aux vagues et au vent tel que le roulis, le tangage, le tapage. La phase de gravitation est donc rendue très souvent impossible, car ces mouvements mélangent et émulsifient eux même l'huile.

Ensuite, comme déjà discuté plus haut, les émulsions stables ne peuvent pas être brisées par ce type de séparateur, étant donné qu'une force seulement de 1G agit sur le mélange. Or, ce type d'émulsion est de nos jours une quasi constante dans les salles des machines, avec la grande quantité de détergents et d'additifs utilisés.

Une autre difficulté est la gestion d'une eau de cale avec une composition variable au fil du traitement, que le séparateur a du mal à gérer. Les additifs et autres produits chimiques utilisés rendent notre mélange complexe et irrégulier avec des changements de viscosité et de densité. Les liquides choisis pour les tests à terre sont loin d'être aussi complexes que ceux réellement rencontrés dans le bilge tank.

De plus, on a des eaux de cale de plus en plus sales, avec l'utilisation notamment du fuel lourd entre autres. Cela apporte une grande quantité d'impuretés, de particules solides qui encrassent très rapidement les filtres, qui une fois sales rendent le système inefficace. Il faudrait donc les changer très régulièrement, ce qui coûte de l'argent et du temps. Il semblerait que la durée des tests effectués soit trop courte (2.5h), et qu'en condition

²² Martin Ottaway, « Open ended survey responses ».

réelle, les filtres s'encrasseraient trop vite et ne permettraient bien de maintenir les performances, comme on peut le lire dans le document de United States Environmental Protection Agency Office of Wastewater Management²³

4.2.2 Décharges illégales

Du fait des problèmes discutés plus haut, les marins peuvent se voir poussés à utiliser ce qu'on appelle un « magic pipe », qui est en fait un bypass du système de séparation. Ils évitent donc le contrôleur et la vannes trois voies de recirculation et déchargent de manière tout à fait illégale un mélange au-dessus de 15ppm d'huile.

Ce genre de situation n'est pas rare et le choix d'utilisation du bypass est pris en général par manque de capacité du bilge tank. Si vous êtes en pleine mer et que vos cales sont pleines d'eau et d'huile, il vous faut pomper ce mélange dans le bilge tank. Mais si ce dernier est plein et que le séparateur ne fonctionne pas correctement, quelles sont alors vos solutions ? Les marins qui utilisent ce bypass ne le font pas pour le plaisir de polluer ou par simplicité, car ils risquent eux-mêmes gros : une peine de prison allant jusqu'à 10 années, des amendes lourdes jusqu'à 1 million d'euros, et sans doute des difficultés à retrouver un travail après. La plupart du temps ils le font car ils sont face à une impasse où sont mis sous pression par des supérieurs.

Comme on peut le lire dans le document de Alfa Laval²⁴ entre 2007 et 2016, environ 200 millions de dollars d'amendes ont été récoltés pour ce genre de pollution. Et il ne s'agit que des cas déclarés, mais combien ont déchargés sans que ce soit remarqué par des autorités.

Il apparait donc important d'avoir des systèmes de séparation efficaces en parallèle de capacités de bilge tanks adaptées. Pour des raisons environnementales, mais également pour les marins eux-mêmes qui, comme on peut le lire dans l'article du Maritime Executive²⁵, sont nerveux et inquiets quant au traitement du bilge water.

4.3 Limitation des tests selon MEPC.107(49)

Les séparateurs statiques de type coalesceur apparaissent donc comme peu adaptés, fonctionnant mal à bord et incitant même parfois les marins à des décharges illégales.

²³ United States Environmental Protection Agency et Office of Wastewater Management, « Oily Bilgewater Separators ».

²⁴ Alfa Laval, « Why gamble on the magic pipe?_White Paper ».

²⁵ Wendy Laursen, « Seafarers speak out on oily water separators ».

Mais alors pourquoi ce genre de séparateur est-il approuvé ? Il semblerait que la qualité des tests requis par MEPC.107(49) soient en cause, ne reproduisant pas correctement les conditions réelles²⁶.

4.3.1 Fluides testés

Comme nous pouvons le lire dans le paragraphe 1.2.4 de la résolution MEPC.107(49), 3 différents fluides sont utilisés :

- Fluide A : fuel de type RMG 35 (selon ISO 8217), soit un fuel lourd avec une viscosité de 380 mm²/s à 40°C
- Fluide B : fuel de type DMA, soit un diesel d'une viscosité de 6mm²/s à 40°C
- Fluide C : ce fluide est un mélange qui se veut de reproduire une émulsion. On retrouve le mélange selon les proportions suivantes.
 - 947.8g d'eau douce
 - 25 du fluide A
 - 25g du fluide B
 - 0.5g de surfactant sec (chimique créant une émulsion)
 - 1.7g d'oxide de fer dont la taille des particules est comprise entre 10 et 100 microns

Il est certain que notre eau de cale n'aura jamais la « qualité » du fluide B. Elle se rapprocherait d'avantage du fluide C. Mais là encore il y a de grandes chances pour que le mélange qui se trouve dans notre tank soit bien plus complexe que ça. Comme on l'a déjà souligné, des chimiques issus de produits nettoyants, des additifs issus de notre diesel ou de nos huiles de lubrification ainsi que de l'huile hydraulique peuvent se trouver dans nos bilges. Un rapport de la United States Environmental Protection Agency de 2010²⁷ nous montre qu'une grande variété de polluants se trouve dans notre bilge water. Pour cette étude, ils ont analysé l'eau de cale de sept navires de taille modérée (moins de 79 pieds soit 24 mètres) : deux navires d'assistance/remorquage, deux navires taxis, deux navires de pêche et un navire de promenade. Parmi les polluants trouvés, des métaux présents en concentrations élevées tels que le cuivre, de l'aluminium mais aussi du fer, Mais

²⁶ TANKEROperator, « Bilge water treatment_centrifugal or gravity separation? »

²⁷ EPA, *Report to Congress : Study of Discharges Incidental to Normal Operation of Commercial Fishing Vessels and Other Non-Recreational Vessels Less than 79 Feet.*

aussi du sulfure, des composés organiques semi-volatiles (SVOCs) tels que le 2-ethylhexylphtalate qui est un chimique utilisé notamment dans la fabrication du plastique afin de le rendre plus flexible. Des composés organiques volatiles (VOCs) ont également été mesurés dans la plupart des cas : acétone, benzène, méthylène chlorite, 1.2.4 tri méthylbenzène, 1.3.5 tri méthylbenzène, du xylène et du toluène.

L'eau de cale en situation réelle est donc bien plus complexe que les fluides utilisés pour les tests des séparateurs, le fluide C ne contenant qu'un produit chimique : le surfactant. Or cette complexité entraîne des différences de propriétés physiques qui peuvent être importantes et avoir un impact sur la séparation.

4.3.2 Environnement et contexte

Tout d'abord notons que les tests doivent être effectués avec le même débit que celui pour lequel le séparateur est vendu.

Pour créer l'émulsion du fluide C, ce dernier est passé par une pompe centrifuge pendant une heure avant le test puis tout au long du test. Le test pour le fluide C, qui est le fluide le plus complexe testé, doit durer 2,5h. On lit dans le document MEPC.107(49) que pour ce test, un mélange constitué de 6% de fluide C et 94% d'eau doit être pompé vers le séparateur. Tout d'abord, notons que 2,5h est une durée assez courte pour vérifier le fonctionnement d'un séparateur. En effet, en condition réelle ils sont utilisés bien plus que ça, sur certains bateaux il peut s'agir d'une utilisation journalière. En ce court laps de temps, il est normal que le filtre fonctionne correctement. Mais à bord la réalité est que le filtre se bouche très rapidement et qu'il faut alors en commander un autre et le changer, ce qui n'est pas un travail plaisant. De plus les 6% de fluide C pour 94% d'eau semble assez léger par rapport à ce qu'on peut avoir comme mélange dans une situation réelle. Si le navire a connu une grande fuite d'huile hydraulique par exemple, qui a été pompée vers le bilge tank avec un peu d'eau de lavage, ce mélange aura sans doute une plus faible concentration en eau et une viscosité bien plus importante.

Pour ce qui est du fluide A, il est testé minimum 2h et le fluide B minimum 30 minutes. Ensuite, on trouve dans la résolution MEPC.107(49) que les séparateurs doivent passer de tests de vibration pour s'assurer que le séparateur n'entre pas en résonance. Il est testé avec des vibrations entre 2 et 13,2Hz puis entre 13,2 et 80Hz. Ce test doit durer un minimum de deux heures. Il est dit dans le document qu'avec cette vibration, le

séparateur doit fonctionner de manière « satisfaisante ». Mais ça n'est pas plus précis que ça. Est-ce que ce test doit être effectué en amenant au séparateur les 3 différents fluides de test ? Il semblerait qu'il n'y ait pas d'obligation pour ça. Il s'agirait plus de vérifier l'aspect mécanique et les composants électriques du séparateur.

On trouve également une section qui mentionne un test incliné. En effet le séparateur doit être testé avec une inclinaison de 22,5° dans chaque plan de la position d'opération normale. Encore une fois, le séparateur doit fonctionner de manière « satisfaisante » mais aucune spécification sur le ou les fluides à tester n'est mentionnée. De plus, cela reste un test statique. Il est incliné, certes, mais dans la même position pour toute la durée du test.

La résolution MEPC.107(49) n'exige donc pas que le test soit effectué de manière dynamique, avec des mouvements qui représenteraient les mouvements du navire. Or ces mouvements ont une grande influence sur les séparateurs statique. Donc les tests effectués à terre, dans un environnement statique ne sont pas du tout représentatifs du milieu dans lequel les séparateurs vont devoir fonctionner par la suite.

