

La sécurité à bord des remorqueurs de haute mer

Dorian Lamort

Mémoire présenté pour l'obtention
du titre de
Master en Sciences Nautiques
à la Hogere Zeevaartschool

Promoteur: Anne-Pascale MORNARD

Année académique 2022-2023

Avant-propos

J'ai choisi de traiter pour mon travail de fin d'étude, de la sécurité à bord des remorqueurs de haute mer. Le choix de ce sujet résulte d'un stage que j'ai effectué sur l'Abeille Liberté de la compagnie « les Abeilles Econocom Group ». Ce stage m'a permis de découvrir un univers aussi riche qu'intéressant sur le plan technique et humain, ce qui m'a beaucoup plu.

Je remercie profondément toutes les personnes qui ont aidé et contribué à la réalisation de ce mémoire.

Résumé

Les remorqueurs de haute mer sont des navires spécialisés dans le remorquage d'urgence et la traction d'autres unités, comme les structures offshore. Leur conception favorise une excellente traction et une manœuvrabilité accrue. Les équipements essentiels pour la traction comprennent le treuil de remorquage, les bittes de remorquage et une ligne de remorquage adaptée.

Les procédures de passage de la remorque varient selon que le remorqueur opère sur un navire propulsé ou non. La sécurité du remorqueur est primordiale, compte tenu du caractère dangereux des opérations de remorquage pour le navire et son équipage. Une stabilité initiale adéquate et une position appropriée par rapport au navire remorqué sont essentielles.

La sécurité du navire remorqué doit également être prise en compte et des précautions spécifiques doivent être prises. La sécurité à bord des remorqueurs de haute mer dépend de plusieurs facteurs, tels que les équipements utilisés, notamment la ligne de remorquage, ainsi que d'une communication efficace tout au long des opérations.

En respectant les règles de sécurité et en cherchant à les améliorer, il est possible de prévenir les accidents et de garantir le succès des opérations de remorquage en haute mer.

Abstract

High-sea tugs are specialized vessels used for emergency towing and the traction of other units, such as offshore structures. They are designed to provide excellent traction and maneuverability. The essential equipment for effective towing includes the towing winch, towing bits, and a suitable towline.

The procedures for connecting and passing the towline differ depending on whether the tug is towing a powered or unpowered vessel. Ensuring the safety of the tug is crucial, given the inherent risks involved in towing operations for both the tug and its crew. Adequate initial stability and proper positioning relative to the towed vessel are key factors in ensuring safety.

The safety of the towed vessel must also be taken into consideration, requiring specific precautions to be implemented. Onboard safety measures on high-sea tugs depend on various factors, such as the equipment used, including the towline, and effective communication throughout the operations.

By adhering to safety regulations and continuously seeking improvements, accidents can be prevented, ensuring the success of high-sea towing operations.

Table des matières

AVANT-PROPOS	II
RESUME.....	III
ABSTRACT	IV
LISTE DES FIGURES	VIII
LISTE DES TABLEAUX.....	X
LISTE DES ABRÉVIATIONS:	XI
INTRODUCTION.....	1
1 NAVIRE REMORQUEUR DE HAUTE MER.....	3
1.1 DEFINITIONS ET CARACTERISTIQUES.....	3
1.1.1 Définition d'un remorqueur de haute mer	3
1.1.2 Signification de haute mer	4
1.1.3 Caractéristiques.....	4
1.1.4 Structure et architecture d'un remorqueur hauturier	6
1.1.5 Navire devant être très manœuvrant.....	9
1.2 PUISSANCE ET FORCE DE TRACTION.....	10
1.2.1 Puissance (indiquée).....	10
1.2.2 Bollard pull (Nominal, Effective)	11
1.2.3 Treuil de remorquages	12
1.2.4 Bittes de remorquage	14
1.3 REMORQUAGE DE DIFFERENTS NAVRES	14
1.3.1 Navire assisté sans énergie ou structure autre entité à transporter	14
1.3.2 Navire assisté avec énergie	15
1.3.3 Remorquage de navires	15
1.4 SECURITE OPERATIONNELLE DU REMORQUEUR HAUTURIER	17
1.4.1 Stabilité du navire.....	17
1.4.2 Position du remorqueur de haute mer par rapport au navire remorqué.....	18
1.4.3 Les accidents.....	19
2. LA SECURITE A BORD.....	21
2.1 SECURITE A LA PASSERELLE	21
2.1.1 Gestion de la sécurité	21
2.1.2 Sécurité pendant la navigation d'un remorquage	22
2.1.3 La sécurité passe par une bonne préparation.....	26
2.1.4 Exercice à bord	26
2.2 SECURITE DES EQUIPEMENTS	27

2.2.1	<i>Sécurité du treuil de remorquage</i>	27
2.2.2	<i>Sécurité des équipements de remorquage</i>	28
2.3	SECURITE SUR LA PLAGE ARRIERE.....	29
2.3.1	<i>Protection pour le travail sur le pont</i>	29
2.3.2	<i>Expérience personnelle et bon sens marins</i>	31
2.4	INFORMATIONS A CONNAITRE POUR LA SECURITE.....	31
2.4.1	<i>Information du navire et nature de l'avarie</i>	31
2.4.2	<i>Conditions météorologiques</i>	35
2.4.3	<i>Conditions environnementales</i>	37
3.	LIGNE DE REMORQUAGE ET PASSAGE	39
3.1	COMPOSITION DE LA LIGNE	39
3.1.1	<i>Pantoire</i>	39
3.1.2	<i>Spring</i>	42
3.1.3	<i>Manille</i>	44
3.1.4	<i>Remorque principale</i>	46
3.1.5	<i>Les remorques courtes</i>	49
3.2	LA REMORQUE DE RESERVE OU DE SECOURS	50
3.3	PROCEDURE DE PASSAGE DE LA REMORQUE	54
3.3.1	<i>Navire avec de l'énergie</i>	54
3.3.2	<i>Navire ne disposant pas d'énergie (vas et vient)</i>	56
3.4	CARACTERISTIQUES DANS LE CHOIX DE LA LIGNE.....	58
3.4.1	<i>Élasticité / Élongation</i>	58
3.4.2	<i>Poids (poids linéaire)</i>	60
3.4.3	<i>La rupture de charge</i>	61
3.4.3	<i>Frottement / Dommage physique</i>	62
3.5	SECURISATION DES EXTREMITES DE LA LIGNE DE REMORQUAGES.....	64
3.6	INSPECTION DE LA LIGNE DE REMORQUAGE	64
4.	L'UNITE REMORQUEE	68
4.1	NAVIGABILITE DE L'UNITE REMORQUE.....	68
4.2	SMIT TOWING BRACKET	71
4.3	LES CHAUMARDS	73
4.4	EMPLACEMENT ET GEOMETRIE DES EQUIPEMENTS	75
4.5	AUTRES EXIGENCES POUR LA SECURITE	76
5.	LA COMMUNICATION	78
5.1	COMMUNICATION ENTRE LE REMORQUEUR ET LE NAVIRE REMORQUE.....	78
5.2	COMMUNICATION ENTRE L'EQUIPAGE DU REMORQUEUR DE HAUTE MER	80
6.	POINTS D'ATTENTION POUR DES DEVELOPPEMENTS FUTURS	82

6.1 L'IMPORTANCE QUE CHACUN REMPLISSE SON ROLE	82
6.2 SECURITE PLUS IMPORTANTE A BORD DES NOUVEAUX REMORQUEURS DE HAUTE MER	86
6.3 UTILISATION DE DYNEEMA POUR UNE MEILLEURE SECURITE.....	87
6.4 PROCEDURES DE SECURITE GENERALES POUR LES OPERATIONS	89
CONCLUSION	91
BIBLIOGRAPHIE	93

Liste des figures

FIGURE 1 ABEILLE BOURBON.....	3
FIGURE 2 VERTICAL STERN ROLLER	7
FIGURE 3 CAPRAIL DE LA POUPE DU REMORQUEUR.....	8
FIGURE 4 TOWING BOWS	9
FIGURE 5 ABEILLE LIBERTE	11
FIGURE 6 CELLULE DE MESURE DE TENSION DYNAMOMETRIQUE	12
FIGURE 7 TREUIL DE REMORQUAGE DE L'ABEILLE LIBERTE	13
FIGURE 8 POSITION DU REMORQUEUR PAR RAPPORT AU VENT	19
FIGURE 9 REGLAGE DE LA TENSION DE LA REMORQUE	23
FIGURE 10 REMORQUEUR MOINS DE 50 M AVEC TRAIN DE REMORQUE MOINS DE 200 M	24
FIGURE 11 REMORQUEUR MOINS DE 50 M AVEC TRAIN DE REMORQUE DE PLUS DE 200 M	24
FIGURE 12 MARQUE BICONIQUE, TRAIN DE REMORQUE PLUS DE 200 M	25
FIGURE 13 NAVIRE A CAPACITE DE MANOEUVRE RESTREINTE	25
FIGURE 14 COMBINAISON THERMOSTABLE VIKING	30
FIGURE 15 EMERGENCY TOWING BOOKLET	32
FIGURE 16 DISTANCE ENTRE DEUX NAVIRES	36
FIGURE 17 PANTOIRE EN ACIER FROTTANT SUR UN CHAUMARD	40
FIGURE 18 PREPARATION DE LA LIGNE DE REMORQUAGE	41
FIGURE 19 COMPOSITION LIGNE DE REMORQUAGE	42
FIGURE 20 CLOSED THIMBLE.....	43
FIGURE 21 MANILLE POUR LA LIGNE DE REMORQUAGE	44
FIGURE 22 MANILLE SOUPLE	45
FIGURE 23 MANILLE EQUIPEE D'ECROU DE VERROUILLAGE.....	46
FIGURE 24 CEILLET DURE DE LA REMORQUE PRINCIPALE.....	47
FIGURE 25 REMORQUE PRINCIPALE SOUS TENSION.....	48
FIGURE 26 REMORQUE COURTE	50
FIGURE 27 REMORQUAGE DEUX UNITES	51
FIGURE 28 FUSIL PNEUMATIQUE LANDE AMARRE	54
FIGURE 29 COMPOSITION LIGNE D'ENVOI NAVIRE AVEC ENERGIE	55
FIGURE 30 COMPOSITION LIGNE D'ENVOI NAVIRE SANS ENERGIE	57
FIGURE 31 CHARGE DE RUPTURE DES DIFFERENTS MATERIAUX.....	59
FIGURE 32 AFFAISSEMENT CÂBLE DE REMORQUAGE	60
FIGURE 33 MANCHON DE PROTECTION	63
FIGURE 34 PANTOIRE ROUILLE.....	66
FIGURE 35 INSPECTION LIGNE SYNTHETIQUE.....	67
FIGURE 36 REMORQUAGE NAVIRE AVEC UNE BONNE NAVIGABILITE	69
FIGURE 37 REMORQUAGE NAVIRE AVEC MAUVAISE NAVIGABILITE.....	70
FIGURE 38 SMIT TOWING BRACKET	71

FIGURE 39 GEOMETRIE DES EQUIPEMENTS	75
FIGURE 40 FEUX BABORD D'UN NAVIRE REMORQUE	76
FIGURE 41 ABEILLE NORMANDIE	86
FIGURE 42 PANTOIRE DYNEEMA	89

Liste des tableaux

TABLEAU 1 CARACTERISTIQUES DE DIFFERENTS REMORQUEURS.....	6
TABLEAU 2 DONNEES SPECIFIQUES AU NAVIRE.....	33
TABLEAU 3 CHARGE DE RUPTURE PAR RAPPORT AU BOLLARD PULL.....	49
TABLEAU 4 COMPOSANTS DE REMORQUAGE.....	53

Liste des abréviations:

AHTS	Anchor Handling Tug Supply
Bft	Beaufort
BP	Bollard Pull
CFR	Composite Floating Ropes
DP	Dynamic Positioning
DWT	Deadweight Tonnage
EBP	Effective Bollard Pull
EPI	Équipement de Protection Individuelle
ETB	Emergency Towing Booklet
ETS	Emergency Towing System
ETV	Emergency Towing Vessel
ISM	International Safety Management
IMO	International Maritime Organization
kN	Kilo-Newton
kW	Kilowatt
MBL	Minimum Breaking Load
MBP	Maximum Bollard Pull
MPI	Magnetic particles Inspections
MRCC	Maritime Rescue Coordination Center
NDT	Non-Destructive Test
OMI	Organisation Maritime International
PLT	Projectiles Launching Tube
RIAS	Remorqueur d'Intervention, d'Assistance et de Sauvetage
RIPAM	Règlement International pour Prévenir les Abordages en Mer
SBP	Steady Bollard Pull
SMS	Safety Management Systems
SOLAS	Safety of Life at Sea
UHF	Ultra High Frequency
ULCC	Ultra Large Crude Carrier
VHF	Very High Frequency
WLL	Working Load Limit

Introduction

Au fil des années, le nombre de navires a fortement augmenté ce qui a entraîné une augmentation des accidents en haute mer. C'est pour cette raison que l'Organisation Maritime International (OMI) a adopté en 1993 un code international pour l'exploitation en toute sécurité des navires (International Maritime Organization, 2019).

Pour la sécurité des navires en péril ou le transport d'unités autres que des bâtiments navigants en haute mer, les remorqueurs hauturiers sont des tracteurs permettant d'aider ces navires en difficultés demandant de l'aide, de remorquer des navires abandonnés, ou le déplacement de structures offshore. Ces navires sont devenus essentiels au fil du temps pour venir en aide aux autres.

Pour tracter des trains de remorque ou approcher les unités nécessitant leur assistance sans difficultés et afin de permettre un bon passage de remorque, les remorqueurs hauturiers doivent avoir des caractéristiques différentes aux autres navires marchands. Ces caractéristiques vont permettre à ces navires à d'être plus manœuvrant pour pouvoir approcher les autres navires sans qu'ils soient impliqués dans un abordage. Ces navires sont équipés d'équipement avec de grande charge de rupture pour supporter les tractions d'un remorquage.

Pour le bon déroulement de cette opération de remorquage et également la bonne sécurité du navire, il faut que tout se passe correctement à bord du remorqueur venant en assistance. Pour cela, non seulement la sécurité à bord des navires remorqueurs de haute mer est importante, mais aussi celle de la ligne de remorquage et enfin celle du navire remorqué.

Nous étudierons donc, dans un premier temps, les différentes caractéristiques qui permettent au remorqueur de haute mer de porter assistance et tracter des navires en difficultés (ou d'autre entité à transporter). Par la suite, nous expliquerons leur remorquage ainsi que le passage de la remorque s'ils sont équipés d'énergie ou en *black-out*.

Ensuite, dans une seconde partie, nous nous intéresserons à la sécurité à bord des remorqueurs de haute mer. Nous traiterons plus particulièrement de la sécurité pendant le remorquage, celle des équipements avec l'ensemble des contrôles nécessaire à effectuer sur ces types d'équipements. Et enfin, nous aborderons la sécurité sur la plage arrière du navire qui doit être rigoureuse étant donné que ce pont représente le plus grand danger pour les marins.

Dans une troisième partie, nous examinerons en détail les lignes de remorquage ainsi que les procédures permettant de transférer la remorque d'un remorqueur de haute mer à un navire. Nous aborderons les caractéristiques de ces lignes et les mesures à prendre pour maintenir leur intégrité, évitant ainsi tout risque potentiel pour le remorqueur.

Dans une autre section, nous nous pencherons sur les équipements à bord de la structure remorquée qui garantissent un bon déroulement du remorquage tout en assurant la sécurité du remorqueur. Nous accorderons également une grande importance aux différentes communications à bord et entre les navires, considérés comme des éléments cruciaux pour une sécurité optimale.

Enfin, dans la dernière partie, nous mettrons en évidence l'importance de chaque membre d'équipage dans la préservation de la sécurité à bord, en définissant clairement les rôles et responsabilités de chacun. Nous aborderons également d'autres éléments permettant d'améliorer la sécurité des remorqueurs de haute mer et de leurs opérations. En complément, nous présenterons une procédure de sécurité générale pour les opérations, visant à garantir une sécurité optimale à bord du remorqueur.

1 Navire remorqueur de haute mer

1.1 Définitions et Caractéristiques

1.1.1 Définition d'un remorqueur de haute mer

Un remorqueur de haute mer est un navire faisant partie de la famille des navires de type remorqueur, principalement connu pour les remorquages portuaires. La définition principale d'un remorqueur, qu'il soit hauturier ou portuaire, est « navire spécialement construit pour déplacer des navires dans un port ou en mer » (Ortolang, 2012). Ce sont des navires qui ont une forte puissance motrice et une très bonne manœuvrabilité.

En haute mer, des navires spécialement conçus pour le remorquage d'autres navires ou de structures maritimes sont utilisés. La plupart des remorqueurs hauturiers sont des navires « d'assistance et de sauvetage aux navires en difficultés » (Armateurs de France, 2017). Diverses compagnies sont spécialisées dans ce type de remorquage comme « Les Abeilles Econocom Group », compagnie maritime française avec comme remorqueur entre autres « Abeille Bourbon » (Figure 1) que l'on peut retrouver sur l'illustration suivante.



Figure 1 Abeille Bourbon

Source : Ludovic Péron (2008)

Ces navires sont conçus pour porter secours aux équipages et aux navires en péril. Ils peuvent résister à toutes les conditions météorologiques d'après Robert Hekkenberg (2009). De plus, ils sont adaptés pour protéger les côtes d'une pollution à venir, d'un incendie à

bord d'un navire (exemple d'un navire roulier en feu au large du Portugal) ou d'une catastrophe comme un naufrage.

Il existe trois grands types de remorqueurs avec des caractéristiques spécifiques suivant leurs zones d'interventions : les navires d'eaux intérieures, qui sont plus petits mais avec une grande manœuvrabilité, les navires côtiers, petits navires qui naviguent autour du littoral et des eaux intérieures (Menon, 2020) , et les navires de haute mer qui naviguent la plupart du temps dans les eaux internationales.

1.1.2 Signification de haute mer

Le terme haute mer aussi appelée eaux internationales, signifie la surface (partie) des mers et océans qui n'est pas soumise à la juridiction des États côtiers (Pierre Michel EISEMANN, 2022) . Cette surface s'étend ainsi à partir des 12 milles marins de toute zone côtière (United nations convention on the law of the seas, 1997).

La haute mer nécessite de faire intervenir des remorqueurs spécifiques qui ont davantage de matériel adapté pour affronter des situations diverses et variées. Ils sont aussi différents des autres remorqueurs car ils doivent pouvoir tracter des navires en difficulté se trouvant dans les eaux internationales. Ces navires sont donc adaptés afin d'être opérationnels dans toutes les situations et difficultés (tempête, navires en péril, pollution, ...).

Ainsi, le terme haute mer pour les remorqueurs, se réfère surtout l'endroit où ils opèrent. C'est donc un type de navire très spécifique ayant la particularité d'être doté d'équipements et d'outils adaptés à cet environnement inhospitalier, en utilisant également des techniques différentes de celles des remorqueurs portuaires.

1.1.3 Caractéristiques

D'après le « guidelines for the approval of towing vessels » (2018) les remorqueurs hauturiers doivent être conçus pour pouvoir intervenir dans toutes les zones géographiques. Ces navires doivent donc avoir une bonne tenue en mer y compris par mauvais temps. Pour cela, les remorqueurs de haute mer doivent être assez grands avec un déplacement et une

puissance importante. Les autres remorqueurs comme ceux d'escorte ont une puissance de 4 000 kW (Piaggio, Viviani, Martelli, & Figari, 2019), ils sont aussi plus petits et plus légers environ 100 tonnes (Clear seas, 2018). De plus, ces remorqueurs d'escorte mesurent moins de 40 mètres. Ainsi, par leur taille et du fait qu'ils peuvent opérer en toute sécurité, ils ne peuvent pas être considérés comme des remorqueurs de haute mer.

Depuis la création des remorqueurs de haute mer, leurs dimensions n'ont pas fortement augmenté, contrairement à celle des autres navires marchands. De nos jours, la taille d'un remorqueur de haute mer est d'environ 80-100 mètres. Ces navires vont aussi avoir une grande largeur par rapport à la longueur, donc un rapport largeur-longueur important, leur permettant d'avoir une très grande stabilité et d'éviter de chavirer si le câble de la remorque ne se positionne pas correctement (E.P.A, 2019).

Une des principales caractéristiques des remorqueurs de haute mer, hormis leur longueur et leur largeur, est l'emplacement du treuil de remorquage. Celui-ci est situé au milieu du navire afin d'avoir un plus grand *Bollard pull*, force de poussée qu'exerce un remorqueur de haute mer, donc une plus grande force de traction, et surtout une très bonne manœuvrabilité au cours des opérations de remorquage (Clear seas, 2018).

Ce qui est tout aussi important, c'est que ces navires disposent d'un grand tirant d'air sur l'avant et d'un petit tirant d'air sur la poupe du navire. Cette particularité donne un très grand avantage dans la manipulation de la remorque (câble du treuil de remorquage) pour l'équipage devant la préparer afin de la passer au navire en difficulté et permettre son remorquage par l'arrière du pont principal. Cela va également permettre une plus grande liberté du train de remorque lors du remorquage.

Une des autres caractéristiques des remorqueurs de haute mer est leur vitesse. En effet, la plupart des remorqueurs hauturiers ont une vitesse de 20 nœuds ce qui permet d'arriver rapidement sur la zone d'un accident ou de porter secours à d'un bâtiment en péril. Il est important pour ces navires qu'ils maintiennent une vitesse importante même en pleine tempête avec un vent au-dessus de 10 Beauforts.

Tableau 1 Caractéristiques de différents remorqueurs

Source : Propre travail adapté de fiches techniques de remorqueurs

Nom du navire	Longueur hors tout (LOA) (m)	Largeur hors tout (m)	Tirant d'eau (m)	Vitesse (knt)
Abeille Languedoc	63,45	14,43	7,30	16,7
Abeille Liberté	80,00	16,5	6,00	19,9
Nordic	78,00	15,56	6,60	20,0
Abeille Normandie	91,00	22,00	7,95	18
W Tug 80 (Escort tug)	35,40	14,00	6,65	14
ASD TUG2312 (Harbour tug)	22,80	12,03	5,50	12,2

D'après les fiches techniques de plusieurs remorqueurs de haute mer et d'autres types de remorqueurs comme *Escort tug* et *Harbour tug*, on remarque tout d'abord, que les remorqueurs hauturiers sont très différents des autres, ils sont déjà plus grand et large mais en plus, ils ont une vitesse supérieure (Tableau 1).

Et enfin, on observe que tous les remorqueurs hauturiers sont semblables en termes de taille et de vitesse.

1.1.4 Structure et architecture d'un remorqueur hauturier

Comme nous l'avons vu précédemment dans la partie 1.1.3, les remorqueurs de haute mer ont une architecture similaire au *supply vessel* (un tirant d'air plus grand sur l'avant que sur l'arrière).

Une des parties les plus importantes d'un remorqueur hauturier est sa poupe. La plage arrière de ces navires est constituée d'une architecture spécialement adaptée à leurs besoins. En effet, il ne faut pas bloquer le balayage de la remorque pendant une opération de traction mais aussi, ne pas abîmer les câbles en acier de celle-ci.

Tout d'abord, la plupart des *Emergency Towing Vessel* (ETV), remorqueur de haute mer, et des *Anchor Handling Tug Supply* (AHTS) sont constitués de *Stern Roller*. Les *stern rollers* sont des rouleaux qui vont permettre de guider et transporter des câbles sans les endommager et ne pas causer de dommage à la poupe du navire (Kongsberg, 2022). Néanmoins, les AHTS et les ETV ont des rouleaux de poupe différents. Les AHTS vont avoir des *stern rollers* horizontaux permettant de relever des ancres à leur bord ou de les positionner (Albert Pons Asturias, 2015). Alors que les remorqueurs de hautes mer sont équipés de rouleaux de poupe verticaux qui vont permettre le contrôle de l'aussière pour l'opération de traction et éviter que celle-ci n'aille d'un côté à l'autre (Naval Sea Systems Command, 2002) . Si celui-ci n'est pas équipé de *vertical stern roller* (Figure 2), les rouleaux verticaux de la poupe peuvent être remplacés par des *pins* de remorquage ou par des *Norman Pins* (Naval Sea Systems Command, 2002) qui ont le même devoir.



Figure 2 Vertical Stern Roller

Source : Propre travail adapté de Lumir Lague (2021)

Une autre particularité dans l'architecture d'un remorqueur est sa structure, en particulier la plage arrière qui est complètement fermée par rapport aux AHTS ayant leur plage arrière ouverte. Le but de cette particularité est de permettre à la remorque de ne pas se bloquer

et de protéger l'équipage qui travaille sur ce pont lorsqu'il y a des conditions météorologiques difficiles.

De plus, le *bulkward* (Jan Babicz, 2015) est équipé à son sommet d'une surface arrondie appelé *caprail* (Naval Sea Systems Command, 2002) (figure 3). Celle-ci est incurvée vers le haut pour permettre de diriger la remorque quand elle se trouve à l'étambot et de la rentrer dans l'eau. Cependant il faut que cette surface soit lisse afin de ne pas abimer le câble de traction. Cela pourrait provoquer une rupture et être dangereux pour la sécurité du remorquant et du remorqué.

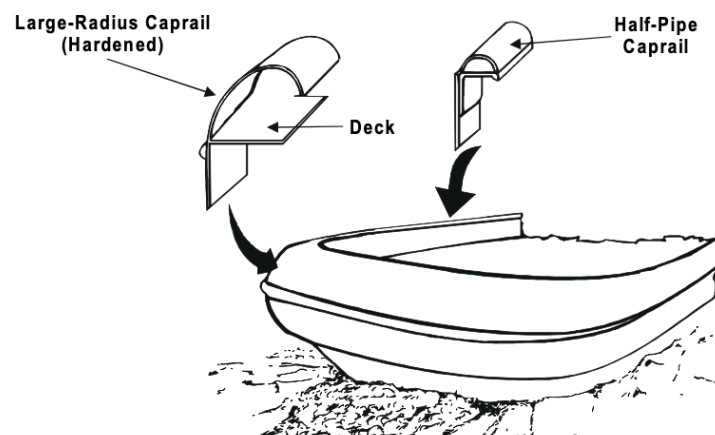


Figure 3 Caprail de la poupe du remorqueur

Source: U.S Navy Towing Manuel (2002)

Sur certains remorqueurs de haute mer il est possible de mettre des traverses au-dessus du pont arrière. Cette poutre relie le côté bâbord au côté tribord des *caprail* du navire. Cette structure est appelé dans le «U.S Navy Towing manual » (2002) un *towing bows* ou appelé ceintre en français (voir figure 4), elle permet de maintenir le câble au-dessus de la plage arrière afin de protéger tous les équipements situés sur ce pont mais aussi, assurer que l'équipage travaillant à la poupe du remorqueur soit en sécurité.

Sur certains remorqueurs comme l'Abeille Liberté, il peut n'y avoir qu'une seule traverse qui doit être particulièrement solide pour supporter la tension de la remorque. Alors que sur d'autres remorqueurs elles peuvent être au nombre de deux.

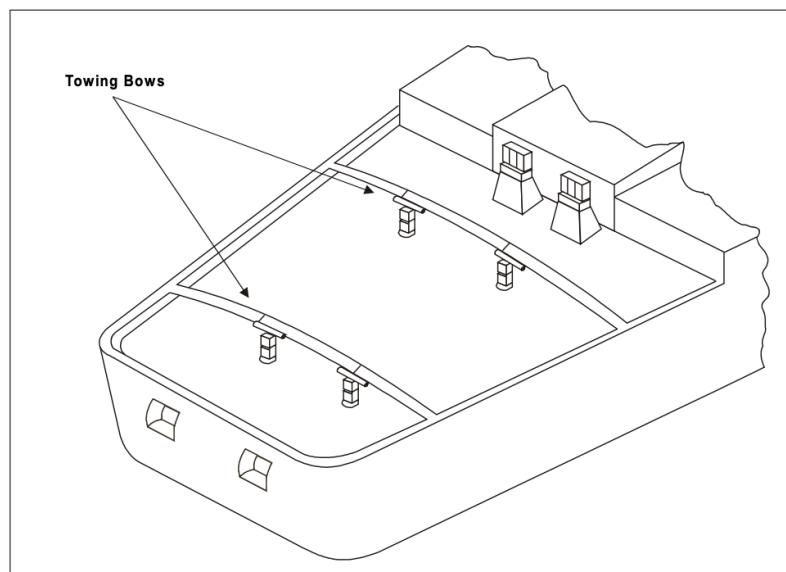


Figure 4 Towing Bows

Source: U.S Navy Towing Manuel (2002)

1.1.5 Navire devant être très manœuvrant

Un remorqueur de haute mer doit avoir une manœuvrabilité importante afin d'approcher en toute sécurité un navire en détresse ou demandant une opération de remorquage. C'est pour cela que ce type de navire possède ces attributs évoqués précédemment.

Contrairement au remorqueur traditionnel équipé habituellement de propulseurs azimutaux, hélice qui est apte à tourner dans toutes les directions (Park, Oh, Kim, & Lee, 2020), mais aussi de systèmes de propulsion *Voith* (Voith GmbH & Co, 2022) permettant une grande manœuvrabilité et une poussée à 360 degrés (Ehsan Esmailian, Hassan Ghassemi, & Seyyed Abbas heidari, 2014); il ne doit pas avoir une grande vitesse mais être manœuvrable. Les remorqueurs de haute mer ne sont donc pas équipés de ces types de propulsions mais de deux arbres d'hélices à pas variable qui vont permettre de régler facilement les vitesses en marche avant et arrière, ce qui permet une plus grande sécurité lorsque celui-ci s'approche d'un autre navire en pleine mer. De plus, la plupart des remorqueurs de haute mer sont équipés d'hélices avec tuyère (ou appelés « tuyère kort »). Cela permet au navire équipé d'avoir un meilleur fonctionnement en basses vitesses, mais aussi une meilleure force de traction, ce qui leur sera très avantageux (Bhattacharyya, Krasilnikov, & Steen, 2016).

D'après le document « Marine Diesel Engines » de Simone Lion (Lion, Vlaskos, & Taccani, 2020), les moteurs diesels sont adaptés pour les petites et moyennes vitesses. C'est pour cela que les remorqueurs de haute mer en possèdent car ces moteurs ont l'avantage de passer en très peu de temps à une capacité de moteur de 90%.

Néanmoins, ce type de navires ne dispose pas que d'une propulsion principale pour manœuvrer, il est aussi doté d'une propulsion d'étrave et de poupe qui vont permettre un déplacement latéral plus efficace afin de se rapprocher en toute sécurité du navire demandant assistance. Ces navires sont aussi munis de systèmes de positionnements dynamiques qui permettront au navire de se maintenir automatiquement sur un point fixe dans toutes les conditions météorologiques en utilisant les propulseurs avant et arrière, augmentant son efficacité dans le domaine de la sécurité.(Desai, 2015).

1.2 Puissance et force de traction

1.2.1 Puissance (indiquée)

Les remorqueurs hauturiers mettent leur puissance au service des autres. Par exemple, aux navires demandant assistance ou pour le remorquage d'autres unités.

Ces navires ont une puissance permettant la prise en charge ou venir en aide aux navires de petites tailles par exemple les navires de pêche et aussi aux plus gros navires de commerce tels que ULCC (Ultra Large Crude Carrier).

Plus la puissance (horse power) du remorqueur de haute mer est importante, mieux il pourra remorquer un train de remorque long et ayant un plus grand *deadweight* (le port en lourd exprimé en tonnes).

C'est pour cela, en général, que ces remorqueurs ont une puissance de 4 000 KW au minimum (Albert Pons Asturias, 2015).

Par exemple l'Abeille Liberté (Figure 5), remorqueur de haute mer basé en France, a une puissance de 16 000 KW (Les Abeilles), ce qui fait de lui un bâtiment pouvant venir en aide à la majorité des navires.



Figure 5 Abeille Liberté

Source : Lugh Payan – Les Abeilles (2021)

1.2.2 Bollard pull (Nominal, Effective)

Le *bollard pull* ou en français, la traction au point fixe, est une mesure de la force de poussée qu'exerce un remorqueur de haute mer ou portuaire.

Ce terme est utilisé pour savoir si un de ces bâtiments est capable de remorquer un navire, exprimé en tonnes métriques (t) ou en kilo-Newton (kN).

Le *bollard pull* est utilisé le plus souvent pour mesurer la puissance des remorqueurs d'assistance aux navires (ETV= *Emergency Towing Vessel*).

Cette traction au point fixe est calculée en connectant un point fixe du remorqueur à un bollard au quai ; ce test est appelé test de traction au bollard (Capt. P. Zahalka) grâce une cellule de mesure de tension dynamométrique (Figure 6). Cet instrument affichera une valeur entre 170 et 230 tonnes pour les navires remorquant. Cette force est mesurée au moment où le régime moteur est à son maximum et que le remorqueur évolue à une vitesse nulle (Menon, 2020) (Hydrocompinc, 2007).



Figure 6 Cellule de mesure de tension dynamométrique

Source : Tecno Veritas (2017)

Cette force de traction dépend fortement de la puissance maximale des moteurs du remorqueur comme vu précédemment, mais également d'autres éléments tels que l'hélice et la forme de la coque du navire remorquant. Elle est appelée *Maximum Bollard Pull* (MBP) (lloyd's register, 1992) ou encore traction statique.