5. Séparateur PureBilge

Le séparateur PurBilge est un OWS de chez Alfa Laval reconnu et validé par l'OMI, ce qui signifie qu'il peut tout à fait être utilisé à bord puisqu'il est conforme aux exigences internationales OMI Resolution MEPC.107(49).

Ici, Alfa Laval promet une séparation à 5 ppm d'huile présente dans l'eau, donc 10ppm de moins que le maximum de concentration autorisé par la législation. D'après une vidéo²⁸ de présentation d'Alfa Laval, on voit qu'il offre également une solution à la séparation dans des conditions de mer compliquées et en présence d'émulsion d'huile.

Nous voyons ci-dessous à quoi ressemble ce séparateur.



Figure 6 : Séparateur PureBilge

Source : Alfa Laval²⁹

5.1 Principe de fonctionnement

Ce séparateur se base sur la méthode de centrifugation. L'utilisation du séparateur se décompose en quatre étapes : le pompage, le pré-traitement, la séparation centrifuge et finalement le contrôle et la mesure de concentration en huile.

²⁸ Alfa Laval, *PureBilge*.

²⁹ Alfa Laval, « PureBilge-Technical information for bilge water treatment ».

5.1.1 Pompage

Dans un premier temps, l'huile est donc pompée du bilge water tank via une pompe à déplacement positif vers le système de pré-traitement comme nous pouvons le lire dans l'article publié par Alfa Laval³⁰. L'intérêt d'une pompe à déplacement positif est d'éviter une émulsion du mélange que l'on pompe, ce qui arriverait avec une pompe centrifuge.

5.1.2 Pré-traitement

Le pré-traitement consiste en un filtre pour arrêter les particules les plus grosses et d'un système de chauffage.

Le filtre a une maille de 0.5mm et permet donc, en bloquant les particules plus grosses, d'éviter toute gêne et mal fonction dans la séparation à haute vitesse.

L'échangeur de chaleur élève la température du fluide jusqu'à environ 60-70 degrés Celsius. Il s'agit d'un échangeur à calandre (*shell and tube* en Anglais) qui peut fonctionner soit avec de la vapeur, soit avec de l'huile thermique. Après l'échangeur, nous avons un contrôleur PI (Proportionnel Intégral) qui va mesurer la température pour s'assurer qu'elle reste autour de la valeur demandée avec une erreur de plus ou moins deux degrés Celsius. C'est le numéro 6 sur la Figure 7 ci-dessous.

Pour s'assurer une bonne séparation, il est important que tous les paramètres de réglage aient atteints la valeur désirée : la température, la pression du fluide à l'entrée et la vitesse du séparateur. Tant que cela n'est pas accompli, une vanne trois-voies met le fluide pompé en recirculation (numéro 7 sur la Figure 7). Quand toutes les conditions sont remplies, la vanne trois-voies change de position pour laisser l'eau de cale se diriger vers la phase de séparation centrifuge.

5.1.3 Séparation

La séparation se fait en un seul étage qui consiste en un bol tournant à très haute vitesse dans lequel l'on retrouve des assiettes qui permettent d'entraîner le liquide à épurer.

Comme nous l'avons vu plus haut, la vitesse de rotation du bol augmente la vitesse de sédimentation. L'eau, ayant une densité plus grande, est envoyée sur les côtés et continuellement déchargée par la sortie du fluide épurée. L'huile séparée et les émulsions se concentrent dans le centre, et sont évacuées par une autre sortie, vers un sludge tank.

³⁰ Alfa Laval, « PureBilge ».

Les boues et particules solides plus lourdes, se concentrent dans le bas et la périphérie du bol, et sont déchargés à intervalles réguliers lors de la chasse automatique du bol. Cette chasse se déverse dans un sludge tank. Les chasses automatiques se font en règle générale à **une** intervalle de 20 minutes, mais cela peut varier en fonction de la situation. En effet, si notre eau n'est pas suffisamment propre, on peut diminuer l'intervalle de décharge afin de s'assurer que notre séparateur soit bien propre et donc que la séparation se fasse correctement. L'intervalle peut aussi être diminué si on se rend compte qu'il n'ait pas nécessaire de chasser aussi régulièrement, puisqu'on envoie de l'eau propre dans le sludge tank à chaque chasse, ce qui est donc une perte. Cela doit être ajusté en faisant des tests à bord et en observant l'état du bol après séparation.

5.1.4 Contrôle et mesure

On doit maintenant s'assurer que l'eau séparée est bel et bien « propre ». Qu'elle ne contient pas trop d'huile. Comme on l'a vu précédemment, elle ne doit pas contenir plus de 15ppm d'huile selon MARPOL, soit 15mL d'huile pour 1 mètre cube d'eau.

L'eau qui sort de notre séparateur va pour cela passer par un refroidisseur pour s'assurer qu'elle ne dépasse pas les 70 degrés, afin que la chaleur ne dégrade pas le contrôleur par lequel elle passe. Ce contrôleur va mesurer la teneur en huile, et un dispositif d'alarme se déclenchera si elle dépasse la valeur maximale demandée (de 0 à 15ppm). Il s'agit du petit 9 dans la Figure 7 ci-dessous. Nous verrons plus loin plus en détail le compteur d'huile.

Après le contrôleur, nous avons donc une vanne trois-voies activée pneumatiquement qui va permettre soit de diriger l'eau traitée vers la décharge par-dessus bord, soit la mettre en recirculation afin qu'elle retourne dans le bilge tank si la teneur en huile est supérieure à la limite souhaitée (maximum 15ppm). En plus de l'alarme, il existe une sécurité qui permet de mettre l'eau en recirculation en cas de perte de courant, ou en cas de perte de pression d'air. Cette vanne trois-voies est donc normalement positionnée en mode recirculation.

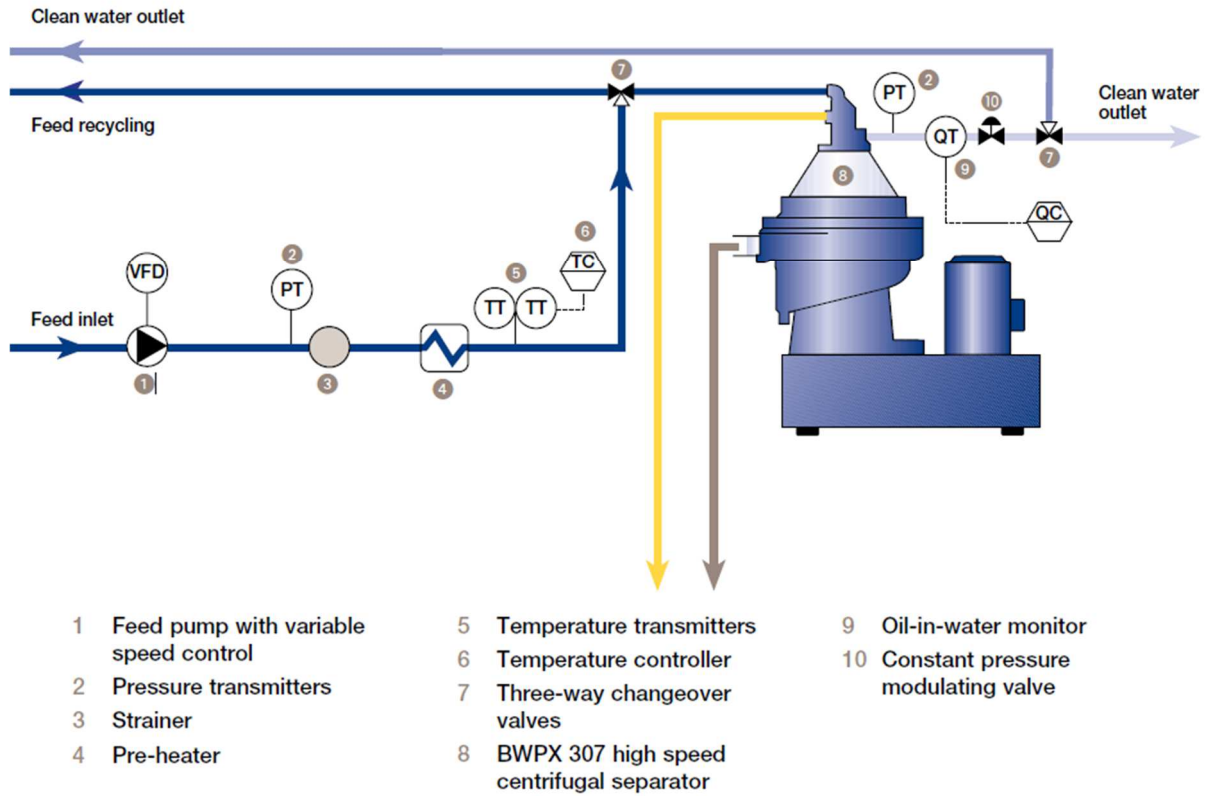


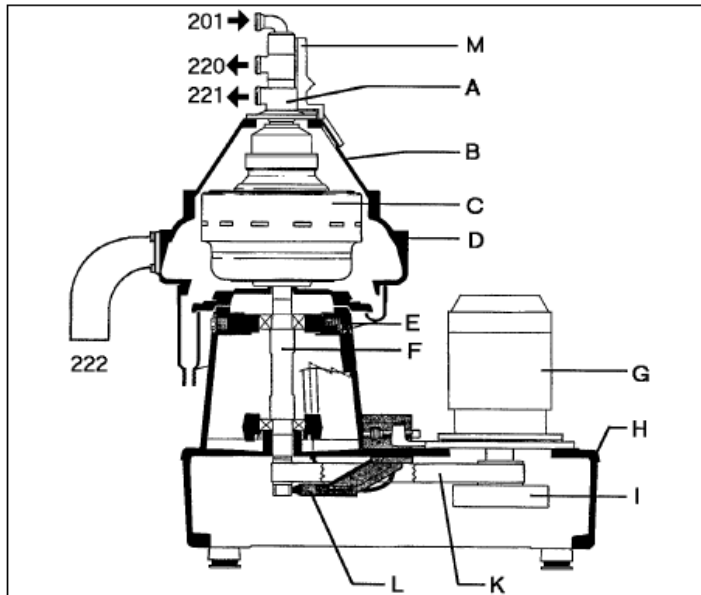
Figure 7 : Diagramme schématique du fonctionnement du séparateur PureBilge

Source : Alfa Laval

5.2 Différentes parties du système (sans options)

5.2.1 Séparateur à haute vitesse BWPX 307

Le séparateur haute vitesse utilisé est le modèle BWPX 307TGD-71 dont nous pouvons observer une coupe verticale sur la figure ci-dessous.