La force de traction doit aussi être mesurée dans un intervalle de temps entre 5 et 10 minutes pour calculer la traction constante au point fixe (Capt. P. Zahalka) aussi nommée *Steady Bollard Pull* (STB) (Workshop insider, 2021). Cela montre l'efficacité maintenue dans le câble par le remorqueur hauturier. Cette STB est mesurée pour des conditions météorologiques parfaites. Cependant quand les conditions changent ou que le remorqueur de haute mer se trouve en pleine mer, la traction utile est appelée *Effective Bollard Pull* (EBP). On évalue l'EBP, comme étant environ 75% du SBP.

1.2.3 Treuil de remorquages

À bord d'un remorqueur de haute mer, un des équipements les plus importants est le treuil de remorquage. Celui-ci est utilisé pour la traction à l'aide d'une remorque en connectant le remorqueur hauturier à un navire remorqué ou autre entité nécessitant un transport via un câble métallique (Jan Babicz, 2015).

Les treuils de remorquage doivent être différents par rapport aux treuils trouvés à bord d'autres navires. En effet, on doit mettre une grande distance entre les deux unités et la tension ne restera pas constante pour cause de forces externes (météo, ...). On aura donc

un câble beaucoup moins tendu (Brusselle Carral Marine, 2020), par rapport à des treuils de pont ou des treuils d'ancrage.

Les remorqueurs de haute mer utilisent plutôt des treuils à tambour, ou parfois des treuils offshore, le premier système étant le plus utilisé (Figure 7).

Les treuils de remorquage de haute mer sont donc en général des treuils à tambour en cascade pour avoir une grande capacité et une réponse rapide de celui-ci (Clear seas, 2018). Ceux-ci peuvent aussi être à double tambour et triple tambour, dépendant de l'utilisation demandée (Adria Winch, 2019).

La plupart des treuils de remorquage sont des treuils hydrauliques et automatiques qui vont permettre de régler automatiquement la tension dans la remorque. En d'autres mots, quand la tension dans le câble devient trop importante, le tambour se déroule automatiquement pour que la sécurité à bord du navire ne soit pas compromise (Tuf marine, 2022).

Également pour la sécurité à bord, ces treuils à bord des remorqueurs hauturiers doivent être équipés d'un largage automatique de la remorque comme expliqué plus loin dans la partie 2.2.1.

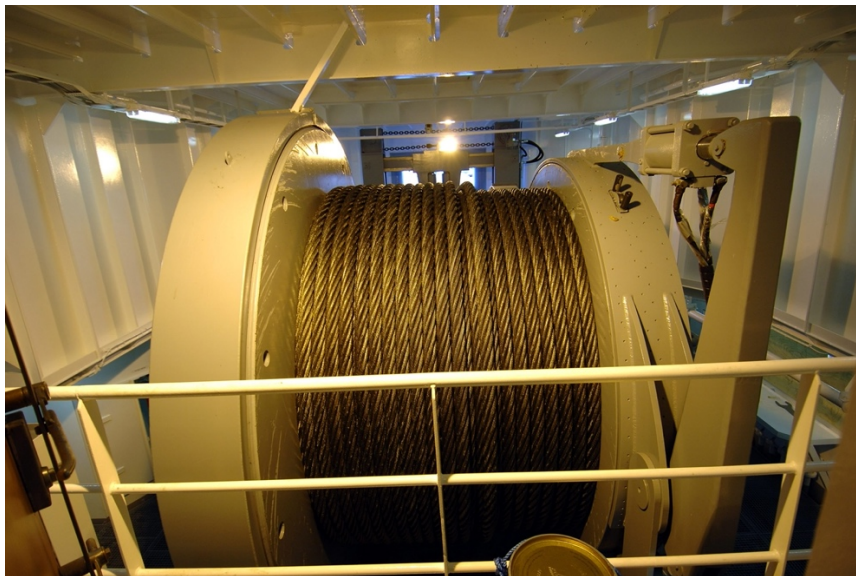


Figure 7 Treuil de remorquage de l'Abeille Liberté

Source : Les Abeilles (2005)

1.2.4 Bittes de remorquage

Le treuil de remorquage peut parfois être non automatique, on doit donc régler la tension de la remorque manuellement. Pour cela, il est préférable de mettre dans un premier temps la tension adéquate sur la ligne puis d'utiliser des bittes (ou bollards) de remorquage pour ne pas endommager le treuil et le frein.

Ce système manuel est plutôt utilisé quand les remorqueurs utilisent une longue remorque, l'utilisation des bittes de remorquage permettant ainsi un bon guidage de l'unité de remorquage.

1.3 Remorquage de différents navires

1.3.1 Navire assisté sans énergie ou structure autre entité à transporter

Premièrement, quel que soit le type de remorquage à effectuer, le remorqueur doit se tenir sous le vent de l'objet flottant pour que le tir du *projectiles launching tube* (PLT) soit réussi et que l'assisté puisse virer la pantoire correctement.

Un remorquage est effectué principalement lorsqu'un navire assisté a subi une avarie telle qu'un *black-out* (perte totale d'énergie et donc de contrôle), ou bien lorsque d'autres structures flottantes (offshore, ...) n'ont pas de motorisation. Dans ce cas précis, le guindeau ne peut être utilisé pour mettre la pantoire de la remorque (câble d'acier de plus petit diamètre que la remorque). On doit donc utiliser un système de va-et-vient entre le remorqué et le remorqueur (Caroline Britz, 2018) . Ce système consiste à envoyer deux hâles (aussière) de couleurs différentes, pour bien distinguer celle à virer à bord du navire remorquant avec un fusil pneumatique (lance amarre PLT) de celle rattachée au tracteur. Une des hâles passe alors par le chaumard central et la deuxième par un des chaumards latéraux. Ces deux aussières doivent ensuite être connectées sur la plage avant du navire assisté. La connexion doit être effectuée derrière une bitte afin de pouvoir facilement capeler la pantoire en utilisant le système de va-et-vient grâce au cabestan arrière situé à bord du remorqueur.

Les navires en situation de *black-out* sont assez rare de nos jours puisqu'il y a beaucoup de redondance sur les navires avec de nombreux groupes électrogène et de groupe de secours. Donc le remorquage de navires sans énergie est plus rare mais cela peut encore arriver (Second capitaine Abeille Liberté, 2023).

1.3.2 Navire assisté avec énergie

Dans le cas où le navire qui demande assistance dispose d'énergie à son bord, le passage de la remorque sera plus simple que dans le cas précédent. En effet, le navire ou l'objet assisté, à l'aide de son guindeau est capable de remonter la pantoire lui-même. Par la suite, la hâle sera connectée à une bitte sur la plage avant (ou arrière mais cela reste moins fréquent).

1.3.3 Remorquage de navires

Dès que la connexion entre les deux navires est établie, l'équipage doit évacuer le pont arrière du remorqueur afin que le chef mécanicien puisse allonger la remorque (dans le but de garder une tension faible sur le câble de la remorque) en même temps que le capitaine (ou officier de quart) actionne le télégraphe en avant lente.

La longueur de la remorque sera déterminée en fonction de la profondeur, des conditions météorologiques, mais aussi de la longueur et du déplacement du navire remorqué si le navire assisté est un petit navire la remorque sera moins longue par rapport au remorquage d'un navire d'une longueur de 400 mètres. Néanmoins, le déploiement de la remorque ne pourra pas être inférieur à 500 mètres par temps calme (Team TheNavalArch, 2019).

Pendant le remorquage des navires, il faut faire très attention que le remorquant fasse des changements de cap lent et ordonnés (Naval Sea Systems Command, 2002). Cela est d'autant plus vrai quand le navire remorqué n'a pas d'énergie car il ne peut pas changer son cap donc il peut arriver, si on ne fait pas attention, que le navire remorqué se rapproche du remorquant, le dépasse, se mette en travers par rapport au cap du remorqueur. Une situation très dangereuse pour la sécurité des deux navires serait alors engendrée.

De plus, il est important de connaître pour le remorquage d'un navire, barge et structure offshore, où se situe la position du point de remorquage : elle doit normalement se situer le plus près du point de pivot du remorqueur de haute mer (Naval Sea Systems Command, 2002). Le point de pivot du navire est généralement positionné sur l'axe central du navire (Seo, 2016), à partir de la proue du navire à environ un tiers de la longueur du remorqueur (Paul D. BUTUȘINĂ & Dumitru DINU). C'est pourquoi, à bord d'un remorqueur, il est préférable que le point de remorquage se situe le plus près possible du point de pivot du remorquant pour permettre à celui-ci d'avoir un meilleur contrôle sur le second navire. Pour cela, on dit que le point de remorquage pendant l'opération de tracter un navire se situe au même endroit que le treuil ou les bittes de remorquage (Naval Sea Systems Command, 2002).

Par ailleurs, durant le remorquage, peu importe l'entité, les mouvements de chaque navire ne sont pas pareils car ils dépendent des caractéristiques du remorqueur de haute mer et aussi du remorqué. C'est pour cela que durant cette opération il faut faire attention à la sécurité des deux navires : ils auront chacun un roulis et un tangage différents en fonction des conditions de la mer mais aussi du vent ce qui provoque un déplacement distinct et séparé (Naval Sea Systems Command, 2002).

Néanmoins, un autre facteur très important surtout pour la sécurité à bord et entre les deux navires est la communication. Celle-ci doit se faire le plus efficacement possible (The Shipowners' Club, 2015). En effet, la communication est importante pour le remorquage en lui-même mais aussi pendant le passage de la remorque d'un navire à un autre notamment entre la passerelle du remorqueur hauturier et le pont du travail (plage arrière).

Généralement, les communications se déroulent via Very High Frequency (VHF) (Naval Sea Systems Command, 2002). Cependant, il se peut que les communications par VHF ne suffisent pas ou ne fonctionnent pas, c'est pourquoi on utilise entre navire d'autres méthodes comme les signaux présent dans le Code international des signaux (2005)

1.4 Sécurité opérationnelle du remorqueur hauturier

1.4.1 Stabilité du navire

La sécurité à bord d'un remorqueur de haute mer passe tout d'abord par sa stabilité. Il est en effet très important de connaître la stabilité de celui-ci afin de connaître les limites de sécurité liées à son exploitation (W. J. Foster & T. B. Powell, 2010).

La stabilité sur ces navires est complexe de par leur petite réserve de flottabilité par rapport aux autres navires conventionnels (Wei Peng Dephne, Chatterjea, Hanks, Kr. Dev, & C. K. Tam, 2013). Ce manque de stabilité est dû à la plage arrière des remorqueurs de haute mer. Disposant d'un franc bord relativement peu élevé, il y a un accès non restreint pour les eaux vertes qui peuvent facilement se retrouver sur le pont et perturber la stabilité de celui-ci.

Pour cela, une bonne stabilité statique et dynamique de ce genre est primordiale car le navire va subir beaucoup de forces importantes (câble exerçant une force dans une autre direction et un sens autre que celui du remorqueur lui-même). En effet, il se peut que cette force de traction s'exerce perpendiculairement à l'axe du navire réduisant fortement sa stabilité et impactant par ailleurs sa sécurité.

De plus, il est important d'avoir des informations la réaction du navire au cours de conditions météorologiques difficiles (The Shipowners' Club, 2015; Wei Peng Dephne et al., 2013).

Ainsi, la stabilité d'un remorqueur de haute mer est déterminée principalement par son moment d'inclinaison qui peut être causé par différentes situations ; la plus connue comme évoqué juste au-dessus, est l'entrée d'eau de mer sur le pont arrière du navire.

Ce moment d'inclinaison peut être aussi causé, comme sur les navires de types conventionnels, par des changements de cap à la suite de l'action du gouvernail ou de l'hélice mais également par des forces latérales. Cependant, les moments d'inclinaison que subissent principalement les remorqueurs sont principalement générés lorsque l'entité remorquée effectue un changement de cap ou se met à dépasser le remorqueur

(comme expliqué en 1.3.3) entraînant ainsi une tension latérale du câble de remorquage (The Shipowners' Club, 2015).

Un capitaine averti se doit de connaître l'influence de la stabilité sur la sécurité de son navire. Pour cela, il peut s'aider du livret de stabilité contenant les courbes de stabilité et vérifier les archives du navire avec les différents cas de stabilité. On peut ainsi déterminer la réaction du navire en fonction de perturbations différentes comme la force de traction de la remorque ou encore les conditions météorologiques.

A tout instant, si la sécurité du remorqueur et du remorqué sont mises en jeu, le commandant du remorqueur de haute mer a la possibilité de stopper toutes les opérations de remorquage ou autres opérations en cours.

1.4.2 Position du remorqueur de haute mer par rapport au navire remorqué

Pour approcher tout en sécurité un navire en détresse, il faut prendre en considération la dérive du navire remorqué par rapport au vent, à l'état de la mer et au courant.

Tout d'abord, la plupart des remorquages par l'avant ont été évalués et considérés comme plus sûrs car le remorqueur hauturier peut garder la gouverne de l'objet remorqué contrairement au remorquage par l'arrière du navire. Celui-ci est trop dangereux à cause du franc-bord assez bas. De plus, plus particulièrement sur les plus petits navires, le navire remorqué peut se mettre en travers par rapport au sens de navigation qui atteint la stabilité de celui et donc à sa sécurité.

Les deux unités n'étant pas influencées de la même manière par le vent et le courant, pour effectuer son approche et se positionner correctement par rapport au navire en détresse afin d'éviter une collision avec celui-ci, il est important de récolter un maximum d'information avant la manœuvre.

Si la dérive des deux navires est similaire, le remorqueur va faire une approche dans la même direction que le remorqué pour passer à proximité de l'avant du remorqué. Cependant, il est rare d'être confronté à un navire ayant les mêmes caractéristiques. Pour cela, l'approche

face au vent est exécutée pour avoir une bonne position avec une vitesse lente et un bon cap (Figure 8).

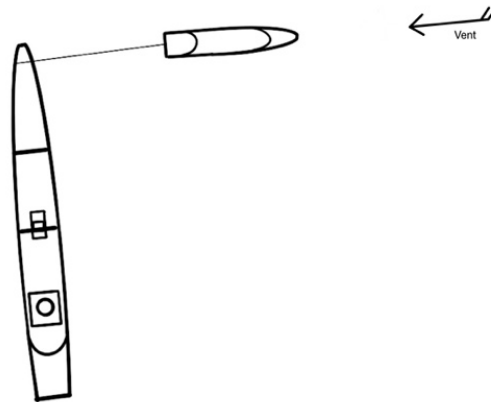


Figure 8 Position du remorqueur par rapport au vent

Source : Propre travail

En plus de ces manœuvres, il faut faire preuve de bon sens marin pour approcher en toute sécurité un navire en détresse (Naval Sea Systems Command, 2002).

En ce qui concerne la position du remorqueur de haute mer par rapport au navire remorqué pendant le remorquage cela dépend des conditions. En effet, Il ne faut pas que la remorque soit trop courte pour éviter que le train de remorque ne revienne sur le Remorqueur d'Intervention d'Assistance et de Sauvetage (RIAS), remorqueur de haute mer, afin éviter une collision. De plus, il faut éviter d'être trop loin pour que la remorque ne touche pas le fond et ne s'accroche à celui-ci.

1.4.3 Les accidents

Les remorqueurs de haute mer ont un risque important d'avoir un accident en raison de leur implication et travail proche d'autres navire ainsi que les auxquelles ils sont soumis. Durant ces manœuvres, il est donc possible d'avoir des accidents, tels que des collisions. Ces risques sont augmentés à cause des conditions météorologiques ou encore lors d'une panne moteur (Çakır, Fişkın, & Sevgili, 2021).

D'autres types d'accidents pouvant survenir sont ceux se déroulant pendant le remorquage, c'est le cas par exemple de la rupture de la remorque ou la perte totale du navire en détresse. Il faut donc lâcher la remorque pour ne pas mettre en péril aussi le remorqueur.

Ainsi, à cause de cette interaction directe avec d'autres navires, la sécurité et la sécurité sont deux enjeux très importants à bord des remorqueurs de haute mer.

2. La sécurité à bord

2.1 Sécurité à la passerelle

2.1.1 Gestion de la sécurité

A bord des remorqueurs de haute mer la sécurité est une priorité. Les compagnies de remorquage n'ont pas obligation de suivre le *International Safety Management (ISM)* code (International Maritime Organization, 2018). Dans le but d'améliorer la gestion de la sécurité à bord des navires, le Code ISM a été implanté par l'*International Maritime Organization* dans la convention *Safety of life at Sea (SOLAS)* adopté en 1974.

Cependant, certaines de ces règles sont adaptées par rapport au domaine dans lequel ils sont spécialistes. C'est pourquoi, à bord de ce type de navires les compagnies mettent en place un *Safety Management System (SMS)*. Ce document permet de mettre en place un protocole de sécurité et d'introduire des procédures pour assurer le bon fonctionnement du remorqueur (The Shipowners' Club, 2015) (Raunek, 2021). De plus, cette implantation permet d'éviter des accidents à bord en évaluant les risques. Effectivement, les risques peuvent venir entre autres d'une mauvaise supervision ou bien d'une mauvaise planification (The Shipowners' Club, 2015).

Dans le SMS des remorqueurs, on retrouve des procédures ayant pour but d'améliorer les programmes d'entretien en particulier des équipements des machines, comme par exemple le treuil de remorquage (Çakır et al., 2021). On y retrouve également des parties sur la navigation ou les opérations (y compris celle sur le remorquage), ou encore une autre sur le maintien en état du navire et de son armement.

Ce système de gestion de la sécurité permet donc aux compagnies de mettre en place des règles et des procédures pour éviter ou réduire les accidents de tous types, même ceux liés aux erreurs humaines.

Ces procédures spécifiques seront développées ci-dessous.

2.1.2 Sécurité pendant la navigation d'un remorquage

Dès que la remorque est capelée sur le navire à remorquer, le commandant du navire et le chef mécanicien vont commencer à allonger la remorque.

La longueur de la remorque va être ajustée le but étant d'éviter que le câble de traction ne fasse de grande embardée ou que les variations de tensions soient brutales. Ces deux situations pourraient provoquer une rupture du câble de remorquage ou bien une cassure du treuil lui-même.

Durant les opérations par fortes mers, la tension de câble peut varier, par exemple sur un navire avec un bollard pull de 250 tonnes, cette tension peut varier de 0 à 250 tonnes ce qui n'est pas bon pour la sécurité du remorquant et du remorqué. C'est pour cela que pendant la navigation la plus importante des données à surveiller est de regarder la tension dans la ligne (Second capitaine Abeille Liberté, 2023).

Quand le câble de la remorque a peu de tension (Schéma., figure 9), il faut faire attention qu'il ne s'accroche pas sur le fond ou qu'il ne se détériore pas en contact avec la structure du remorqueur. Pour éviter cette situation, le commandant doit augmenter la vitesse de son navire, ou bien le chef mécanicien vire le treuil de remorquage pour que la tension soit augmentée, pour qu'il y ait moins de mou.

Au contraire, lorsque la tension est trop importante dans le câble de la remorque (Schéma. 2, figure 9), le commandant du remorqueur d'intervention d'assistance et de sauvetage (RIAS) doit ralentir le navire sinon (ou) le chef mécanicien va devoir dévirer (ajouter de la longueur à la remorque) le treuil. Il est possible de faire les deux en même temps pour éviter un accident.

Donc, il est préférable que la tension dans le câble soit synchronisée avec la houle pour une plus grande sécurité (Schéma. 3, figure 9).

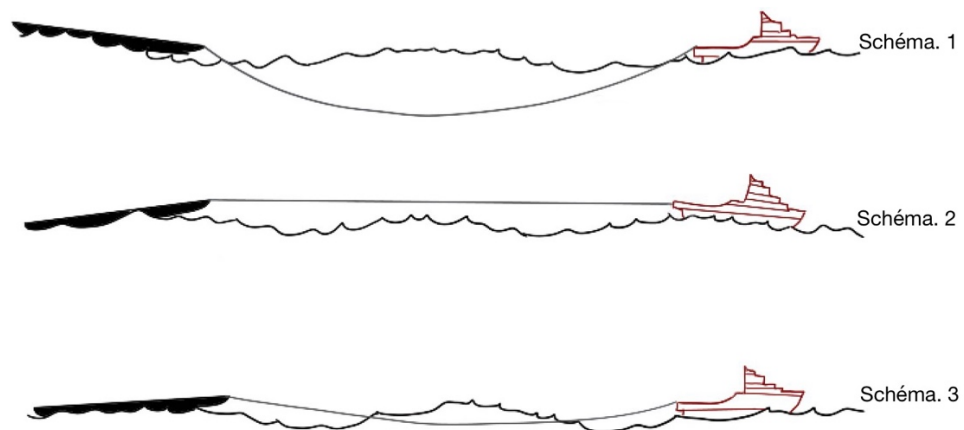


Figure 9 Réglage de la tension de la remorque

Source : Propre travail

De plus, pendant cette opération de réglage de la longueur de la remorque, le navire doit continuer à respecter le *International Regulations for the Prevention of Collisions at Sea* (1972). C'est pour cela qu'un troisième officier est à la passerelle, afin d'effectuer les tâches liées à la navigation et respecter le règlement international pour prévenir les abordages en mer. Celui-ci doit également savoir quand il doit ralentir ou accélérer au besoin, et quand raccourcir ou allonger le câble de remorquage pour que les deux navires restent en sécurité (The Shipowners' Club, 2015).

La navigation avec remorque est d'autant plus dangereuse quand le navire se situe dans une zone où le trafic est dense. En conséquence, cet officier doit être très vigilant à la manœuvrabilité du remorqueur en remorquage pour éviter toutes collisions (Alan Palmer, 2008).

Afin d'assurer la sécurité des deux unités et des autres navires, le remorqueur et sa remorque doivent utiliser correctement les feux et les marques de jour et avertissements de navigation. D'après le « *International Regulation for the Prevention of Collisions at Sea* » (1972), dans la règle 24 du *Collision regulations* (COLREG) les remorqueurs doivent pendant un remorquage montrer certains feux spécifiques comme :

- Si le remorqueur fait moins de 50 mètres et avec un train de remorque de moins de 200 mètres. Le remorqueur doit montrer deux feux de tête de mât superposés, des feux de côté, un feu de poupe, un feu de remorquage jaune superposé au-dessus du feu de poupe. Et le navire remorqué doit montrer quant à lui ces feux de côté et un feu de poupe (voir figure 10).

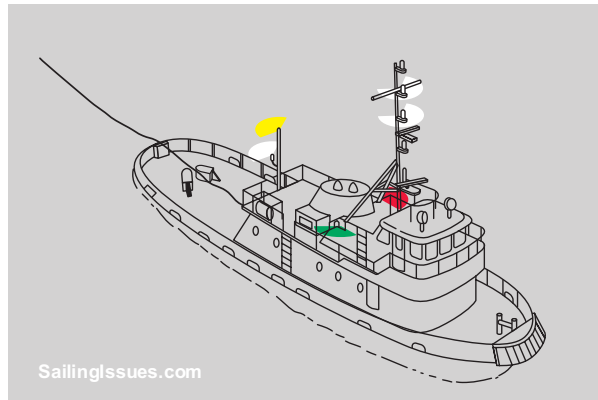


Figure 10 Remorqueur moins de 50 m avec train de remorque moins de 200 m

Source : SailingIssues.com (2022)

- Si le remorqueur remorque un train de remorque de plus de 200 mètres, il doit montrer le feu cité pour le remorqueur avec train de remorque de moins de 200 mètres mais au lieu d'avoir deux feux superposés l'un au-dessus de l'autre, il doit montrer trois feux de tête de mât superposés. (Voir figure 11)

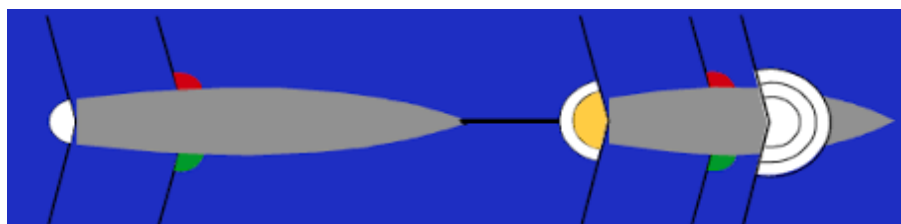


Figure 11 remorqueur moins de 50 m avec train de remorque de plus de 200 m

Source :Alain Van Houcke (2011)

- Si le remorqueur fait plus de 50 mètres et dispose d'un train de remorque de plus de 200 mètres, il doit montrer les mêmes feux que celui de la partie précédente mais en plus, et doit montrer un feu de tête de mât plus haut et en arrière par rapport aux trois feux de tête de mat.

- De jour, une marque biconique doit être montrée sur chacun des deux navires, si le train de remorque dépasse 200 mètres (voir figure 12).



Figure 12 Marque biconique, train de remorque plus de 200 m

Source : Hydrosup (s. d.)

- Mais si ce remorqueur rencontre des difficultés à manœuvrer et contrôler sa remorque, il peut montrer les feux d'un navire à capacité de manœuvre restreinte. Ces feux sont trois feux visibles sur tout l'horizon composés d'un feu rouge suivi d'un feu blanc et d'un deuxième feu rouge superposés, en plus de ce feu de remorquage (voir figure 13).

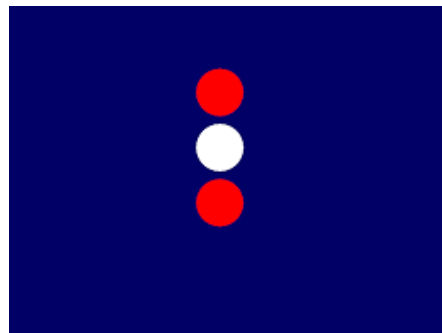


Figure 13 Navire à capacité de manœuvre restreinte

Source : Laurent Robin (s. d.)

- Par visibilité réduite, le remorqueur doit émettre un son long puis deux sons courts et le remorqué quant à lui doit faire un son long puis trois sons courts.

2.1.3 La sécurité passe par une bonne préparation

La préparation des équipements pour le remorquage ou protection personnel doit être effectuée avec soin. Ces préparations doivent être bien comprises, et faites correctement par tous les membres d'équipage. Il en résulte que les situations de remorquage ou d'urgence se passent en toute sécurité, à la fois pour le remorquage d'un navire ou la bonne conduite du navire (Naval Sea Systems Command, 2002) .

Tout d'abord, une bonne préparation passe par l'acquisition de toutes les informations sur l'unité à remorquer comme sa taille, le nombre de personnes à son bord et la nature de sa détresse, pour permettre de connaître les limites du remorquage, si le remorquage est possible et qu'il ne va pas mettre aussi en difficulté le remorqueur. Ensuite le commandant du remorqueur, avec l'aide de second capitaine, va décider après concertation de l'équipement de remorquage qui conviendra le mieux à l'opération. Les principaux préparatifs à bord d'un remorqueur de haute mer sont :

- Vérifier le fonctionnement au maximum de leurs capacités des équipements de remorquage, des machines (moteurs et le gouvernails).
- Tous les membres d'équipage du remorqueur doivent être au courant du plan de remorquage ainsi que leurs rôles à tenir pendant celui-ci.
- Les équipements de sauvetages et appareils de lutte contre l'incendie doivent être en permanence prêts à l'usage pour prévoir les cas d'emploi de possible.

Il est donc très important d'effectuer à chaque fois une bonne préparation, afin d'éviter les accidents et veiller à la sécurité à bord, comme chaque opération de remorquage diffèrera des précédentes, cela sera à chaque fois une nouvelle expérience pour l'équipage.

2.1.4 Exercice à bord

La sécurité à bord passe par des exercices reconnus comme essentiels à bord d'un navire, ils ont pour objectif de s'entraîner à réagir en cas de situation d'urgence. Ces exercices sont généralement accompagnés de procédures pour assurer la sécurité du navire et de ses marins (oceantime Marine, 2017).

A bord des remorqueurs de haute mer, les exercices sont les mêmes qu'à bord des autres navires de commerce, comme des exercices de lutte contre l'incendie et d'abandon du navire effectués mensuellement, auxquels s'ajoutent d'autres exercices tel que les exercices d'avarie de barre ou d'entrer dans des espaces clos. Cependant, les entraînements les plus importants pour les remorqueurs de haute mer sont ceux de remorquage d'urgence. En effet, ils permettent à l'équipage de s'entraîner régulièrement avec différents navires ou autres objets tractables, et ont pour objectif que les personnes à bord disposent d'une plus ample expérience. Ces exercices permettent également de vérifier que les procédures appliquées garantissent la sécurité à bord.

À la fin de l'exercice, le responsable de la sécurité à bord du remorqueur doit faire un rapport pour attester entre autres que toutes les personnes ont effectué leur travail en toute sécurité et que les équipements à bord fonctionnent correctement.

Les exercices doivent être correctement faits en restant le plus réaliste possible car ils sont très importants. En d'autres mots, ils peuvent sauver des vies.

2.2 Sécurité des équipements

2.2.1 Sécurité du treuil de remorquage

En raison de tension importante pouvant, en cas de défaillance, causer de graves accidents tel que des blessures à un membre d'équipage (Alan Palmer, 2008), la sécurité du treuil de remorquage ne peut être négligée. C'est pourquoi il est très important que le guindeau subisse des inspections périodiques et d'un bon entretien pour garantir la sécurité à bord. Les principales inspections et vérifications effectuées sur le treuil sont :

- Le bon placement sur la structure du navire.
- Le bon fonctionnement du système de freinage.
- Vérifier qu'aucun signe de corrosion ou de cassure ne soit apparu sur les boulons de fixation et sur les soudures.
- Vérifier si le câble de remorque s'enroule correctement sur l'enrouleur.

De plus, la tension de la remorque ainsi que la longueur de celle-ci doivent être affichées à la passerelle, pour permettre à l'officier de quart ou à l'opérateur en charge du treuil de régler sa tension si nécessaire.

Cependant, le plus important pour la sécurité à bord est que ce treuil soit impérativement être équipé d'un *quick release system*, qui va permettre de libérer le câble de remorque s'il y a un problème comme l'unité remorquée en train de couler. Il est important que toutes les personnes responsables connaissent l'emplacement du bouton de déclenchement d'urgence (The Shipowners' Club, 2015). De plus, il est impératif que le treuil de remorquage soit protégé des conditions météorologiques pour son bon fonctionnement (GL Noble Denton, 2018).

Après avoir fait toutes ces vérifications pour le treuil de remorquage, l'équipage doit aussi effectuer l'inspection et l'entretien du câble. En effet, Il ne faut pas que la remorque soit corrodée, ou usée, ce qui arrive assez souvent à cause de frottements. C'est pour cela qu'il est très important de bien huiler ou graisser régulièrement pour éviter que le câble soit corrodé (Alan Palmer, 2008).

Enfin, pour la sécurité, le treuil doit être réglé de manière que la tension soit 80% du *minimum breaking load* (MBL) du câble de remorquage.

La sécurité du treuil de remorquage et de son câble passe donc par une bonne maintenance et de bonne vérification.

2.2.2 Sécurité des équipements de remorquage

Pour une meilleure sécurité à bord d'un remorqueur de haute mer, les équipements tels que les rouleaux verticaux et les bittes de traction sont inspectés régulièrement.

Ces contrôles sont :

- Une inspection à faire toutes les semaines et après chaque remorquage.
- Une inspection de la corrosion excessive du métal surtout pour les bittes de remorquage.
- Un contrôle des soudures pour repérer la présence d'éventuelles fractures sur celles-ci.

- Une inspection et une maintenance des différents équipements devant être régulièrement graissé ou huilé pour leurs bons fonctionnements et éviter une rupture du câble de remorquage (Alan Palmer, 2008).

Les équipements de remorquages à bord doivent être utilisés de manière appropriée tout en respectant leurs capacités maximales prescrites. Mais pour une plus grande marge de sécurité, ces équipements sont généralement utilisés avec une force inférieure comprise entre 15%-20% de leur charge de rupture maximale indiquée par le constructeur (The Shipowners' Club, 2015). De plus, leur emplacement à bord est très important car ces équipements liés à l'assistance d'autres navires doivent être placés et fixés sur des structures renforcées de l'architecture du remorqueur (Alan Palmer, 2008). Enfin, ces équipements sont testés et certifiés pour garantir une meilleure sécurité.

2.3 Sécurité sur la plage arrière

2.3.1 Protection pour le travail sur le pont

Le pont arrière d'un remorqueur hauturier est l'endroit à bord le plus dangereux pendant les opérations de traction. Toute personne s'y rendant lors d'une opération doit porter un équipement de protection individuelle (EPI) permettant de le protéger contre les risques susceptibles de menacer sa sécurité et sa santé.

Les équipements de protection individuelle adaptés pour le travail sur le pont sont :

- Une combinaison thermostable de type *Viking* (Figure 14).



Figure 14 Combinaison thermostable Viking

Source: NauticExpo (2022)

- Une brassière de survie à déclenchement automatique au contact de l'eau.
- Un casque antichoc.
- Des gants de protection (adaptés au travail sur la plage arrière pour manipuler la remorque).
- Des chaussures de sécurité.

Tout membre d'équipage ne disposant pas de ces EPI n'est pas autorisé à y travailler (Naval Sea Systems Command, 2002).

Pour la sécurité des marins à bord, tous les EPI doivent être équipés du marquage « CE » désignant leur conformité aux exigences essentielles en sécurité.

De plus, d'après les directives européennes, tous les équipements à la sauvegarde de personnes doivent avoir le marquage « barre à roue » qui montre que cet équipement respecte les exigences de santé et sécurité ainsi que les législations demandées par le « *Safety of Life at sea* » (SOLAS) (Directive relative aux équipements marins, 2020).