- 201. Entrée oily bilge water
- 220. Sortie phase légère (huile)
- 221. Sortie phase lourde (eau)
- 222. Décharge des sludge
- A. Entré, sorties
- B. Capot
- C. Bol tournant
- D. Châssis partie haute
- E. Capteur d'équilibre
- F. Axe du bol
- G. Moteur électrique
- H. Châssis partie basse
- I. Couplage à friction
- K. Courroie plate
- L. Capteur de vitesse
- M. Dispositif de sécurité

Figure 8 : Coupe verticale BWPX 307TGD-71

Source : Manuel d'instruction Alfa Laval

Le moteur électrique (G) est donc posé sur le même châssis que le bol, qu'il entraîne par une courroie de transmission plate (K). Pour éviter les surcharges, on a un couplage de friction (I). Le capteur d'équilibre et de vitesse sont des équipements pour le contrôle du bon fonctionnement du séparateur en opération.

i. Principe de fonctionnement

Le fluide non séparé, soit l'eau de cale, entre le bol du séparateur par l'entrée 201 par le tuyau V de la figure ci-dessous et sort par l'entrée des disques G1 avant d'être distribué par le distributeur D. Le fluide va se frayer un passage entre la pile d'assiettes (bowl disc stack en anglais).

La phase la plus lourde, l'eau et les sédiments, va être d'avantage accélérée et va être envoyée à la périphérie du bol, où les particules solides, les boues, vont se déposer contre

les parois. La phase lourde va continuer son chemin contre les parois du séparateur et va monter jusqu'à la partie supérieure où il va passer par une turbine centripète fixe (a). Cette turbine va ralentir le fluide en rotation et transformer son énergie cinétique en pression, permettant ainsi la décharge de l'eau.

La phase légère, l'huile, va être dirigé vers le haut via le centre du séparateur pour passer vers une autre turbine centripète fixe, dédiée à l'huile. Cette turbine va permettre la décharge de l'huile.

Il faut régulièrement évacuer les sédiments qui s'accumulent au fond du bol, afin d'assurer une bonne séparation. On appelle ce processus le « sludge discharge » ou la chasse en français. Cette décharge a lieu à un intervalle régulier qui peut être choisi (souvent autour de 20 minutes). La décharge se fait par des ports qui se trouvent dans la partie basse du séparateur. En fonctionnement normal, ces ports sont fermés par le bol coulissant K qui est poussé vers le haut par la force centrifuge de l'eau qui se trouve en dessous. Lors de la décharge, « l'eau de décharge » entre par l'anneau Z et va ouvrir la vanne de drainage qui va donc faire se vider l'espace sous le bol coulissant K. Ce dernier va donc se baisser, laissant apparaître les ports et permettant la décharge.

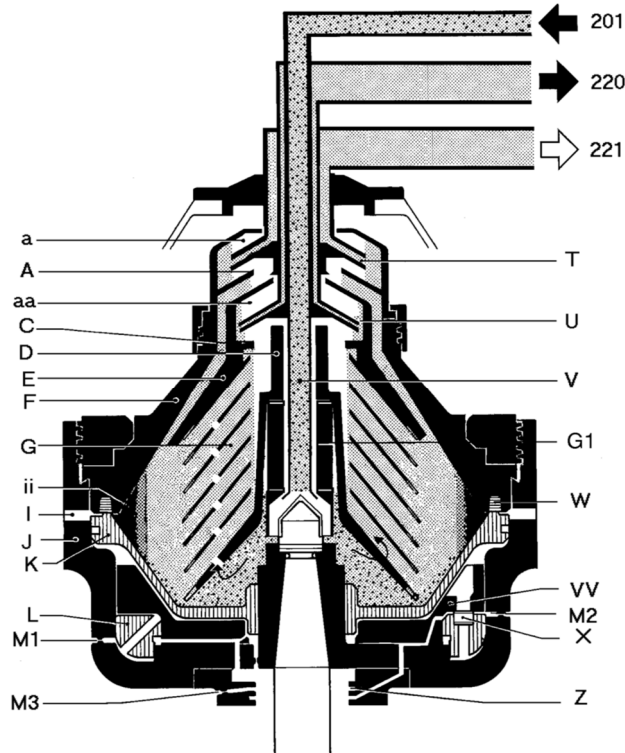


Figure 9 : Bol à haute vitesse

Source : Manuel d'instruction Alfa Laval

ii. Interface et diaphragme

L'interface, soit la limite verticale entre la phase légère et la phase lourde, est d'une importance capitale car elle va déterminer la qualité de notre séparation, de notre fluide épuré. Notre but ici est d'avoir le moins d'huile possible dans l'eau. L'interface va être influencée par le choix de diaphragme, qui est un anneau qui se trouve au-dessus de la pile d'assiettes qui va déterminer le diamètre D_2 (figure 10). En effet, le séparateur est livré avec des diaphragmes de différents diamètres. Il va donc falloir choisir le bon diaphragme en fonction de la proportion entre les fluides, leur densité et la qualité d'épuration que l'on recherche.

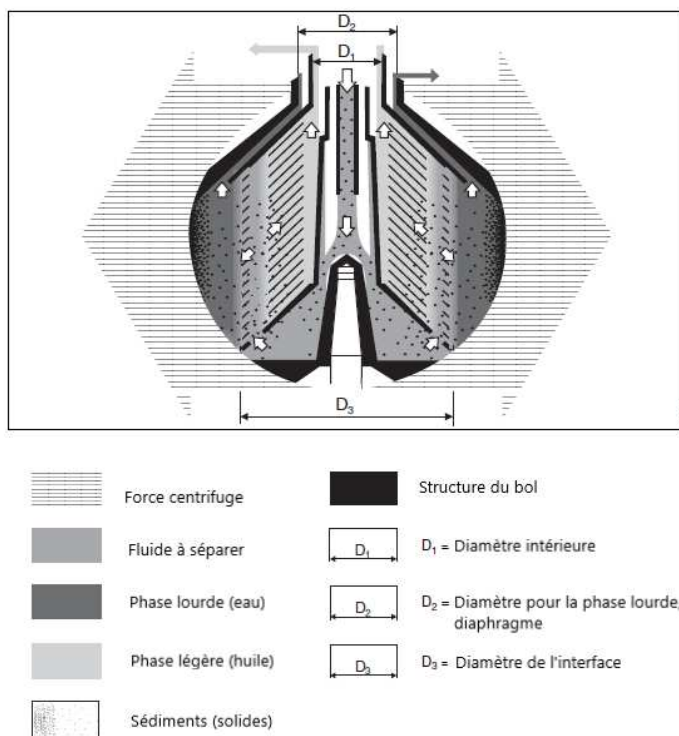


Figure 10 : Interface

Source : Adapté du manuel d'instruction Alfa Laval

De manière générale, plus la phase légère est visqueuse, ou plus la quantité de fluide à épurer est importante, plus le diaphragme doit être petit. Puisque l'on cherche à avoir une phase lourde la plus propre possible, avec le moins de phase légère on va chercher à avoir un diaphragme proche du centre du bol. Ainsi on va limiter la quantité d'eau non séparée qui va sortir avec l'huile vers le sludge tank. Il faut toutefois faire attention. Car si le diaphragme choisi est trop petit, l'interface va se créer au niveau des trous du

distributeur et la séparation n'aura pas le temps de se faire, donc un mélange non traité sera envoyé vers le sludge.

Si jamais on a trop d'huile dans notre eau épurée, c'est que le disque que l'on a choisi est trop large et inversement.

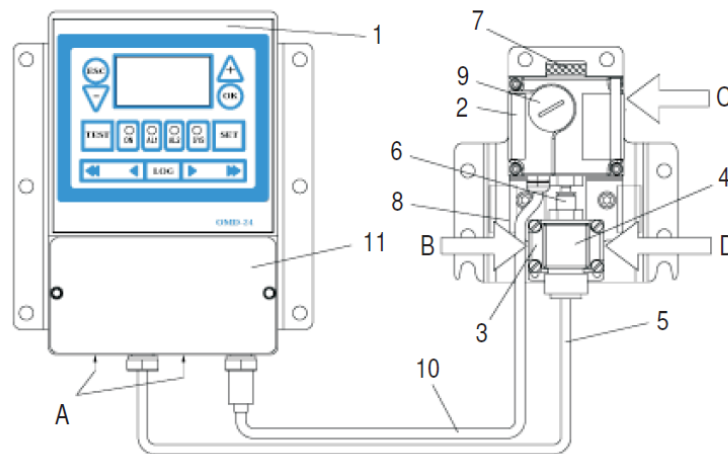
5.2.2 Contrôleur

Pour mesurer la concentration en huile, le séparateur PureBilge est muni d'un contrôleur OMD-24 EV. Il s'agit d'un capteur optique qui se base sur le fait que l'huile va absorber et refléter une partie de la lumière. Ainsi, on va avoir une différence entre l'émetteur de lumière et le récepteur. Cet écart entre l'émetteur et le récepteur est proportionnel à la concentration d'huile dans l'eau.

Le capteur OMD-24 EV est conçu pour mesurer une concentration d'huile de 0 à 30ppm, utilisant un signal de 4-20mA pour transmettre l'information.