De même, toujours par principe de sécurité, certains EPI comme les gilets de sauvetage doivent être vérifiés et inspectés par une personne qualifiée au minimum tous les ans pour pouvoir être utilisés en toute sécurité.

2.3.2 Expérience personnelle et bon sens marins

L'expérience personnelle et le bon sens marin sont très importants sur la plage arrière du remorqueur hauturier. Pour exemple, il n'y pas de procédures officielles pour le remorquage de navire ou autres structures car chaque opérations de remorquage est différentes par rapport à la précédentes (Naval Sea Systems Command, 2002).

Pour ces raisons et par soucis de sécurité, l'expérience personnelle est importante à bord afin d'anticiper et préparer au mieux le comportement de la remorque.

De plus, le bon sens marin est très important pour la sécurité surtout au moment de la connexion de la remorque avec le navire en détresse. Il est important pour l'équipe de pont de se positionner correctement par rapport aux câbles sous tension car la présence de *snap back zone* n'est pas dessinée sur la plage arrière puisque sur ce type de navire, toute la plage arrière est propice à la rupture d'un câble métallique contrairement à certains autres navires marchands. Ces *snap back zones* indiquent où éviter de se positionner c'est-à-dire où sont les zones dangereuses (The Shipowners' Club, 2016).

La plupart des remorquages de navires se déroulent quand il y a de mauvaises conditions météorologiques, il se peut que la mer passe par-dessus le pont arrière du navire. Le bon sens marin permet donc à l'équipage de se mettre en sécurité pour ne pas être emporté par l'eau sur le pont.

De plus, un officier, souvent le lieutenant à bord du remorqueur, est également présent sur la poupe du navire pour vérifier le bon déroulement des opérations, mais il est aussi là pour empêcher l'équipage de se mettre en danger selon la situation.

2.4 Informations à connaître pour la sécurité

2.4.1 Information du navire et nature de l'avarie.

Lorsqu'un navire est en détresse en haute mer ou à proximité de la côte et qu'un remorquage est nécessaire, il est impératif de collecter des informations sur le navire assisté. Il est crucial que le capitaine ou officier en charge du navire demandant assistance fournisse toutes les

informations nécessaires pour permettre au remorqueur de porter secours de la manière la plus efficace et la plus sûre possible. Cette communication est essentielle pour établir une bonne coordination entre les deux navires et pour garantir la sécurité des équipages et de la cargaison.

Depuis 2009, Il est exigé que tous les navires disposent à leur bord une procédure d'urgence de remorquage propre au navire, qui doit être utilisé en cas de situation critique. Cette procédure doit tenir compte de la disposition des équipements et du matériel qui est à bord, conformément aux exigences de *Safety Of Life At Sea* (SOLAS, plus spécifiquement partie *Emergency towing arrangements and procedures*). Pour garantir une intervention rapide et la plus efficace que possible en cas d'urgence, toutes les étapes du processus pour le remorquage d'urgence doivent être consignées dans un livret de remorquage d'urgence (*Emergency Towing Booklet* (ETB)) propre au navire.

Un ETB est un manuel indispensable et obligatoire pour la sécurité lors des opérations de remorquage d'urgence. Il fournit des conseils ou instructions détaillés pour assurer que ces opérations soient effectuées en toutes sécurité.

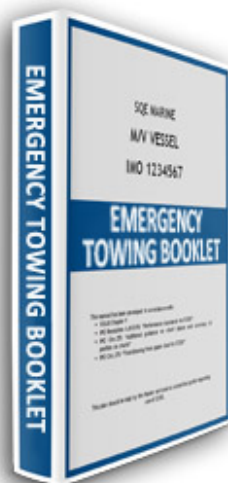


Figure 15 *Emergency Towing Booklet*
Source : (SQEMARINE, 2023)

Ce document doit inclure différentes données sur le navire obligatoire par le *Safety of Life At Sea* :

Tableau 2 Données spécifiques au navire

Source : propre travail adapté de réglementation SOLAS

Numero	Item	DATA
1	Ship's name	
2	Call sign	
3	IMO number	
4	Anchor details	
5	Cable and chain details	
6	Height of mooring deck(s) above base	
7	Draft range	
8	Displacement range	

Par ailleurs, il est également exigé que chaque navire dispose d'une liste d'informations à communiquer au remorqueur de haute mer en cas d'urgence. Cette liste permet d'obtenir une vision claire de la situation d'urgence ainsi que des équipements disponibles à bord du navire en détresse. Toute ces informations doivent être mentionné dans un document nommé *communication plan* (plan de communication).

Ces informations sont (SOLAS MSC.1/Circ.1255, 2008) :

- 1. Damage or seaworthines
- 2. Status or Ship steering
- 3. *Propulsion*
- 4. *On deck power systems*
- 5. *On-board towing equipment*
- 6. *Existing emergency rapid disconnection system*
- 7. Forward and aft towing point locations
- 8. *Equipment, connection point, strong points, and safe working load*
- 9. *Towing equipment dimensions and capacities*

Il est essentiel que toutes les informations requises, y compris les particularités du navire, soient comprises dans le *communication Plan*. Ce document doit également inclure d'autres données importantes pour la sécurité du navire, telles que le type ou les types de cargaison, l'état des soutes ou encore la dérive du navire.

Tous ces informations doivent être communiquées au commandant du remorqueur dès que possible, avant l'appareillage et le déroutement. Cette démarche permet à l'équipage du remorqueur de préparer la remorque pendant la navigation, afin de pouvoir la passer le plus rapidement possible lors de l'arrivée sur zone.

Les informations contenues dans le plan de communication sont essentielles pour permettre à l'équipage du remorqueur de savoir, si le navire est en avarie partielle ou totale, notamment de connaître la disponibilité de l'énergie à bord notamment au niveau des treuils et guindeaux.

Ces données sont nécessaires pour déterminer la méthode de passage de remorque et si le remorquage peut être effectué à l'avant ou à l'arrière. En cas d'avarie totale privant le navire en détresse de toute énergie, le remorquage par l'avant est recommandé pour offrir un meilleur contrôle sur le navire en danger.

Cela peut permettre également de déterminer si le navire demandant assistance possède des dispositifs pour le remorquage, tels qu'une chaîne de remorque à poste ou des bittes suffisamment résistantes pour supporter la traction exercée par le remorqueur.

De plus, il est crucial de savoir si le navire souffre d'une avarie de gouvernail, car cela peut avoir des implications significatives sur la sécurité pendant le remorquage. Si celui-ci est bloqué dans une direction (par exemple le safran bloqué à bâbord), alors, le remorqueur peut rencontrer des difficultés à maintenir le cap du navire en détresse. Donc, dans certains des cas, il est nécessaire d'avoir un deuxième remorqueur pour contrôler le mouvement arrière du navire.

En outre, ces informations permettent de déterminer le type d'urgence et l'aide requise pour le navire, telles que les avaries résultant d'un abordage, ou d'un ripage de la cargaison, ou encore un incendie à bord.

Ces éléments contenus dans le *emergency towing booklet* doivent être transmis le plus rapidement possible, soit à un *Maritime Rescue Coordination Center* (MRCC), qui les transmettra au commandant du remorqueur en charge, ou directement à ce dernier. Si ce document ne peut pas être transmis, les équipages vont se transmettre ces données à l'aide d'une *checklist communication plan* faite spécifiquement pour le navire.

À partir de tous ces éléments, l'équipage du remorqueur avec leurs expertises et leurs expériences, peuvent décider du gréement à utiliser et de la technique à mettre en place pour garantir que la sécurité des navires soit au maximum.

Cependant, il est important de prendre en compte les conditions météorologiques qui seront rencontrées sur place. Celles-ci peuvent grandement influencer la sécurité de l'opération de remorquage et doivent être prises en compte dans l'élaboration du plan de remorquage.

2.4.2 Conditions météorologiques

Les conditions météorologiques sont, bien évidemment, un facteur clé pour les opérations de remorquage en haute mer et doivent être connues en premier lieu avant de commencer les opérations. L'équipage des remorqueurs de haute mer doit obtenir les données actuelles et les prévisions météorologiques le plus rapidement possible, en particulier lorsqu'il manœuvre près d'un navire ou effectue un remorquage, car ces conditions peuvent influencer les mouvements des unités.

En effet, les conditions météorologiques ont un impact important sur la sécurité, non seulement du remorqueur de haute mer, mais également sur celle de navire en détresse. Par ailleurs, elles exercent une grande influence sur le travail au niveau du pont arrière du remorqueur, qui se trouve assez près de la surface de la mer. Donc le succès de l'opération de sauvetage dépend grandement des informations météorologiques se trouvant sur place ou à l'endroit où se situe le navire en détresse (Diana Kotkowska & Kinga Drwięga, 2021).

Il est essentiel que l'équipage dispose d'informations précises et à jour sur les conditions météo de la zone où le remorqueur va opérer. C'est pour cela que l'organisation maritime internationale exige à bord de celui-ci l'accès à une source météorologique vingt-quatre heures

sur vingt-quatre. Cela est très important d'avoir ces informations le plus rapidement possible pour préparer efficacement la remorque en fonction de ces conditions météorologiques, mais aussi pour permettre des manœuvres d'approche sûres et adaptées.

Avoir accès à ces informations de manière permanente et le plus rapidement possible est aussi essentiel car la météo peut évoluer rapidement en mer. En cas de changement important qui pourrait mettre en péril la sécurité, une communication directe entre le navire remorqueur et des stations météorologiques peut être envisagée. Ainsi, l'équipage du remorqueur sera en mesure d'ajuster immédiatement les manœuvres et les opérations en fonction des prévisions météorologiques pour garantir une sécurité maximale.

Pour que tout remorquage se passe en sécurité, l'OMI a mis en place un nombre minimum d'information que doit contenir les bulletins météorologiques, tels que :

- Synopsis de la zone
- Direction et vitesse du vent
- Période et hauteur des vagues
- Période et hauteur de la houle
- La météo pour les 48h heures suivantes

Toutes ces informations vont permettre d'adapter par exemple le cap d'approche du navire, la distance entre les deux navires (voir Figure 16), ou encore la vitesse de remorquage pour éviter tout accident.



Figure 16 Distance entre deux navires

Source : (Abeilles international, 2021)

En conclusion, la météo à bord des remorqueurs de haute mer est essentielle pour assurer un maximum de sécurité à bord lorsqu'il navigue seul ou quand il remorque des navires. Il est donc indispensable que l'équipage dispose d'informations récentes et précises sur les conditions météorologiques afin de prévenir de toute situation dangereuse pendant les manœuvres et le déplacement du convoi de remorquage.

En effet, des changements rapides et imprévus dans les conditions météorologiques peuvent survenir en mer, ce qui nécessite non seulement une surveillance constante de la météo par l'équipage du remorqueur mais aussi une communication immédiate avec les stations en cas d'observation de changements importants. Ainsi, l'accès à des informations météorologiques fiables permet au remorqueur de haute mer d'adapter au mieux sa stratégie de remorquage pour garantir tout d'abord sa sécurité propre et aussi celles de tous les navires impliqués.

2.4.3 Conditions environnementales

Les remorqueurs de haute mer sont souvent confrontés à des conditions environnementales difficiles lorsqu'ils sont en opérations. Les conditions météorologiques comme évoqué précédemment, mais aussi les courants, la houle, les vagues ainsi que d'autres facteurs environnementaux tels que celles rencontrées lors du remorquage dans des eaux avec peu de profondeur près de la côte ou bien dans des zones de trafic dense, par exemple dans les eaux de la Manche (Rolf hilmar hansen, s. d.).

Toutes ces conditions peuvent affecter considérablement la sécurité à bord des remorqueurs de haute mer, que ce soit en navigation ou en opération de remorquage. Afin d'assurer la sécurité à bord des remorqueurs, il est essentiel d'éviter tout danger pour la navigation et de s'adapter en conséquence pour éviter tout danger (IMO, 1993).

Lorsqu'un remorqueur de haute mer est en remorquage ou en convoi, les conditions environnementales sont d'autant plus importantes. Pendant un convoi, il faut particulièrement prendre compte le train de la houle, celle-ci donne au navire remorqué un comportement généralement différent de celui du remorqueur.

Les faibles profondeurs près de la côte représentent l'un des plus grands dangers dans les

conditions environnementales. Il est très important de s'écarter le plus rapidement d'un danger côtier, le convoi doit être amené en face du vent pour éviter toute dérive.

Il est important aussi de remonter le vent et la mer de face, même dans des conditions environnementales difficiles. Cela permet de maintenir un cap au près, favorisant ainsi les manœuvres du remorqueur pour éviter d'être drossé (éviter d'être entraîné vers la cote). Cette mesure est particulièrement importante pour éviter tout danger additionnel.

Dans des conditions environnementales difficiles, il est important de considérer la question du lieu de refuge. Il est essentiel que le commandant du remorqueur possède une bonne connaissance la zone où le navire opère. Lorsque les conditions sont trop extrêmes, il est souvent nécessaire de se mettre à l'abri pour se protéger ainsi que le navire remorqué de tout danger. Ces lieux de lieux de refuge sont généralement décidés par le capitaine du remorqueur avec l'accord des autorités côtières. Ces lieux peuvent être des ports d'accueil ou des lieux de refuge à proximité immédiate.

Le choix du lieu de refuge est une décision importante qui doit prendre en compte une solution d'équilibre entre les avantages pour le navire et le remorqueur, ainsi que pour la protection de l'environnement. Lorsque les deux navires sont en danger, il est important de trouver un lieu de refuge pour les protéger les deux navires.

Le choix du lieu de refuge est crucial donc il est important de connaître toutes les conditions environnementales et les caractéristiques du navire remorqué afin de choisir le meilleur lieu pour que le remorqueur et sa remorque soient en toute sécurité.

Les conditions environnementales sont un facteur clé pour la sécurité du remorqueur de haute mer et des personnes à bord ainsi celle du remorqué. Il est donc primordial de prendre en compte ces conditions pour permettre une bonne navigation et un bon remorquage efficace et sécurisé. Le choix du lieu de refuge est également crucial et doit être effectué en se basant sur des informations précises afin d'assurer la sécurité du remorquant et du remorqué, par exemple si le lieu de refuge va protéger des conditions météorologiques comme le vent.

3. Ligne de remorquage et passage

3.1 Composition de la ligne

3.1.1 Pantoire

L'installation de la pantoire dépend des caractéristiques du navire et des conditions de remorquage rencontrées.

On désigne par pantoire une partie du câble de remorquage. Celle-ci est généralement un câble d'acier, de diamètre et de résistance inférieurs à ceux du câble de remorque utilisé en haute mer.

Cette pantoire sert de liaison entre le câble principal de la remorque et le navire assisté. Elle est dotée d'un œil souple à une de ses extrémités pour faciliter la manipulation lors du raccordement et du largage de la remorque, assurant ainsi une sécurité optimale pour les équipages.

La pantoire sert également de fusible pour prévenir les dommages causés par les forces excessive entre le navire assisté et le navire qui porte assistance. Enfin, elle permet d'éviter que la remorque principale ne se détériore à cause des différentes frottements possibles et de l'usure (voir figure 17). Le diamètre de la pantoire peut varier de 44 millimètres, avec une charge de rupture d'environ de 135 tonnes, à 72 millimètres, avec pour celle-ci une charge de rupture d'environ 286 tonnes.

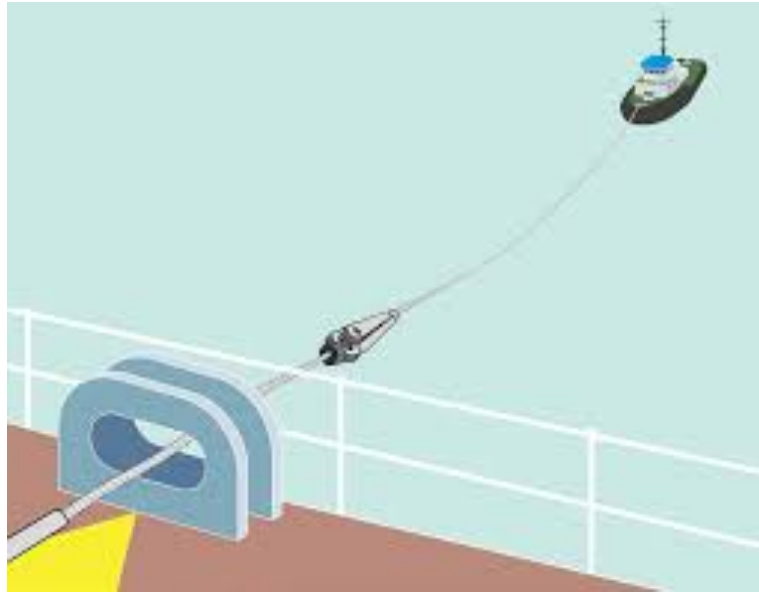


Figure 17 Pantoire en acier frottant sur un chaumard

Source : (Oil Companies International Marine Forum, 2020a)

Les pantoires d'un diamètre supérieur à 44 millimètres sont directement connectées à la remorque principale par une manille qui assure la liaison entre ces deux câbles. La longueur de la pantoire est généralement décidée par le capitaine du remorqueur en fonction des conditions et des caractéristiques du navire.