Le système possède deux alarmes 15ppm qui seront visibles sur le panneau de contrôle en cas de dépassement de 15ppm ou de toute autre consigne enregistrée. En effet, la consigne peut être réglée de 1 à 15ppm. Une sécurité empêche de régler la consigne au-delà de 15ppm étant donné que la législation interdit la décharge d'un fluide contenant plus de 15ppm d'huile.

Pour éviter d'abîmer le contrôleur avec des températures trop élevées (au-dessus de 70 degrés Celsius), le fluide passe par un refroidisseur avant de passer par le contrôleur. Pour limiter au maximum le temps de réponse, la prise d'échantillon du contrôleur doit se trouver le plus proche possible de l'étape de séparation.



- A (2x) M20x1.5 pour connections électriques
- B Echantillon entrée
- C Sortie
- D Eau fraîche
- 1 Unité informatique
- 2 Cellule de mesure
- 3 Vanne électrique
- 4 Connecteur de vanne
- 5 Cable vanne
- 6 Fiche connecteur
- 7 Tête de vis
- 8 Plaque de soupape
- 9 Dessiccateur

Figure 11 : Contrôleur OMD-24 EV

Source : Adapté du manuel Alfa Laval

5.2.3 Panneau opérateur

Le panneau opérateur est le modèle EPC 60, qui se base sur le même hardware que tous les autres produits Alfa Laval. Ainsi, si d'autres machines Alfa Laval sont utilisées dans la salle des machines, on a une uniformité des systèmes, ce qui rend les choses plus simples, les marins étant habitués à l'utiliser.

Conformément à la régulation relative au Oil Record Book, EPC 60 enregistre toutes les informations et alarmes importantes et les garde en mémoire pour 18 mois dans le but d'avoir un suivi et des preuves des activités et opérations sur cette période.

Un régulateur PI (proportionnel, intégral) est intégré dans le panneau et permet de régler la consigne de température de séparation avec une précision de +/-2 degrés Celsius.

Sur la figure 12, le panneau opérateur et les explications relatives aux différents boutons. Le panneau est donc constitué comme on peut le voir d'un écran LCD de 4 lignes de 20 caractères chacune. A la droite nous avons un clavier numérique, une touche « entrée », une touche « retour » des flèches « haut » et « bas » pour se déplacer sur l'écran, et la touche « i » pour information.

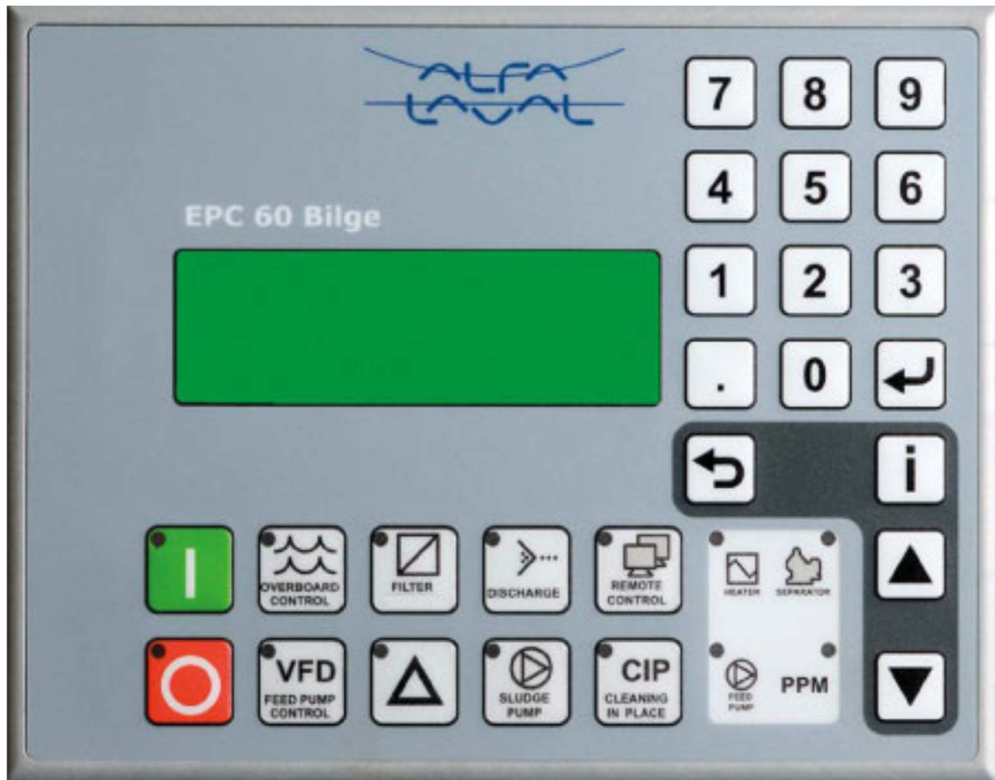


Figure 12 : EPC 60

Source : Manuel Alfa Laval

Sur la figure 13 nous voyons les 4 LED du panneau, une pour l'échangeur de chaleur (heater) qui s'allume quand ce dernier est démarré. De la même manière on a une LED pour le séparateur, et pour la pompe d'alimentation (feed pump). La quatrième LED (PPM) est allumée tant que la concentration en huile est inférieure à la consigne.

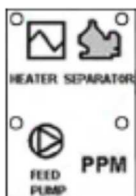


Figure 13 : Alarms EPC 60

Source : Manuel Alfa Laval

Le bouton vert est pour le démarrage et le bouton rouge pour l'arrêt. Le bouton « overboard control » permet en le pressant, puis en entrant un mot de passe de permettre la décharge (si on est en dessous de la consigne bien évidemment). Il est recommandé par Alfa Laval que le mot de passe ne soit connu que du Chef Mécanicien. En effet, avoir un mot de passe, qui ne soit connu que du Chef, permet d'éviter de lancer une décharge dans une zone où toute décharge, peu importe la concentration, est

interdite. Tant que le mot de passe n'est pas rentré, et la décharge pas autorisée, le séparateur va tourner en mode recirculation. Le bouton « filter » concerne un filtre disponible en option que nous verrons plus bas. Le bouton « Discharge » va initier une chasse manuelle, une décharge des sludges du bol. Le bouton « remote control » quand activé, permet un contrôle à distance du système. « VFD feed pump control » permet de gérer manuellement la vitesse d'alimentation. Le bouton avec un triangle est le bouton d'alarme qui permet de couper l'alarme ou de faire un reset. Le bouton « sludge pump » permet d'activer manuellement la pompe de sludge en appuyant dessus. Finalement nous avons un bouton « CIP » qui permet, en le pressant de démarrer un programme CIP (Cleaning In Place). Il s'agit d'un équipement optionnel que nous verrons plus bas.

5.2.4 Equipement optionnel

Nous avons donc un équipement basique comme décrit dans les paragraphes précédents et illustrés dans les deux schémas ci-dessous.

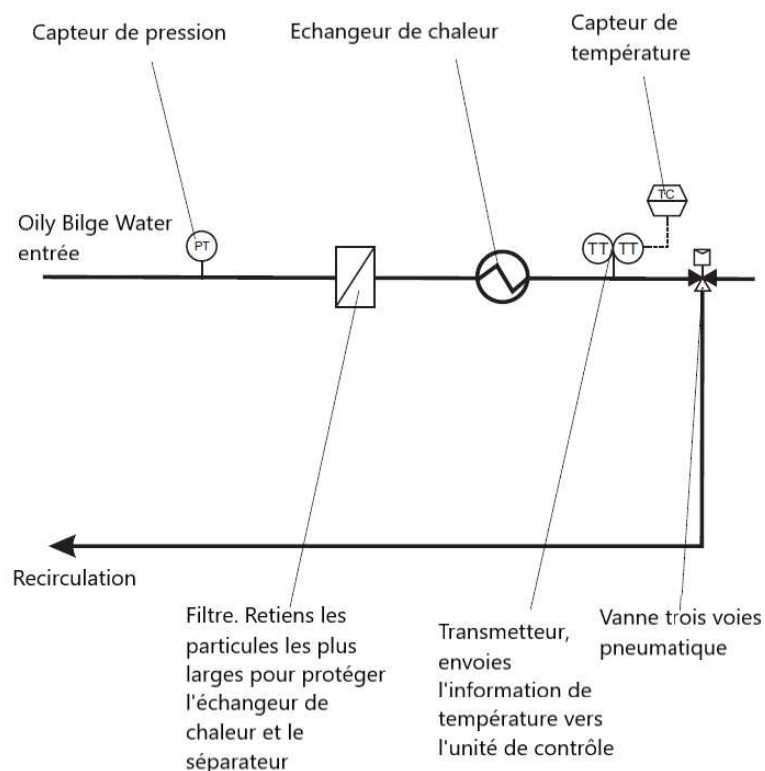


Figure 14 : Système sans option (1)

Source : Adapté du manuel de Alfa Laval

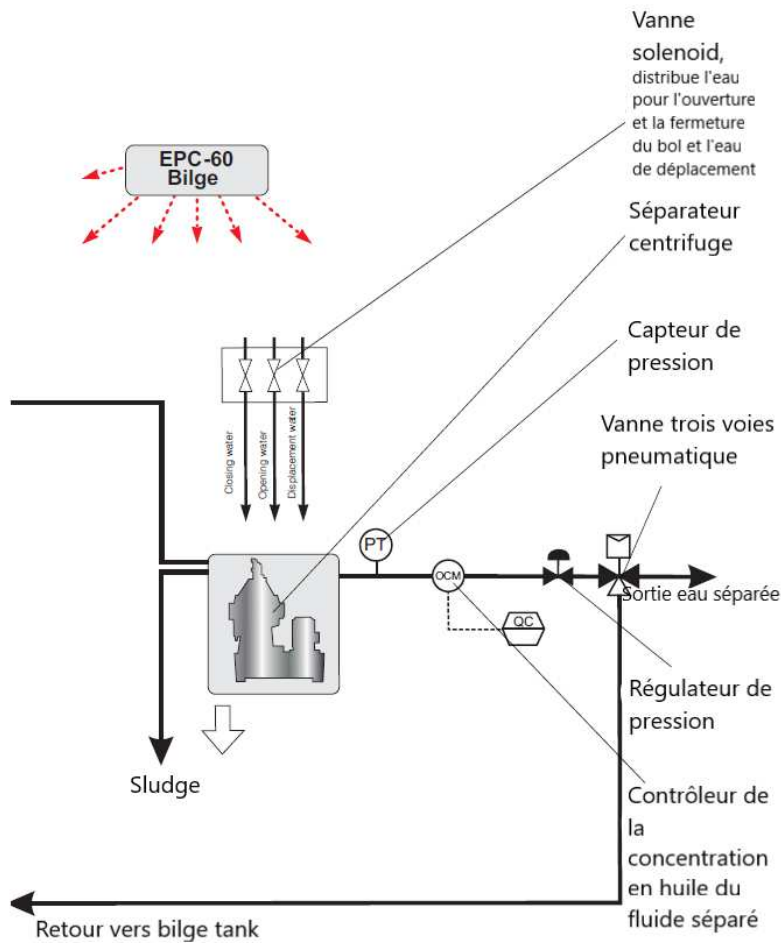


Figure 15 : Système sans option (2)

Source : Adapté du manuel d'Alfa Laval

En plus de ce circuit de base, il est possible de commander le séparateur avec différentes options.

Il peut être livré avec un certificat 5ppm qui vient avec un filtre de finition (polishing filter) qui assure à tout moment une séparation sous 5ppm. Ce filtre peut être contourné, ce qui est conseillé lorsque le séparateur est utilisé en mode recirculation. Ainsi, le filtre n'est pas Sali inutilement et sa durée de vie est prolongée.

Un système de récupération de chaleur peut également être installé afin d'augmenter le rendement. D'après Alfa Laval, ce système permet de réutiliser 40% de la chaleur nécessaire à chauffer le fluide à séparer. Cet échangeur de chaleur se trouve après le filtre. Plutôt que de décharger par-dessus bord de l'eau inutilement chaude, cette eau va être utilisée pour chauffer le mélange à séparer.

Une BlueBox peut être installée pour permettre de protéger le contrôleur qui mesure la concentration en huile et éviter un accès non autorisé. Cette option offre une protection

pour éviter toute décharge illégale puisque son accès et la modification de ses données est protégé. Combinée avec le cabinet EPC 60, la BlueBox donne donc une grande quantité d'information sur notre séparation. Le système enregistre la concentration en huile, qu'il peut mettre en parallèle avec notre situation géographique grâce à un GPS, la date, l'heure, la position de la vanne trois voies pour la décharge ainsi que le flux de décharge et la durée de la décharge. La BlueBox apporte un système d'alarme supplémentaire. En effet, si le séparateur est utilisé en mode recirculation et que le contrôleur détecte un flux dans la décharge à la mer, une alarme est tout de suite activée avec l'arrêt automatique du système. Toutes les informations relatives à cet incident vont être enregistrées dans le système. Ainsi, ce système offre une preuve de l'utilisation en toute légalité du séparateur et permet de nous protéger.

Un débitmètre est donc installable en option et enverra ses informations à l'EPC 60.

Un réchauffeur électrique est également disponible, pour les systèmes où la vapeur ou l'huile thermique n'est pas disponible pour préchauffer l'eau de cale jusqu'à la température de 70 degrés Celsius requise.

Est également disponible, un « sludge removal kit » ou SRK pour les installations qui ne peuvent pas être placées directement au-dessus d'un sludge tank. C'est donc une unité intermédiaire, un petit tank qui va collecter le sludge. Il est équipé d'une pompe commandée pneumatiquement qui va déplacer le sludge vers le véritable sludge tank, d'un capteur de niveau et d'un commutateur.

Comme on en a déjà parlé plus haut, il est possible d'acheter en parallèle du séparateur un « cleaning-in-place unit » ou CIP. C'est un appareil que l'on va pouvoir brancher à notre séparateur qui est équipé de base avec les bonnes connections, afin de pouvoir nettoyer le séparateur sans avoir à le démonter et à essuyer chaque assiette une par une à la main. C'est donc un gain de temps, ça permet de limiter le travail sale et d'éviter de potentiels erreurs de remontage.

Malgré une force centrifuge importante, certaines compositions d'eau de cale rendent la séparation difficile. Cela peut arriver si elle contient une grande quantité de suies ou de détergents, on a alors une eau de cale fortement émulsifiée et des solides en suspension. Si, même en élevant la température de séparation à 95 degrés Celsius, et en diminuant le débit, la séparation n'est pas satisfaisante, il est nécessaire d'ajouter des composants chimiques pour aider la séparation. C'est à cet effet qu'Alfa Laval propose un « chemical

dosing unit », une unité de dosage de chimique, qu'il conseille d'utiliser avec un chimique adapté à l'environnement MP 300/302.

Il est également possible d'installer un filtre à nettoyage automatique.

A la fin du circuit, une vanne manuelle trois voies peut être installée afin de tester le système en port, au chantier ou en cale sèche.

Pour finir, un système permettant de gérer et commander à distance le séparateur depuis la salle de contrôle machine est envisageable. Ce système de commande et de surveillance fonctionne en utilisant une communication Ethernet ou Modbus.

Ci-dessous le schéma de l'installation avec la totalité des options.

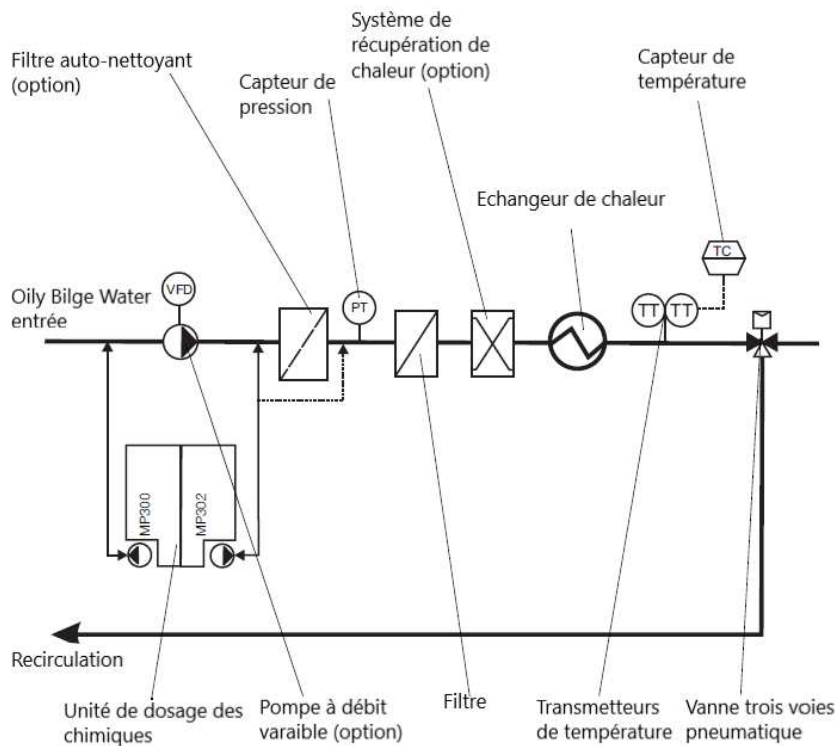


Figure 16 : Système avec option (1)

Source : Adapté du manuel d'Alfa Laval

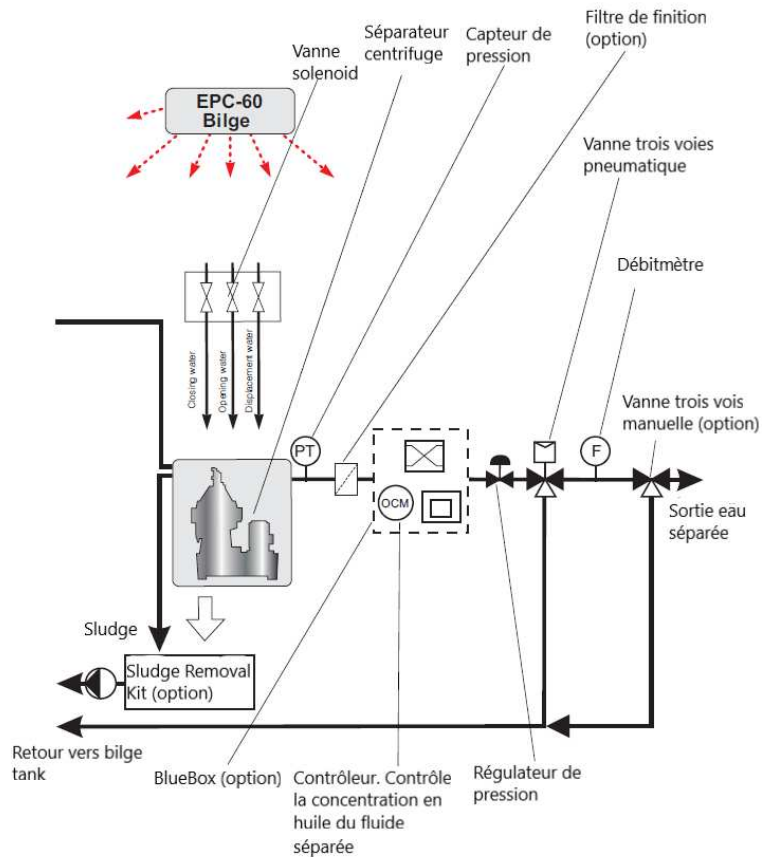


Figure 17 : Système avec option (2)

Source : Adapté du manuel d'Alfa Laval

5.3 Capacité

Le séparateur PureBilge est disponible en 4 modèles différents :

- PureBilge 2515, avec une capacité de traitement de 2500l/h et une concentration maximum de 15ppm
- PureBilge 2505, avec une capacité de traitement de 2500l/h et une concentration maximum de 5ppm
- PureBilge 5015, avec une capacité de traitement de 5000l/h et une concentration maximum de 15ppm
- PureBilge 5005, avec une capacité de traitement de 5000l/h et une concentration maximum de 5ppm

5.4 Solution aux émulsions stables

Les émulsions stables d'huile sont donc, comme on l'a vu plus haut, un grand problème avec les séparateurs basés sur la gravité et le filtre coalescent. Ces séparateurs ne sont pas capables de briser l'émulsion. Donc la séparation ne se fait pas bien ; l'eau de cale ne passe pas en dessous des 15ppm d'huile et la décharge n'est donc pas possible.