Toutefois, selon les recommandations de l'Organisation Maritime Internationale, pour le remorquage d'un tanker, la longueur de la pantoire devrait être d'au moins deux fois le franc-bord du navire remorqué, avec une longueur additionnelle de 50 mètres ajoutée à la pantoire (International Maritime Organization, 1994).

Cette longueur est importante pour maintenir une distance suffisante entre les deux navires, afin d'éviter toute collision ou autre accident pendant la manœuvre de remorquage quand la remorque principale est réglée au minimum.



Figure 18 Préparation de la ligne de remorquage

Source : (Abeilles international, 2021)

L'extrémité opposée de la pantoire doit être équipée et fermée par des bandes cassantes pour permettre le passage en toute sécurité de la remorque par le chaumard central du navire assisté. Pour hisser la remorque donc la pantoire à bord du navire remorqué, une queue de halage en métal sera sertie sur l'œil de la pantoire, afin d'encaisser les premières tractions pour hisser celle-ci.

Ensuite, l'œil doit être capelé sur un point fixe préalablement choisi en coupant les bosses cassantes le long de l'œil. Il est important aussi de noter que cet œil doit être suffisamment grand pour pouvoir s'adapter à la bitte choisie ou à un autre point fixe assez résistant sur la proue du navire à remorquer.

Il existe deux types de pantoires, celles en acier et celles en fibre synthétique. Celle en acier sont plus résistantes et donc plus sûres pour garantir la sécurité des deux navires en évitant une rupture de la ligne de remorquage.

De plus, elles sont plus résistantes donc plus durables et peuvent être utilisées plusieurs fois contrairement à celles synthétiques qui nécessitent d'être remplacées après chaque remorquage. Il est essentiel pour la sécurité de ces câbles en acier qu'ils soient enroulés dans le même sens que celui de la remorque principale.

Quant aux pantoires en fibre synthétique, elles sont plus faciles à capeler aux points forts du navire remorqué, mais elles nécessitent une chaussette pour les protéger de tout frottement.

La principale différence réside dans le fait que la pantoire en acier doit avoir une capacité de rupture maximale (*Maximum Breaking Load*-MBL) inférieure à celle de la remorque principale. Tandis que celle en fibre synthétique doit avoir une capacité de rupture maximale supérieur à deux fois le MBL de la remorque principale, pour un *bollard pull* de moins de 50 tonnes. En cas de *bollard pull* de 100 tonnes, le MBL de la pantoire en fibre synthétique doit être 1,5 fois celui du câble principal en raison de l'usure plus importante de cette dernière (International Maritime Organization, 1998).

Il est crucial de garantir la sécurité en veillant à ce que la pantoire ne soit pas endommagée lorsqu'elle est en contact avec le chaumard. Celle-ci est soumise à des forces de frottements et de cisaillement considérables à cet endroit.

3.1.2 Spring

La ligne de remorque est composée, comme évoqué précédemment au point 3.1.1, d'une pantoire qui est reliée à la remorque principale. Il est possible d'ajouter un autre élément entre ces deux câbles pour former cette ligne, qui est appelé *spring* ou *stretcher*. Cette pièce robuste a pour principal objectif de donner de l'élasticité à la ligne de remorquage, car elle est intégrée entre des câbles en acier de remorque qui ont un faible coefficient d'extension.

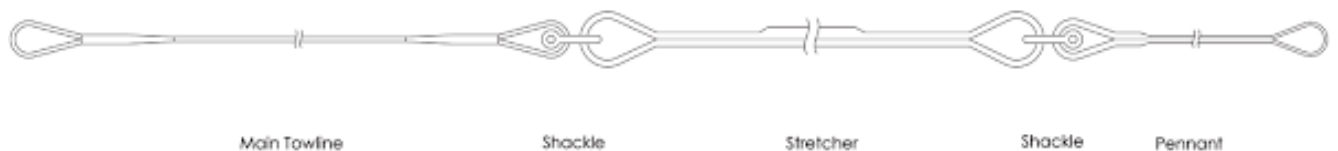


Figure 19 Composition ligne de remorquage

Source : (Oil Companies International Marine Forum, 2020b)

L'aussière en question, également appelée *spring* en raison de son rôle de ressort, a pour fonction principale d'amortir les fluctuations de charge causées par l'accélération du remorqueur, réduisant ainsi la tension dans l'ensemble de la ligne de remorquage. En outre, elle permet d'absorber les chocs et les charges dynamiques générées par les vagues, le vent et la houle, protégeant ainsi l'ensemble de la ligne contre les dommages causés par les mouvements et de la fatigue des matériaux, en particulier pour les parties en acier.

Les *stretcher* sont des éléments de la ligne de remorquage composés de matériaux synthétiques qui confèrent à la ligne l'élasticité recherchée. Ces *springs* sont généralement fabriqués en nylon, en polyester ou en *Composite Floating Ropes* (C.F.R), ce qui procure de la souplesse au gréement.

Une *spring* mesure généralement entre 60 et 80 mètres de longueur pour un diamètre compris entre 80 et 100 millimètres. Bien que relativement courte, elle est essentielle pour apporter l'élasticité nécessaire à l'ensemble de la ligne de remorquage. Elle est constituée de deux œillet situés aux extrémités, chacun étant renforcé par un *closed thimble* pour permettre la fixation de la remorque principale et de la pantoire de chaque côté à l'aide de manilles.



Figure 20 Closed thimble

Source : (U.S. Navy Towing Manual, 2002)

L'utilisation d'un *stretcher* dépend de la longueur de la remorque et des conditions météorologiques. Elle sera plus souvent utilisée dans des conditions météorologiques difficiles pour absorber les tensions dues aux vagues, que lorsque la météo est calme. Elle est utilisée le plus souvent pour les remorques courtes (Second capitaine Abeille Liberté, 2023). Pour garantir la sécurité, il est important que le *spring* ait une résistance supérieure ou égale à celle spécifiée dans le système de remorquage (Naval Sea Systems Command, 2002). En effet, il est prouvé que la plupart des ruptures de la ligne de remorquage se

produisent au niveau des *spring lines* si celle-ci est présente, en raison des variations de tension qu'elle subit.

3.1.3. Manille

Les manilles sont des éléments clés pour la connexion des différents composants de la ligne de la remorque. Elles sont souvent utilisées pour relier la pantoire à la remorque principale, mais peuvent également servir de connexion pour le *spring* à la pantoire s'il est présent.

Il existe deux types de manilles utilisées dans les dispositifs de remorquage ; les manilles rigides en acier forgé (voir figure 21), et les manilles appelées souple composées de lignes synthétiques (voir figure 22) avec des œillets à une extrémité permettant de faire la connexion et un nœud d'arrêt à l'autre extrémité (Oil Companies International Marine Forum, 2020).

Il est recommandé d'utiliser ce type de manilles pour les lignes de remorquage d'assemblage synthétique. En revanche, elles ne sont pas recommandées pour le remorquage de haute mer, car elles ont une résistance moindre que celles en acier.



Figure 21 Manille pour la ligne de remorquage

Source : (Betermin, s. d.)



Figure 22 Manille souple

Source : (Lankhorst, s. d.)

Les manilles utilisées pour le remorquage de haute mer sont plus grandes que les autres manilles que l'on peut trouver à bord des navires. En effet, elles doivent être dimensionnées de manière à supporter la charge de la remorque et à ne pas devenir le maillon faible de l'ensemble de la ligne.

Pour éviter que l'assemblage de remorquage ne se casse, il est important de connaître la limite de charge de travail de la manille (Working Load Limit - WLL) qui doit être marqué sur le corps de la manille (Naval Sea Systems Command, 2002). Pour éviter toute rupture de la ligne de remorquage, il est important que le WLL de la manille soit supérieur ou égale à la puissance de traction généré par le remorqueur, pour permettre que cette quincaillerie ne casse pas, en soit la puissance du *bollard pull* du navire.

De plus, pour une sécurité optimale du remorqueur, les manilles doivent être équipé de deux systèmes de sécurité pour le boulon qui la ferme. Ces quincailleries peuvent être dotées de systèmes avec un écrou et une goupille fendue pour éviter tout desserrage de la manille. Alternativement, la *pin* des manilles peut aussi être équipée d'un écrou de verrouillage avec des contre-écrous permettant de maintenir le boulon de la manille en place (voir figure 23).

Ces systèmes de sécurité empêchent que le boulon de la manille ne se mette à se desserrer en raison des forces de traction générées par le remorqueur, ou des vibrations.

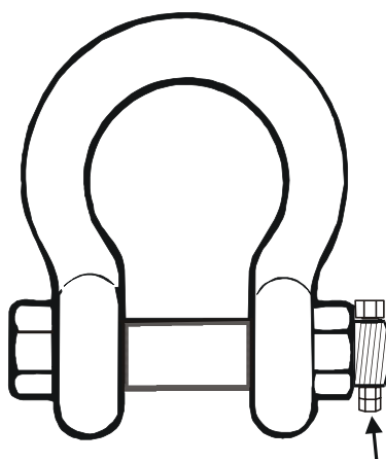


Figure 23 Manille équipée d'écrou de verrouillage

Source: (Naval Sea Systems Command, 2002)

Enfin, l'équipage doit également faire attention à ce que la manille ne tourne pas pour garantir la sécurité en générale. Celle-ci doit être gardée dans l'axe de la ligne de remorquage, car si elle commence à tourner et ne restant pas dans son axe, la résistance peut être diminuée jusqu'à 50%. Donc, cela garantira une sécurité de la remorque et évitera tout risque d'accident.

3.1.4 Remorque principale

Le câble de remorque principale d'un remorqueur de haute mer est l'élément principale de la ligne de remorquage, relié à la pantoire ou à la *spring*. Cette partie est situé sur le treuil de remorquage et peut être constituée d'un câble d'acier ou de fibres synthétiques. Cette remorque principale est déployée à partir du treuil remorquage situé sont le pont principal du remorqueur de haute mer, elle doit être munie à une de ses extrémités d'un œillet dur pour résister à de très grandes contraintes (voir figure 24), comme mentionné dans le « Guidelines for safe ocean towing ». L'autre extrémité doit être attachée au point de connexion et à un équipement.



Figure 24 Cillet dure de la remorque principale

Source : (Gérard Zubelon, 2012)

Les lignes en fibre synthétiques, telles que le polyester, sont acceptées comme des aussières de remorquage en haute mer. Elles offrent une bonne élasticité, permettant d'absorber la tension résultant aux mouvements des navires. Cependant, ce type de remorque principale présente une faible résistance et se dégrade rapidement. C'est pour cela les lignes en fibre synthétiques sont utilisées uniquement pour des navires à faible déplacement.

En général, la remorque principale est fabriquée en acier galvanisé de haute qualité. Elle offre une résistance plus importante à la traction, une durabilité plus élevée et une rigidité plus grande, ce qui réduit son élasticité par rapport aux fibres synthétiques. Toutefois, les câbles métalliques sont plus lourds ce qui les rend plus difficiles à manipuler. De plus, s'ils sont endommagés, les fils cassés de la remorque principale peuvent blesser l'équipage, ce qui est dangereux pour leur sécurité. Les remorques en acier sont également plus dangereuses car elles peuvent endommager du matériel sur le pont du remorqueur, tels que des chaumards ou bittes de remorquage.



Figure 25 Remorque principale sous tension

Source : (Teho ropes & supplies ple.ltd., s. d.)

La remorque principale doit avoir une longueur importante d'au moins 800 à 1 000 mètres pour permettre un remorquage de haute en mer en toute sécurité, comme à bord des deux sisterships Abeille Liberté et Abeille Bourbon remorqueurs de haute mer français équipés chacun d'une longueur de remorque principale de 1 600 mètres de longueurs et 80 millimètres de diamètre (Second capitaine Abeille Liberté, 2023)

Cependant, la longueur peut être ajustée en fonction des conditions rencontrées, comme beau temps et par faible profondeur, mais elle ne doit pas être inférieure à 500 mètres. D'après le second capitaine de l'Abeille Liberté, le poids du navire remorqué à une importance aussi sur la longueur de la remorque, c'est-à-dire plus que le navire est gros, plus il faudra mettre de longueur de remorque principale, cela va également influencer la manière dont il va se comporter (Second capitaine Abeille Liberté, 2023).

Il est important de noter aussi que la disposition du câble de la remorque principale, c'est-à-dire la tournure du câble de main gauche ou de main droite, doit être la même que celles des autres câbles de l'ensemble de la ligne de remorquage.

Un autre élément important pour la sécurité est que la charge de rupture de la remorque principale doit être conforme aux normes établies par l'*International Maritime Organization* (IMO) dans ce tableau :

Tableau 3 Charge de rupture par rapport au bollard pull

Source : adapté de (International Maritime Organization, 1998)

Bollard pull (BP) (tonnes)	< 40	40-90	>90
Minimum Breaking Load (MBL) (tonnes)	3.0xBP	(3.8-BP/50).BP	2.0xBP

D'après ce tableau ci-dessus, les remorqueurs de haute mer avec un bollard pull supérieur à 90 tonnes doivent avoir une remorque principale avec une charge de rupture minimale de 180 tonnes. Ainsi, pour les mêmes navires équipés d'une remorque de 1 600 mètres avec un bollard pull de 200 tonnes, la remorque principale en acier doit avoir un MBL minimum de 400 tonnes.

3.1.5 Les remorques courtes

Pour les petits navires, les remorques courtes sont généralement utilisées. Ces remorques sont moins grandes que celle utilisées pour la plupart des remorquages de haute mer. Elles sont conçues pour être utilisées pour des courtes distance et pour des navires plus petits, d'une longueur inférieure à 80 mètres, navires fluviaux maritime ou/et navire de pêche. Ou bien par beau temps, on peut connecter avec un gréement plus souple.

Les remorques courtes sont souvent constituées (Voir figure 26) :

- D'une pantoire de 36 à 38 millimètres de diamètre d'une longueur de 40 à 60 mètres.
- D'une *composite floating rope* (C.F.R), ou un *spring*, de 80-100 mm de diamètre et d'une longueur de 60-80 mètres.
- D'une remorque principale de 70 millimètres de diamètre, et d'une longueur d'environ 250 mètres.

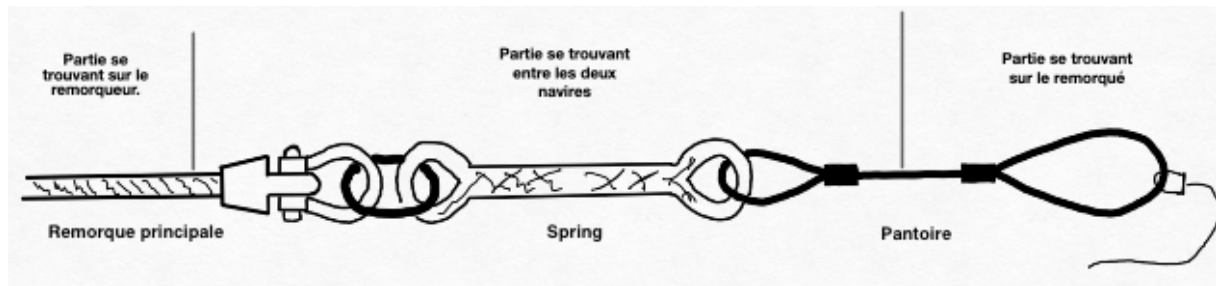


Figure 26 Remorque courte

Source : Propre travail

Le système de gréement avec le C.F.R offre des avantages considérables en termes de flexibilité et de vitesses de remorquage, même avec une remorque relativement courte d'une longueur 350 à 400 mètres.

Cependant, il est important de souligner que ces remorques courtes présentent une résistance limitée et peuvent se dégrader rapidement en raison des contraintes qu'elles subissent.

Pour assurer une opération de remorquage en toute sécurité, il est primordial que les remorqueurs de haute mer soient capables de s'adapter à longueur et aux caractéristiques de chaque courte remorque. Il en va non seulement de la sécurité de l'opération de remorquage, mais aussi de la sécurité du remorqueur lui-même.

3.2 La remorque de réserve ou de secours

Pour assurer une sécurité maximale à bord d'un remorqueur de haute mer et pour le navire remorqué pendant un remorquage, il est indispensable que le remorqueur soit équipé d'une remorque de réserve à bord (The Shipowners' Club, 2015).

Cette remorque peut être utilisée en cas d'urgence, notamment en cas de rupture de la ligne principale ou de défaillance de celle-ci, lorsqu'elle ne peut supporter la tension générée par la puissance du remorqueur. Dans de telles situations, la remorque de réserve permet d'éviter que le navire remorqué ne dérive trop longtemps, par exemple vers la côte, et ne cause des dommages à d'autres navires ou bien à lui-même durant un échouage.