Alfa Laval propose une solution à ce problème avec le séparateur PureBilge. Comme nous pouvons le lire dans leur document³¹, pour briser une émulsion stable il existe deux méthodes : la coalescence et la floculation.

5.4.1 Coalescence

Comme expliqué précédemment la coalescence consiste en la réunion de deux gouttes d'un liquide en une plus grosse goutte. Différentes techniques existent pour permettre ou accélérer ce processus : la mise en jeu d'une grande force, une température élevée ou encore l'utilisation de produits chimiques spécifiques.

Si l'on reprend les formules vues précédemment exprimant la vitesse de sédimentation par gravité (V_{sg}) et la vitesse de sédimentation par centrifuge (V_{sc}) ci-dessous, on voit que dans la deuxième, la force gravitationnelle g est remplacée par la force centrifuge qui est plusieurs milliers de fois plus grande. Donc même des gouttelettes extrêmement petites pourront être séparées avec une si grande force. La force centrifuge favorise donc grandement le brisement des émulsions.

$$V_{sg} = K \cdot d^2 \cdot \frac{(\rho_2 - \rho_1)}{\eta} \cdot g$$

$$V_{sc} = K \cdot d^2 \cdot \frac{(\rho_2 - \rho_1)}{\eta} \cdot \omega^2 \cdot R$$

d : diamètre équivalent des particules

ρ_2 : masse volumique des particules

ρ_1 : masse volumique du liquide à épurer

ω : vitesse angulaire en radians par seconde (rad/s)

g : accélération de la pesanteur

³¹ Ibid.

η : viscosité dynamique du liquide

R : est la distance de l'axe de rotation au centre de gravité de l'objet, en mètres

Mais ce n'est pas tout. La température intervient en ce sens que plus la température est élevée, plus basse est la viscosité. Or on voit dans la formule que cette dernière joue un rôle important. Plus basse sera la viscosité et mieux se fera la séparation.

Il existe des produits chimiques qui vont atténuer ou même supprimer les forces répulsives électrostatiques qui entrent en jeu lors de l'émulsion.

5.4.2 Flocculation

La flocculation est un phénomène chimique au cours duquel des particules en suspension dans un fluide vont se regrouper et former un amas de particules que l'on appelle « floccs ». Cependant chaque particule va garder son identité individuelle comme on peut le lire dans le document de Alfa Laval³². Le but étant que cet amas étant plus lourd et plus gros, il va pouvoir se faire prendre dans un filtre ou se déposer plus rapidement en cas de décantation. Il ne faut pas confondre coalescence et flocculation, la coalescence aboutissant à une seule plus grosse goutte et la flocculation à un amas de gouttes. Ceci est illustré dans la figure 8 ci-dessous.

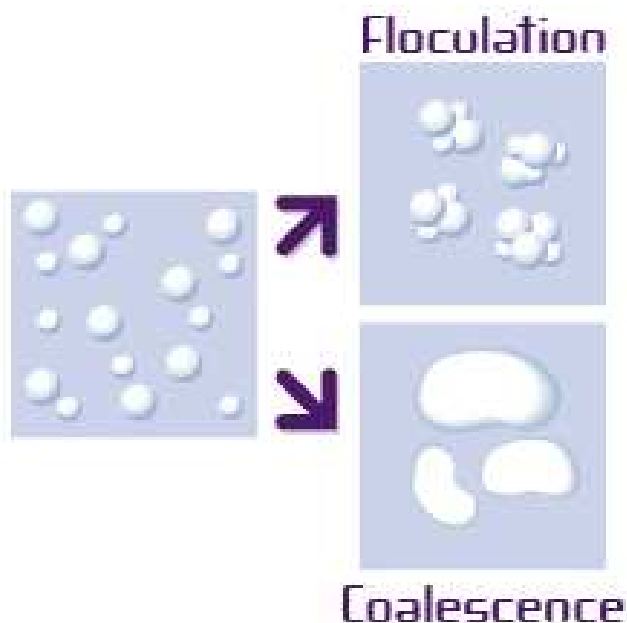


Figure 18 : Différence entre la flocculation et la coalescence

Source : Page wikipédia³³

³² Ibid.

³³ Wikipédia, « Flocculation ».

Différentes méthodes favorisent la floculation :

- une force centrifuge appliquée sur le fluide va permettre la floculation des particules

- un pH élevé. Par pH élevé on entend un pH supérieur à 7, soit un fluide alcalin. En considérant que l'échelle de pH va de 0 à 14, de 0 à 7 nous avons un produit dit acide, à 7 neutre, et de 8 à 14 un produit dit basique ou encore alcalin.

- des produits chimiques spéciaux entraînant la floculation. Ils ont la particularité d'augmenter ou de baisser l'attraction électrostatique des particules en suspension.

5.4.3 La solution du séparateur PureBilge

Il paraît donc évident que par son principe même de fonctionnement, la force centrifuge, le séparateur amène une solution aux problèmes de l'émulsion stable en favorisant la coalescence des très petites gouttes ainsi que la floculation. Ces deux phénomènes chimiques aboutissant à des particules plus volumineuses qui vont pouvoir être traitées pour les séparer de l'eau.

Mais le fait d'avoir un flux continu d'eau lors de la séparation joue aussi un rôle important. L'eau a une faible viscosité, et on a vu que la plus basse viscosité du fluide, la plus efficace était la coalescence. Or, contrairement aux séparateurs dits « classiques » à plusieurs étages, on a à tout moment un flux d'eau lors de la séparation avec PureBilge. Donc le fait de n'avoir qu'un seul étage de séparation consistant d'un bol à haute vitesse et donc d'un flux continu d'eau constant durant la séparation permet de briser les émulsions et de se débarrasser d'un problème qui amenait les marins à ne plus utiliser les OWS.

6. Comparaison OWS statique et PureBilge

6.1 Séparation

Comme on l'a vu dans les paragraphes précédents, il semblerait que la séparation basée sur la centrifugation soit bien plus adaptée pour la séparation d'eau de cale en mer. Voir les paragraphes 4.2 *Les problèmes de ce type de séparateur* et 5.4 *Solution aux émulsions stables*.

6.2 Analyse financière

A ce stade, on peut se demander pourquoi les séparateurs statiques sont encore le plus rencontrés à bord malgré le fait qu'ils apparaissent peu adaptés à leur utilisation. Tout est une question d'argent. En effet, bien qu'après quelques recherches, on se rende vite compte que ça ne fonctionne pas correctement, cela reste un type de séparateur approuvé par l'administration et c'est ce qu'il y a de moins cher sur le marché. Bien évidemment, un chantier ou un armateur désirant limiter ses dépenses va se tourner vers un séparateur classique et non vers un système comme PureBilge.

Toutefois, on parle ici du prix d'achat. Or, si on regarde sur le long terme, il semblerait que le séparateur PureBilge revienne moins cher. En effet, avec un séparateur statique on va avoir à acheter régulièrement des filtres originaux du fabricant (OEM filters en anglais pour Original Equipment Manufacturer), ainsi que des plaques oléophiles pour la coalescence comme on peut le lire dans le document *Why gamble on the magic pipe?*³⁴. Mais surtout, comme on l'a lu plus haut, la finalité est souvent une décharge à terre car on n'a pas pu séparer le fluide sous les 15ppm requis. Décharge bien évidemment payante.

Afin d'illustrer ces propos, ci-dessous une étude des coûts des différents séparateurs sur le long terme. Ces chiffres ont été donnés par Alfa Laval.

³⁴ Alfa Laval, « Why gamble on the magic pipe?_White Paper ».