Mais celle-ci peut également être utilisée lors de remorquage deux objets, mais il n'est pas recommandé de connecter deux unités à remorquer à une même remorque en haute mer pour des raisons de sécurité pour le remorqueur (voir figure 27). Donc, quand deux objets sont remorqués, la ligne principale et celle de secours sont utilisées indépendamment (International Maritime Organization, 1998).



Figure 27 Remorquage deux unités

Source : (The Shipowners' Club, 2015)

Selon les normes l'Organisation Maritime Internationale, la remorque de secours doit satisfaire aux mêmes exigences que la remorque principale pour garantir la sécurité. Cela signifie que celle de secours doit avoir la même longueur et la même résistance que la remorque de base utilisée pendant l'opération de remorquage (Rolf hilmar hansen, s. d.).

Le document « *Guidelines for safe ocean towing* » recommande que la remorque de réserve soit stockée, au mieux, sur un tambour du treuil de remorquage si le navire est équipé de d'un treuil à deux tambours (voir 1.2.3) ou bien alors, sur un tambour de stockage.

Dans le cas où le navire n'est pas équipé d'un treuil à double tambours, le tambour de la remorque de réserve doit être placé de manière à ce que le transfert sur le tambour principal du câble de réserve se fasse le plus rapidement possible et en toute sécurité (International Maritime Organization, 1998). Cela permet à l'équipage de passer rapidement de l'une à l'autre pour éviter que le navire remorqué ne dérive de trop en cas de problème sur la remorque principale. Celle-ci est toujours prête à être sortie pour connecter tous les éléments de la ligne de remorquage mais elle n'est pas prête à l'emploi (Second capitaine Abeille Liberté, 2023).

La remorque de réserve n'est pas le seul équipement qui doit être disponible en double. Il est essentiel que le remorqueur de haute mer dispose d'un inventaire complet d'éléments

de rechange pour la ligne de remorquage. Ces gréements de rechange doivent être en nombre suffisant pour refaire la ligne de remorquage en cas de rupture d'un élément pendant le voyage (Noble denton, s. d.).

Ces gréements doivent également être accessibles et prêts à être utilisés le plus rapidement en cas de besoin pour éviter de mettre en danger le navire remorqué.

En somme, le remorque de réserve est un élément clé pour garantir une sécurité maximale à bord des remorqueurs de haute mer et assurer une opération de remorquage efficace et sûre, même en cas de problème avec la ligne principale.

À bord de certains navires marchands, en cas d'urgence où le remorqueur de haute mer ne peut pas envoyer directement sa ligne de remorquage à bord du navire demandant assistance, un autre système de remorquage d'urgence appelé *Emergency Towing System* (ETS) (ou *emergency towing arrangements*) peut être utilisé.

Contrairement à la remorque de réserve et la remorque principale stockées à bord du remorqueur de haute mer, l'ETS est conçu pour être stocké à bord du navire qui nécessite assistance.

L'ETS se compose d'un point fort et de chaumard situé à l'avant et/ou à l'arrière du navire, le tout dans l'axe longitudinal du navire. Il est principalement présent à bord des navires transportant des cargaisons dans des citernes (Wätsilä encyclopedia).

Depuis des amendements de l'IMO, l'utilisation de ce système est obligatoire aux deux extrémités du navire pour tous les navires-citernes construit après le 1 juillet 2002. Ce dispositif doit être déployé en cas d'absence d'énergie à bord et doit être suffisamment résistant pour supporter la taille du navire et les conditions météorologiques (règle 3.4-emergency towing arrangements). L'IMO impose la présence de certains équipements pour les *emergency towing arrangements* (voir tableau 4).

Tableau 4 Composants de remorquage

Source : (International Maritime Organization, 1994)

	Forward	Aft
Pick-up gear	Optional	YES
Towing pennant	Optional	YES
Chafing Gear	YES	Depending on design
Fairlead	YES	YES
Stongpoint	YES	YES
Roller pedestal	YES	Depending on design

Cet arrangement est préférable à l'avant du navire pour permettre un meilleur remorquage et peut être consisté en plus des éléments évoqués dans le tableau d'aussière flottante et d'une bouée pour faciliter la récupération.

En effet, ce dispositif permet une réaction rapide pour éviter que le navire ne dérive vers d'autres navires ou sur des hauts fonds. Dans ces situations, ce système permet au remorqueur de haute mer d'attacher rapidement une remorque pour mettre le navire assisté en toute sécurité.

La présence de l'ETS est aussi importante pour la sécurité du remorqueur de haute mer, car elle permet d'éviter toute situation dangereuse et de limiter les risques d'accidents entre les deux navires, ainsi de protéger l'équipage se trouvant sur pont arrière du remorqueur.

Enfin, l'*emergency towing system* peut être utilisée par un autre navire non spécialisé si aucun remorqueur est disponible.

3.3 Procédure de passage de la remorque

3.3.1 Navire avec de l'énergie

Le dispositif de passage de la remorque à un navire avec de l'énergie à son bord est assez simple. Lorsque le passage de la remorque se fait à un navire assisté qui possède de l'énergie, le navire en question dispose d'un guindeau qui lui permet de virer, facilitant ainsi le processus d'accrochage de la remorque. Une fois que la remorque est remontée à bord du navire, l'équipage peut alors ensuite capeler la pantoire sur l'une des bites de la plage avant ou arrière. Toutefois, il est préférable de connecter sur la plage avant pour avoir une meilleure sécurité pour les deux navires. Si une chaîne prévue à cet effet est disponible à bord du navire remorqué, elle peut également être utilisée pour fixer la remorque au navire. Ce déroulement nécessite une grande coordination et communication entre l'équipage du remorqueur et celui du navire assisté pour permettre que la sécurité soit maximale.

Pour faciliter le passage de la remorque du remorqueur au navire assisté, l'équipage sur la plage arrière du remorqueur prépare un hale et une pantoire qu'ils envoient au moyen d'un fusil pneumatique (PLT) (voir figure 28).



Figure 28 Fusil pneumatique lance amarre

Source : (Restech norway, s. d.)

Lorsque le remorqueur passe devant l'étrave du navire assisté, l'équipage sur le pont arrière de celui-ci enverra une roquette à l'aide du PLT. Cette même roquette est reliée à une garcette d'une longueur d'environ 150 mètres et de diamètre de cinq à six millimètres. Cette même garcette est ensuite connectée à une vérine d'une longueur 80 mètres et de diamètre

12 millimètres, suivie d'une seconde vérine de même longueur mais avec une épaisseur du double de l'épaisseur de la première. Cette seconde vérine est ensuite attachée à un hâle, généralement en polypropylène et ayant une longueur de 150 à 200 mètres et une épaisseur de 60 à 80 mm (voir figure 29). D'après, le second capitaine de l'abeille liberté (2023), le hâle va servir tout d'abord à hisser la remorque grâce aux *winch* sur la plage avant du navire et ensuite elle sera utilisé pour sécuriser la pantoire en tournant le hale au-dessus de la bite d'amarrage. Et enfin, le hâle est relié à une manille qui permet de connecter celle-ci à la queue de la pantoire. Il est important d'effectuer cette préparation de la remorque avec tous ces éléments pour garantir la sécurité de l'opération du passage de la remorque à un navire assisté avec de l'énergie.

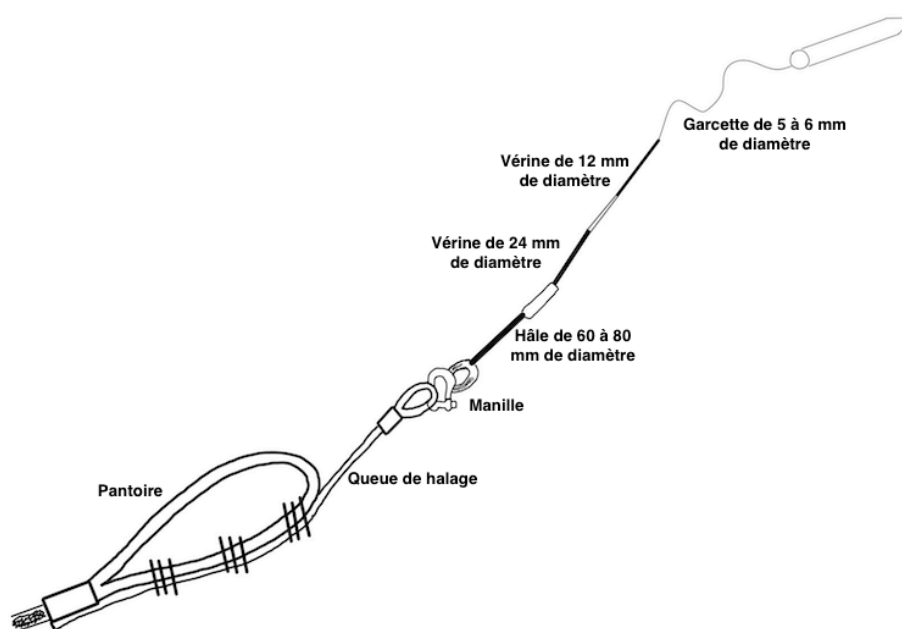


Figure 29 Composition ligne d'envoi navire avec énergie

Source : Propre travail

Dès qu'un membre de l'équipage du remorqueur réussit le tir, ce remorqueur se tient sous le vent du navire qui doit être remorqué pour éviter de dériver sur l'assisté.

Pendant ce temps, l'équipage à bord du navire où la remorque est envoyée se concentre principalement sur l'action de retirer les vérins et le hâle afin de récupérer la pantoire de la remorque. Une fois que l'œil de la pantoire est arrivé sur la plage avant, les bosses reliant la

pantoire et la queue de halage sont coupées pour pouvoir capeler l'œil sur une bitte résistante.

Pour augmenter la sécurité, une aussière peut être tournée autour de l'œil de la pantoire pour éviter que celle-ci ne se décapèle accidentellement.

Ensuite, il faut démaniller le hâle qui servira à sécuriser la pantoire sur la bitte. Celui-ci sera également utilisé lors du largage de la remorque.

3.3.2 Navire ne disposant pas d'énergie (vas et vient)

Dans le cas où un navire demandant une assistance subit une avarie totale de ses systèmes énergétiques, (*black-out*), le dispositif de passage de la remorque est assuré dans ce cas par le système de va-et-vient. Cette technique permet de virer la pantoire de la remorque à bord du navire assisté sans avoir besoin d'énergie à bord de celui-ci.

Toutefois, cette méthode de vas-et-vient requiert une bonne préparation sur la plage avant du navire assisté. Il est essentiel pour la sécurité de repérer un cheminement simple où ce système va passer, c'est pour cela qu'il est conseillé de faire passer la pantoire derrière une des bittes pour permettre de capeler plus facilement son œil. Tout en sachant qu'il sera difficile de choquer la pantoire si elle est trop virée à bord par le remorqueur.

Donc c'est pour cela que la préparation sur le remorqué est importante pour la sécurité. Comme mentionné précédemment, une roquette est envoyée par un PLT. Cette même roquette qui est attachée à une garcette de même dimension que celle pour les navires avec de l'énergie à bord. Et ensuite à deux vérines de même longueur et largeur que dans le point précédent. Ces vérines seront connectées ensuite à deux hâles de couleurs différents. Cette distinction de couleur facilite leur reconnaissance et permet de savoir lequel il faut virer pour hisser la pantoire à bord du navire demandant assistance (Voir figure 30).

Il est important de garder en mémoire que cette préparation du système de va-et-vient requiert une grande expertise de l'équipage du remorqueur en passant du commandant aux matelots. Cette technique doit absolument être mise en œuvre par des professionnels compétents et avec de l'expérience, pour garantir la sécurité de tout cette opération.

Par ailleurs, il convient de mettre en évidence que le succès de cette procédure dépend de la qualité de la préparation. Mais aussi de la coordination entre l'équipage du remorqueur et celui du navire assisté sans énergie.

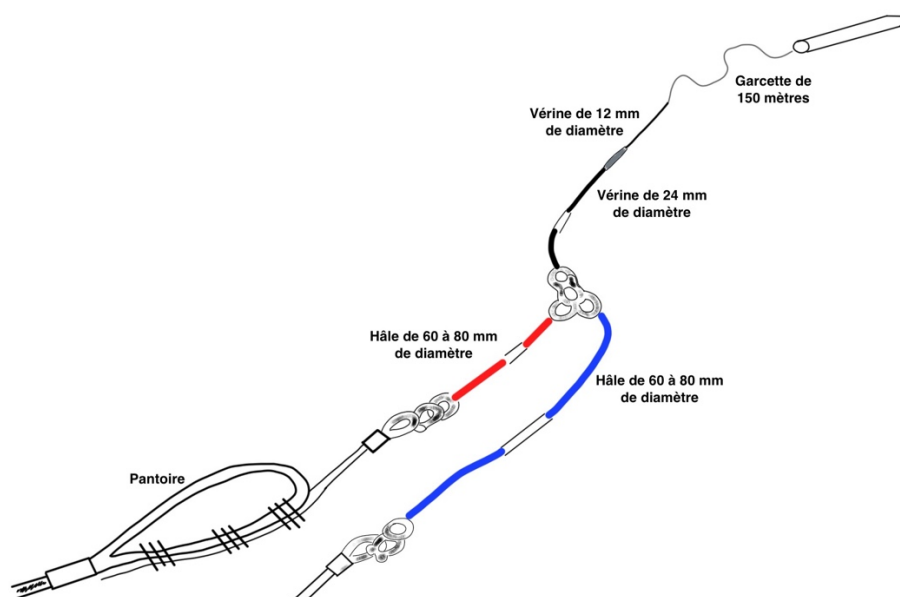


Figure 30 Composition ligne d'envoi navire sans énergie

Source : Propre travail

Il existe plusieurs méthodes que l'équipage du remorqueur peut utiliser pour envoyer la remorque à bord du navire demandant assistance à l'aide du fusil pneumatique :

- Il est possible de faire avec un seul tir de PLT pour envoyer en même temps soit :
 - Une vérine et deux hâles (aussi appelé messagers) de couleurs différentes. La hâle de couleur rouge est ici connectée à la pantoire (voir figure 30).
 - Deux vérines de couleurs différentes, avec celle en rouge connectée à la pantoire par un messenger.
- On peut également l'effectuer de deux tirs pour envoyer lors de chacun une vérine et un hâle.

Lorsqu'un tir est effectué pour la première possibilité évoquée juste au-dessus, Il est grandement possible qu'il existe un risque de croisement des deux hâles au moment de virer la vérine. Pour éviter cela, la vérine est hissée jusqu'à ce que les deux hâles soient

reçus en même temps en passant par le chaumard central. Ensuite, il faut démaniller l'un des deux messagers afin de faire passer la ligne en bleu par un des chaumards latéraux avant de les reconnecter ensemble avec une manille (souvent celle qui a été démanillée). Une fois que tout le système de va-et-vient est prêt, le remorqueur peut virer la partie du hâle bleu à son bord grâce à son cabestan (guindeau) pour faire monter la partie rouge avec la pantoire à bord de l'autre navire.

Lorsque la pantoire arrive à bord, il est important de la virer lentement afin de permettre de la positionner au niveau de la bitte choisi préalablement. Une fois à ce niveau, les bosses comme dans le cas pour le navire avec de l'énergie doivent être coupées. Il est ensuite possible d'utiliser un hâle, largué par le remorqueur, ou une aussière pour sécuriser la pantoire sur la bitte.

Il est possible aussi de graisser la pantoire pour limiter les effets de ragage. Ces efforts font référence à la friction ou à l'usure de câbles sur des surfaces rugueuse ou abrasives, comme dans notre exemple, la pantoire qui passe par les chaumards.

Le temps moyen nécessaire pour effectuer le passage de la remorque et la connexion est d'environ de 40-45 minutes (Second capitaine Abeille Liberté, 2023). Mais ce temps peut augmenter si les conditions météorologiques sont difficiles.

3.4 Caractéristiques dans le choix de la ligne

3.4.1 Élasticité / Élongation

La ligne de remorquage est donc, comme évoqué dans les parties précédentes, une partie clé pour la bonne sécurité du remorquage donc du remorqueur de haute mer. Cette ligne est sujet à de fortes charges dues aux forces de traction ou aux conditions environnementales (mer, temps, ...). L'élongation, par définition, correspond à la résistance d'un matériau sous l'effet d'une charge avant de casser (Eland Cables, 2023).

Lorsque la ligne de remorque est trop rigide, cela augmente la tension de la ligne et peut provoquer une rupture soudaine de celle-ci. En revanche, si la ligne de remorque est trop élastique, une grande quantité d'énergie appelé *snap back* peut se libérer de manière brusque lors de la rupture. Ce mouvement peut être très dangereux pour l'équipage se trouvant sur la plage arrière du remorqueur s'ils ne sont pas à l'abri mais aussi sur le navire remorqué.