Différentes technologies	Coût d'achat (k€)	Coût opérationnel par an (k€)	Sensible à la quantité d'huile?	Sensible aux mouvement du navire?	Coût de traitement à terre par an (k€)
Centrifuge	80	4	non	non	0
Statique (coalesceur + gravité)	15	8	oui	oui	6

Tableau 4 : Analyse financière

Source : Adapté de Alfa Laval

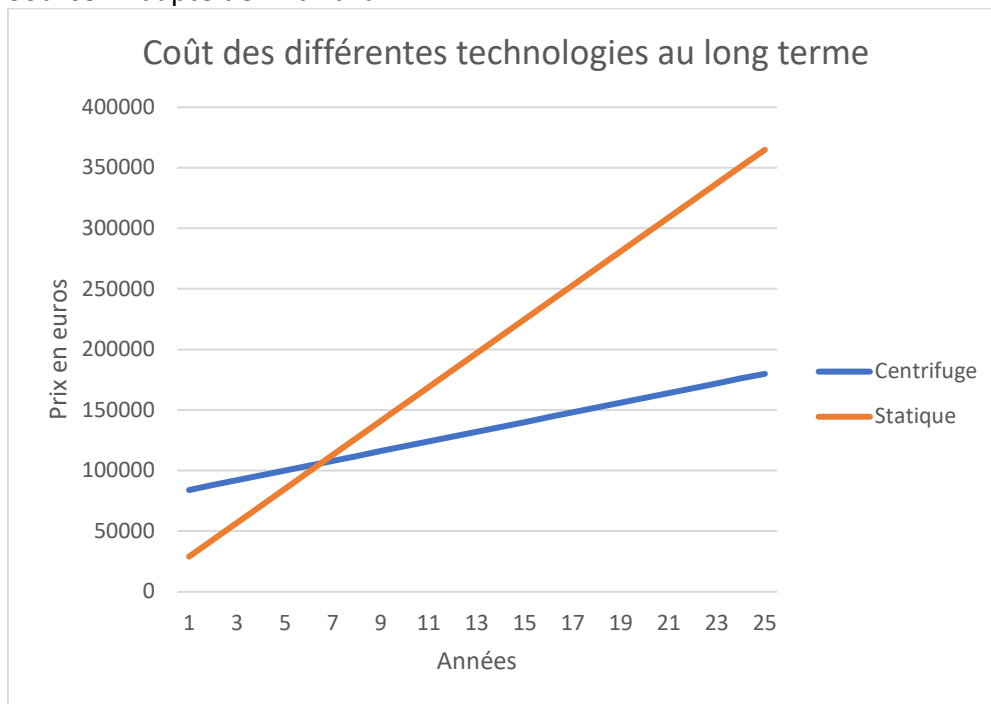


Figure 19 : Graphique des coûts sur 25 ans

Source : Adapté de Alfa Laval

Comme on peut donc le voir sur le graphique ci-dessus, un séparateur statique commence à revenir plus cher à partir de la septième année environ, en prenant en compte le prix à l'achat et les coûts d'opération et de traitement à terre par an. Donc bien qu'un séparateur statique apparaisse plus abordable à l'achat, un séparateur centrifuge comme PurBilge serait plus rentable sur le long terme. Sans parler du risque d'amendes à payer pour des décharges réalisées illégalement par manque de solution, comme déjà discuté plus haut.

6.3 Uniformité

Le séparateur PureBilge offre un autre aspect non négligeable : l'uniformité des machines. En effet, à bord nous retrouvons systématiquement des séparateurs pour le fuel et pour l'huile de lubrification. Or, ce type de séparateur est systématiquement basé

sur la centrifugation, peu importe le constructeur. Ainsi, mécaniquement parlant, il y a une grande similarité entre ces séparateurs et le séparateur PureBilge ; la différence étant la taille du bol, du diaphragme et la forme des assiettes. Mais le fait est que les mécaniciens sont donc habitués à travailler sur ce type de machines qui leur sont familières. Ainsi, les travaux de maintenance tel que le nettoyage des assiettes ont de plus grandes probabilités de se faire rapidement et bien.

Ceci est vrai pour la partie mécanique, mais pas seulement. Comme on l'a vu plus haut, toutes les machines Alfa Laval sont équipées du même hardware pour l'opération et le contrôle du système. Donc là encore, si le navire est équipé avec d'autres séparateurs Alfa Laval, on a une uniformité et donc une facilité d'utilisation.

En effet, dans une salle des machines on a une grande diversité de machines, de systèmes et de technologies. Ceci ne rend pas la vie facile aux marins qui doivent se familiariser avec tous ces systèmes. Moins on en a et plus cette familiarisation se fera rapidement mais elle pourra également être plus approfondie et donc les systèmes mieux maîtrisés. L'uniformité est synonyme de facilité, rapidité et choses mieux faites. Or, les séparateurs conventionnels ne font qu'amener un système encore différent au panel de machines. Il faudra passer du temps sur le manuel pour comprendre comment le démonter et comment le faire fonctionner.

7. Conclusion

Nous vivons à une époque très changeante et pleine de bouleversements. L'écologie est dans toutes les bouches et dans tous les médias. Que l'on croie ou non à une crise écologique imminente, on ne peut nier l'impact de l'Homme sur notre belle planète et les bouleversements climatiques qui en résultent. Il est important d'en prendre conscience mais surtout d'agir. L'industrie, et notamment l'industrie maritime, a un grand rôle à jouer dans ce domaine. Rôle qu'elle a pris au sérieux ces dernières années avec le nombreuses réglementation MARPOL qui ont vu le jour aussi bien sur les émissions de gaz, le soufre, les rejets en mer, que sur le traitement des ballasts.

Cependant, nous sommes face à une incohérence et un paradoxe avec l'utilisation massive des séparateurs d'eau de cale statiques basés sur la coalescence. Ils se sont montrés peu efficaces voir même incapables de fonctionner sur certains navires. Or, du mauvais matériel engendre souvent des « accidents » de pollution, chose que nous voulons à tout prix éviter. Un navire propre passe avant tout par un navire en bon état, bien entretenu et avec des machines qui fonctionnent, qui permettent de travailler correctement.

Il semble donc important d'offrir aux marins une solution pertinente pour le traitement des eaux de cale, afin d'éviter du stress et une inquiétude face à l'utilisation du séparateur mais surtout d'éviter les décharges illégales. Il semblerait que la séparation centrifuge telle que celle utilisée par le séparateur PureBilge soit gage de bon fonctionnement et de fiabilité. La séparation centrifuge n'est pas nouvelle et s'est montrée très efficace. Ce type de machines est connu des marins qui sont donc plus à même de les faire fonctionner correctement et de les entretenir comme il se doit.

Avec ce séparateur, Alfa Laval a même un temps d'avance, offrant la garantie d'une séparation à 5ppm. La réglementation actuelle obligeant une séparation à 15ppm, il n'est pas à exclure que cela évolue vers une limite plus stricte dans les années à venir. Pour un armateur faisant construire son navire, il est toujours intéressant de prendre cette avance plutôt que de devoir reconfigurer la salle des machines quelques années plus tard à cause d'une nouvelle régulation.

Le monopole des séparateurs statiques s'explique par leur faible coût à l'achat. Mais il est important de nos jours de voir plus loin. Les coûts d'opération d'un séparateur qui ne

fonctionne pas correctement sont bien plus élevés puisque nous devons payer pour la décharge d'huile en mer. Sans parler du risque d'amende et de prison suite à une décharge. Comme on l'a vu, le séparateur PureBilge devient rentable après 7 ans d'utilisation. Les navires ayant une durée de vie de plus de dix ans, c'est un aspect à prendre sérieusement en considération.

Bibliographie

- Alfa Laval. *PureBilge*, s. d. Consulté le 4 novembre 2019.
<https://www.youtube.com/watch?v=9KGba20RZaM>.
- Alfa Laval. « PureBilge », s. d.
- Alfa Laval. « PureBilge-Technical information for bilge water treatment », s. d. Consulté le 4 octobre 2019.
<https://www.alfalaval.com/globalassets/documents/products/separation/centrifugal-separators/disc-stack-separators/bilge-technical-emd00201en.pdf>.
- Alfa Laval. « Why gamble on the magic pipe?_White Paper », mars, 2017. Consulté le 13 février 2020. <https://www.alfalaval.com/products/separation/centrifugal-separators/separators/innovations/separator-innovator/marine/>.
- Briand, J. *Diesels marins description et fonctionnement*. Rennes: infoMer, 2008.
- Bright Hub Engineering. « What is Bilge Water? Learn How Ships Store & Treat Waste Water in Bilge Wells », 2019. Consulté le 4 octobre 2019.
<https://www.brighthubengineering.com/marine-engines-machinery/31280-bilge-water-storage-treatment-and-discharge/>.
- Cheryan, M. et Rajagopalan, N. « Membrane processing of oily streams. Wastewater treatment and waste reduction ». *Journal of Membrane Science* 151, n°. 1 (décembre, 1998): 13-28. doi:10.1016/S0376-7388(98)00190-2.
- EnSolve Byosystems, Inc. « PetroLimiter » (2017). Consulté le 30 octobre 2019.
<https://www.ensolve.com/project-1>.
- EPA. *Report to Congress : Study of Discharges Incidental to Normal Operation of Commercial Fishing Vessels and Other Non-Recreational Vessels Less than 79 Feet*. Washington, DC 20460: United States Environmental Protection Agency, août, 2010.
- International Maritime Organization. *Model Course 3.03 Survey of machinery installations*. Londres, 2004.
- Laursen, W. « Seafarers speak out on oily water separators », 6 avril, 2015. Consulté le 16 février 2020. <https://www.maritime-executive.com/article/seafarers-speak-out-on-oily-water-separators>.
- Maritime Maps. « MARPOL special areas 2018 », 2018. Consulté le 14 octobre 2019.
<http://www.maritimemaps.co.uk/Print/print.html>.
- MARPOL 73/78. *Oil Record Book*. MARPOL 73/78., 2013.

Martin Ottaway. « Open ended survey responses ». Martin Ottaway, 2015. Consulté le 10 février 2020. <https://martinottaway.com/wp-content/uploads/2015/08/Open-ended-survey-responses.pdf>.

Organisation Maritime Internationale (OMI). « Zones spéciales en vertu de MARPOL », 2019. Consulté le 14 octobre 2019. <http://www.imo.org/fr/OurWork/Environment/SpecialAreasUnderMARPOL/Pages/Default.aspx>.

Supreme_Engineer. *Oily water separator/Bilge wayer separator/oil and water separator*, 2017. Consulté le 9 février 2020. <https://www.youtube.com/watch?v=MG6ZbYiRPWE>.

TANKEROperator. « Bilge water treatment_centrifugal or gravity separation? », mai, 2009.

United States Environmental Protection Agency et Office of Wastewater Management. « Oily Bilgewater Separators », novembre, 2011. Consulté le 10 février 2020. https://martinottaway.com/wp-content/uploads/2018/06/Document-33-vgp_oily-bilge-separators.pdf#page=30&zoom=100,93,120.

Wikipédia. « Flocculation », 1 avril, 2019. Consulté le 20 octobre 2019. <https://fr.wikipedia.org/wiki/Flocculation>.

Liste des annexes

Appendix 1 MEPC.107(49)	1
Appendix 2 MEPC.107(49)	5

Appendix 1 MEPC.107(49)

RESOLUTION MEPC.107(49)
Adopted on 18 July 2003
REVISED GUIDELINES AND SPECIFICATIONS FOR POLLUTION
PREVENTION EQUIPMENT FOR MACHINERY SPACE BILGES OF SHIPS

MEPC 49/22/Add.2
ANNEX 13
Page 25



APPENDIX 1

NAME OF ADMINISTRATION

CERTIFICATE OF TYPE APPROVAL FOR 15PPM BILGE SEPARATOR

This is to certify that the 15 ppm Bilge Separator listed below has been examined and tested in accordance with the requirements of the specifications contained in part 1 of the annex to the guidelines and specifications contained in IMO resolution MEPC.107(49). This certificate is valid only for 15 ppm Bilge Separator referred to below.

15 ppm Bilge Separator supplied by

Under type and model designation
and incorporating:

*15 ppm Bilge Separator manufactured by date
to specification/assembly drawing No

*Coalescer manufactured by
to specification/assembly drawing No

*Filters manufactured by other means
to specification/assembly drawing No

*Other means
to specification/assembly drawing No

Control equipment manufactured by
to specification/assembly drawing No

Supply pump capacity m³/h Motor kW
rating kW

Maximum throughput of system m³/h

If integral feed pump is not fitted state method proposed for ensuring maximum throughput of system is not exceeded.....

A copy of this Certificate should be carried aboard a vessel fitted with this Separator at all times.

Limiting conditions imposed.....

Test date and results attached in the appendix.

Official stamp
Signed.....
Administration of
Date this day of 20..

APPENDIX

**TEST DATA AND RESULTS OF TESTS CONDUCTED ON A 15 PPM BILGE
SEPARATOR IN ACCORDANCE WITH PART 1 OF THE
ANNEX TO THE GUIDELINES AND SPECIFICATIONS CONTAINED
IN IMO RESOLUTION MEPC.107(49)**

15 ppm Bilge Separator submitted by

Test location

Method of sample analysis

Samples analysed by

Environmental testing of the electrical and electronic sections of the 15 ppm Bilge Separator has been carried out in accordance with part 3 of the annex to the guidelines and specifications contained in IMO resolution MEPC.107(49). The equipment functioned satisfactorily on completion of each test specified on the environmental test protocol.

.....
.....
.....

Test fluid "A"

Density	at 15°C
Viscosity	Centistokes at 100°C
Flashpoint	°C
Ash content	%
Water content at start of test	%

Test fluid "B"

Density	at 15°C
Viscosity	Centistokes at 40°C
Flashpoint	°C
Ash content	%
Water content at start of test	%

Test fluid "C"

Surfactant - documentary evidence*	
Iron oxides - documentary evidence*	

Test water

Density	at 20°C
Solid matter present	

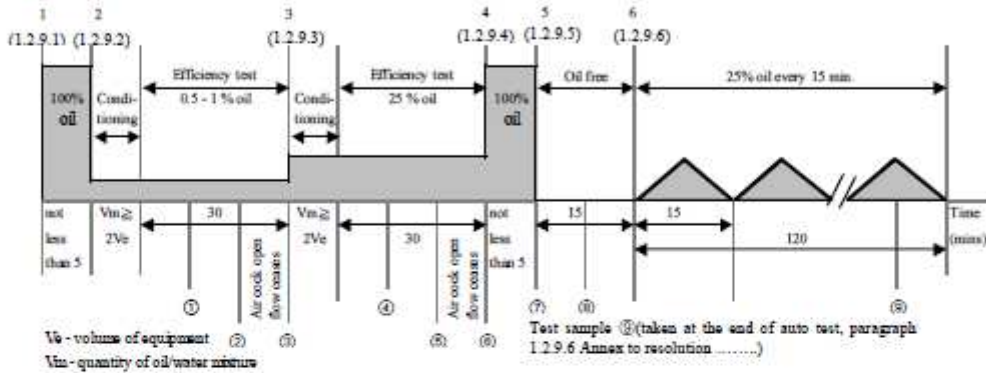
Test temperatures

Ambient	°C
Test fluid "A"	°C
Test fluid "B"	°C
Test fluid "C"	°C
Test water	°C

Diagram of test rig attached
Diagram of sampling arrangement attached

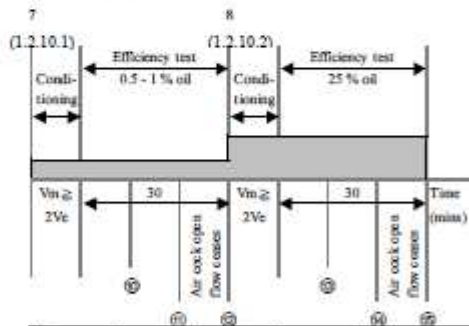
TEST RESULTS (IN PPM) AND TEST PROCEDURES

Test Fluid A



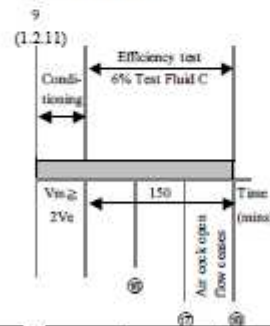
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Influent									
Effluent									

Test Fluid B



	10	11	12	13	14	15
Influent						
Effluent						

Test fluid C



	16	17	18
Influent			
Effluent			

1 – 9 steps refer to paragraph ① - ⑨ points where samples to be taken

Signed Date Official stamp

(Official stamp or equivalent identification and the date of approval to be placed on all pages of the test protocol.)

Appendix 2 MEPC.107(49)

RESOLUTION MEPC.107(49)
Adopted on 18 July 2003
REVISED GUIDELINES AND SPECIFICATIONS FOR POLLUTION
PREVENTION EQUIPMENT FOR MACHINERY SPACE BILGES OF SHIPS

MEPC 49/22/Add.2
ANNEX 13
Page 29



APPENDIX 2

NAME OF ADMINISTRATION

CERTIFICATE OF TYPE APPROVAL FOR 15 PPM BILGE ALARM

This is to certify that the 15 ppm Bilge Alarm, comprising the equipment listed below, has been examined and tested in accordance with the requirements of the specifications contained in part 2 of the annex to the Guidelines and Specifications contained in IMO resolution MEPC.107(49). This Certificate is valid only for the 15 ppm Bilge Alarm referred to below.

15 ppm Bilge Alarm supplied by

under type and model designation
and incorporating:

15 ppm Bilge Alarm analysing unit manufactured by

to specification/assembly drawing No. date

Electronic section of 15 ppm Bilge Alarm manufactured by

to specification/assembly drawing No. date

*Sample feed pump manufactured by

to specification/assembly drawing No. date

*Sample conditioning unit manufactured by

to specification/assembly drawing No. date

The 15 ppm Bilge Alarm is acceptable for use in accordance with regulation 16(5).

A copy of this Certificate should be carried aboard a vessel fitted with this 15 ppm Bilge Alarm at all times.

Test data and results attached as appendix.

Official stamp

Signed:

Administration of

Dated this day of 20....

APPENDIX

**TEST DATA AND RESULTS OF TESTS CONDUCTED ON A
15 PPM BILGE ALARM IN ACCORDANCE WITH PART 2 OF
THE ANNEX TO THE GUIDELINES AND SPECIFICATIONS
CONTAINED IN IMO RESOLUTION MEPC.107(49)**

15 ppm Bilge Alarm submitted by

Test location

Method of sample analysis

Samples analysed

Environmental testing of the electronic section of the 15 ppm Bilge Alarm has been carried out in accordance with part 3 of the annex to the Guidelines and Specifications contained in IMO resolution MEPC.107(49). The equipment functioned satisfactorily on completion of each test specified on the environmental test protocol.

.....

.....

.....

.....

CALIBRATION TEST AND RESPONSE TIME

Test Fluid	A		B		C	
	Measured	Grab sample	Measured	Grab sample	Measured	Grab sample
0 ppm						
15 ppm						
Full scale (ppm)						
Water Temperature	°C		°C		°C	
Re-zero	Yes/No		Yes/No		Yes/No	
Recalibrate	Yes/No		Yes/No		Yes/No	
Response Time	sec		sec		sec	

CONTAMINANT(S) AND COLOUR TEST		
Non-oil particulate matter		
Meter reading shift with ppm non-oil particulate contaminants and with very salt water .		
		Oil Content Meter Reading
Clean water and 10 ppm Test Fluid "B"		ppm
Very salt water		ppm
Iron Oxide	10 ppm	ppm
Iron Oxide	50 ppm	ppm
Iron Oxide	100 ppm	ppm

SAMPLE PRESSURE OR FLOW TEST

15 ppm Bilge Alarm reading shift at 50% of normal ... ppm
15 ppm Bilge Alarm reading shift at 200% of normal ... ppm
Deviations from this test should be stated if necessary

SHUT OFF TEST

15 ppm Bilge Alarm reading before shut-off ... ppm
15 ppm Bilge Alarm reading after start-up
(minimum dry period 8 hours) ... ppm

Damage to 15 ppm Bilge Alarm as follows:

.....
.....
.....

UTILITIES SUPPLY VARIATION TEST

110% voltage effects
90% voltage effects
110% air pressure effects
90% air pressure effects
110% hydraulic pressure effects
90% hydraulic pressure effects

OTHER COMMENTS

.....
.....
.....
.....
.....
.....

CALIBRATION AND ZERO DRIFT TEST

Calibration drift ... ppm

Zero drift ... ppm

Signed.....Dated.....Official stamp

(Official stamp or equivalent identification and the date of approval to be placed on all pages of the test protocol)