Il est donc essentiel que la ligne de remorquage soit composée deux éléments qui permettent d'avoir à la fois une rigidité et une résistance aux charge dynamiques.

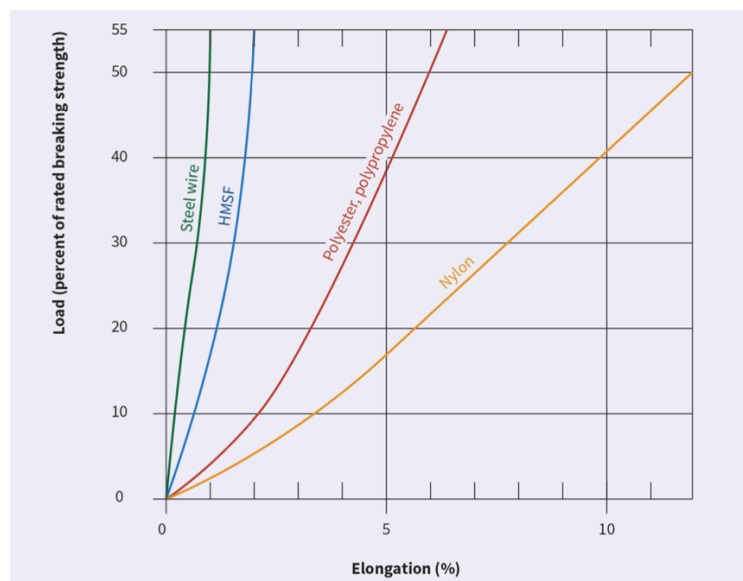


Figure 31 Charge de rupture des différents matériaux

Source : (Oil Companies International Marine Forum, 2020)

On remarque que les câbles en acier ont une élongation limitée d'environ de 2-3% et sont plus adapté aux tâches de traction. En revanche, les aussières synthétiques en nylon ou polyester qui ont une plus grande élongation, sont donc moins résistantes aux charges de traction (Oil Companies International Marine Forum, 2020).

Il convient donc de choisir les parties de la ligne de remorquages en fonction de leurs élongations spécifiques. Les parties en fibres synthétiques ont une élasticité plus importante qui permet d'absorber les chocs, mais leur résistance est limitée contrairement aux câbles d'acier. Et elles ont une usure plus importante.

En conclusion, la ligne de remorquage doit être assez résistante pour les tractions et permettre de supporter des chocs dynamiques et des charges induites par les vagues (Naval Sea Systems Command, 2002). C'est pourquoi, elle est composée d'une partie résistante aux tractions avec la remorque principale et d'une partie capable de supporter les charges avec le *spring*.

3.4.2 Poids (poids linéaire)

Le poids linéaire, mesuré en kilogramme par mètre (kg/m), est une caractéristique importante à prendre en compte lorsqu'on parle de la ligne de remorquage d'un remorqueur de haute mer.

En effet, cette ligne de remorquage est constituée de différents matériaux ayant des poids linéaires différents. Par exemple, les câbles métalliques sont plus lourds que les aussières synthétiques, ce qui a un impact sur la ligne de remorquage.

Lorsque la ligne de remorquage est en tension, elle prend une forme de caténaire, qui correspond à une forme de U, ou un affaissement dû au poids propre du câble de remorquage (TheNavalArch, 2020) (voir figure 32).

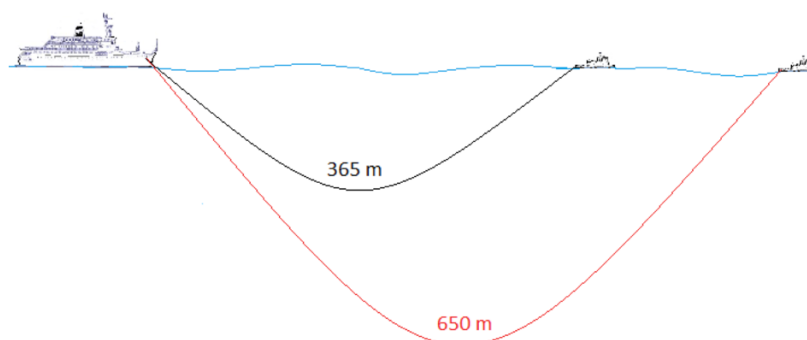


Figure 32 Affaissement câble de remorquage

Source : (The American Waterways Operators, 2023)

L'affaissement qui se produit en raison de son poids propre, permet à la ligne de supporter les variations de tension lors de l'interaction entre les deux navires (Naval Sea Systems Command, 2002). Cependant, le caténaire ne peut pas absorber complètement les variations de tension, ce qui rend l'aussière synthétique nécessaire.

Toutefois, un affaissement excessif de la ligne peut être dangereux lorsque la profondeur est insuffisante. En effet, la remorque peut entrer en contact avec le fond marin, ce qui peut provoquer une usure de la remorque. Ou pire, elle peut s'accrocher au fond. Cela représente un risque supplémentaire pour la sécurité du remorqueur et de son équipage.

Il est primordial de prêter attention au poids linéaire de la remorque afin qu'elle puisse supporter les tensions sans créer un caténaire excessif. C'est pour cela qu'il est important pour la sécurité du remorqueur de sélectionner une remorque avec un poids approprié. Il est également important de surveiller la ligne de remorquage durant l'opération pour s'assurer qu'elle ne s'affaisse pas sous son propre poids et qu'elle reste suffisamment tendue pour éviter tout risque.

3.4.3 La rupture de charge

La charge de rupture de la ligne de remorquage est une caractéristique importante à prendre en compte pour garantir la sécurité à bord des remorqueurs de haute mer. Elle correspond à la force maximale que la ligne peut supporter avant de se rompre et dépend des matériaux utilisés pour sa fabrication. Cette charge est généralement exprimée en tonnes. Ainsi, un câble de la remorque en acier aura une charge de rupture supérieur à celle d'une aussière synthétique.

En générale, la charge de rupture de la remorque est environ deux à trois fois supérieur au *bollard pull* (voir partie 1.2.2) du remorqueur. Cela signifie que la ligne de remorquage est capable de supporter une charge plus élevée que celle que peut générer le remorqueur lorsqu'il tracte un navire ou une unité flottante, qui représente la force maximale que peut exercer le remorqueur.

Il est donc primordial que l'équipage, en particulier les officiers à la passerelle, soit conscient de la charge de rupture de chaque composant de la remorque pour éviter de dépasser leur capacité. En effet, si la ligne est surchargée, elle risque de se rompre, entraînant des dommages au navire remorquant.

Il est ainsi essentiel de choisir une remorque avec une charge de rupture suffisante pour les besoins de l'opération de remorquage envisagée. De plus, les manilles utilisées pour connecter les différentes parties de la ligne doivent avoir une charge de cassure compatible avec l'ensemble de la ligne de remorquage.

Il convient également de noter que la charge de rupture peut être influencée par d'autres facteurs tels que la température, l'humidité, l'exposition (tels que le soleil, le sel, ...) et usure due aux utilisations passées. Par conséquent, il convient donc de surveiller régulièrement la ligne de remorquage pour s'assurer qu'elle est en bon état par les membres de l'équipage surtout pendant l'enroulement de la ligne principale.

Il est donc crucial de respecter la charge de rupture de chaque composant de ligne de remorquage pour garantir la sécurité du remorqueur et des opérations de remorquage en haute mer. Il est également essentiel de surveiller régulièrement la ligne de remorquage afin de minimiser les risques liés à l'usure qui pourraient réduire la charge de rupture.

3.4.3 Frottement / Dommage physique

Éviter les frottements de la ligne de remorquage est crucial pour éviter l'usure et donc assurer la sécurité à bord des remorqueurs de haute mer. Lorsque la ligne de remorquage frotte contre une surface rugueuse ou qu'elle est soumise à des tensions, friction interne résultant de ces tensions peut entraîner une augmentation de la température, en particulier pour les parties synthétiques de la ligne. Cela peut causer une usure prématurée de la ligne, réduisant ainsi sa capacité à supporter les différentes charges.

Les frottements accroissent également les risques de rupture de la ligne de remorquage, surtout lorsqu'elle est soumise à des forces de traction importantes. En cas de rupture de la ligne, cela peut avoir des conséquences graves pour la sécurité des navires impliqués dans l'opération de remorquage.

Il est donc important de prendre des mesures pour éviter toutes frictions de la ligne de remorquage. Plusieurs solutions peuvent être mises en œuvre, notamment la protection des câbles de remorquages contre tous frottements ou abrasions à l'aide de manchons de protection ou d'autres moyens de protection (International Maritime Organization, 1998) (voir figure 33).

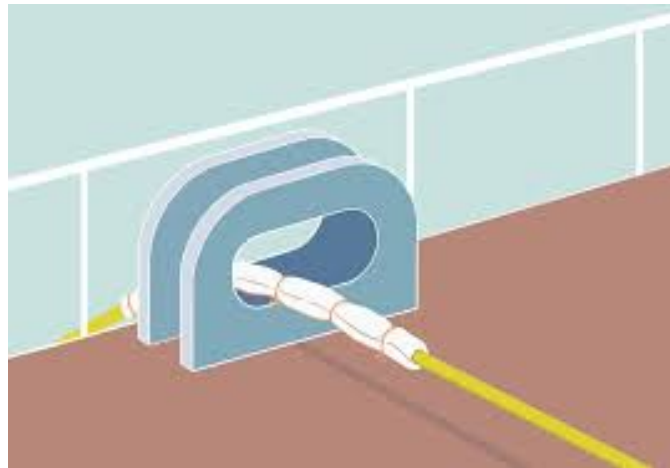


Figure 33 Manchon de protection

Source : (Oil Companies International Marine Forum, 2020)

Un autre moyen pour éviter ces frottements est d'assurer que les chaumards en acier soient propres, le plus lisse que possible et exempts rouille, puisque toute surface rugueuse accélère l'abrasion de la ligne (Oil Companies International Marine Forum, 2020). L'utilisation de lubrifiants peut permettre de réduire la friction entre les différentes parties, et il est essentiel d'ajuster régulièrement la longueur de la remorque pour éviter tout frottement excessif juste au même endroit pendant le remorquage (The Shipowners' Club, 2015).

En conclusion, la gestion des frictions de la ligne de remorquage est un facteur important à considérer pour la sécurité des équipages et des navires impliqués dans l'opération de remorquage en haute mer. Il est donc important d'utiliser des techniques appropriées pour éviter les frictions et de mettre en place des mesures de prévention pour éviter les risques de rupture de la ligne. L'utilisation de lubrifiant sur les chaumards ou les *fairlead* va permettre la préservation de l'état de cette ligne.

3.5 Sécurisation des extrémités de la ligne de remorquages

Les extrémités des lignes de remorquages sont aussi importantes pour la sécurité. En effet, ces parties sont soumises à une perte de résistance pour cause de l'interruption du câble ou lorsque la fin de la lignes formes une courbe.

Afin de minimiser la perte de résistance dus à l'interruption, un œillet dur à forte résistance est coulé au bout de la remorque, comme évoque dans la partie 3.1.4.

Cette partie n'est pas forcément testée car elle doit avoir une résistance supérieure à celle de la ligne de remorquage, ce qui est essentiel pour garantir la sécurité. Si cette extrémité est défaillante, cela veut dire que la ligne de remorquage subit aussi de fortes contraintes et qu'elle risque d'être endommagée même si les dommages ne se voient pas (Naval Sea Systems Command, 2002).

Pour les parties de la ligne de remorquage où on utilise ces parties pour faire un œillet donc une courbure. Il est important d'éviter de faire une courbe avec un rayon trop petit car cela entraine une perte de résistance à la charge. C'est pour cela, il existe un rapport entre taille de la connexion (extrémité) et le diamètre de la partie de la ligne de remorquage (D/d) ne doit pas être inférieur à 2 :1 pour éviter toute perte de charge de la remorque (Oil Companies International Marine Forum, 2020).

Il est également impératif d'utiliser des connexions d'extrémité qui ne sont pas des nœuds ou des épissures réalisées à la main, car leur résistance réelle est inconnue (China classification society, 2011).

Ainsi, il est crucial de bien vérifier toutes les extrémités de chaque partie de la ligne de remorquage à bord pour éviter toute défaillance qui pourrait mettre en danger le navire.

3.6 Inspection de la ligne de remorquage

L'inspection de la ligne de remorquage est essentielle pour la sécurité à bord des remorqueurs de haute mer. En effet, cette dernière est soumise à des contraintes

importantes, telles que des tensions ou encore des frictions, lors de l'opération de remorquage. Une défaillance de la ligne pourrait causer des dommages considérables pour les remorqueurs et pour les navires en difficultés. L'usure prématurée de la ligne avec le temps peut également entraîner des dégradations (Oil Companies International Marine Forum, 2020). C'est pourquoi les inspections de ces parties sont cruciales pour détecter les dommages avant qu'elles ne deviennent des problèmes de sécurité majeurs.

Lors de l'inspection de la ligne de remorquage, il n'existe pas de règles spécifiques disant que cette ligne doit être retirée pour cause de dommages. En effet, de nombreuses variables peuvent affecter la résistance de la ligne. Toutefois d'après le « DNV towing recommendation » (Rolf hilmar hansen, s. d.), la ligne de remorquage ne doit pas être utilisée si la corrosion ou les fils cassés dépassent dix pourcents de toute la ligne, ou s'il y a une présence d'écrasement visible ou de distorsion sur la ligne de remorquage.

La réalisation régulière des inspections permet de détecter toutes anomalies et ainsi que leurs évolutions dans le temps. Cela inclut des inspections visuelles et une surveillance continue des différents composants (Naval Sea Systems Command, 2002).

Ces inspections doivent être effectuées en fonction de l'historique de la ligne de remorquage par un représentant du fabricant de la ligne, ou soit par un personnel compétent à bord. C'est pour cela qu'il est recommandé de tenir un journal ou un registre de remorquage indiquant l'historique des services et des inspections effectués sur chaque câble et aussière servant de remorquages à bord (GL Noble Denton, 2018).

Le registre à bord doit inclure des informations suivantes, comme indiqué par « DNV towing recommendation » (Rolf hilmar hansen, s. d.):

- La date de mise en service du composant de la remorque.
- Les rapports d'inspection de chaque partie de la remorque.
- La date de renouvellements de chaque composant.
- Les rapports concernant les dommages subis par la ligne.

Il existe différents types d'inspection qui peuvent avoir lieu à bord d'un remorqueur de haute en ce qui concerne la ligne de remorquage. Tout d'abord, il y a l'inspection pendant le

déploiement et l'enroulement de la ligne. Pendant ces opérations, l'équipage doit inspecter visuellement pour détecter tout signes de détérioration ou de dommage pour permettre un bon déroulement et enroulement sur le treuil de remorquage (Oil Companies International Marine Forum, 2020). Cette inspection permet de repérer les endroits où la ligne est abimée et d'effectuer le cas échéant des inspections plus tard qui seront détaillées ultérieurement.

Par ailleurs, des inspections périodiques de la ligne de remorquage doivent être effectuées par un membre d'équipage compétent. Celles-ci doivent tenir compte des exigences légales, ainsi que du nombre d'opération effectuées par ces lignes. Le membre d'équipages doit inspecter, si possible, la longueur de la ligne utile. Ces inspections permettront de déterminer si la ligne peut être utilisée jusqu'à la prochaine inspection périodique. Le responsable de ces inspections à bord des remorqueurs de haute mer est la plupart du temps le second capitaine (Second capitaine Abeille Liberté, 2023).

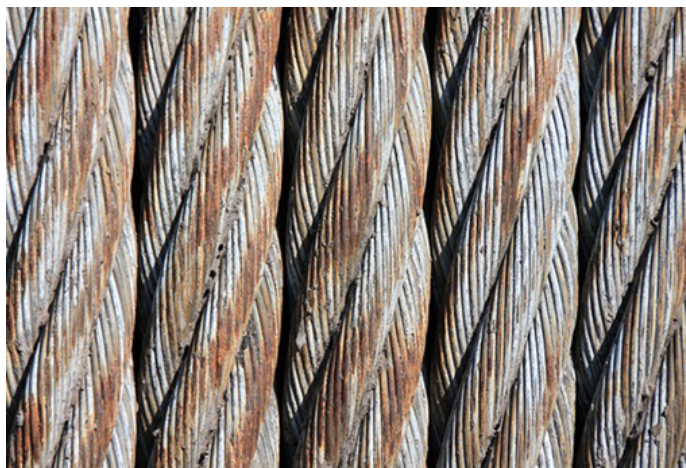


Figure 34 Pantoire rouillé

Source : (Ship 2 shore, s. d.)

Pour des inspections approfondies, il est recommandé de faire appel à un inspecteur extérieur pour examiner de manière inspection interne et externe la ligne de remorquage. Il doit accorder une attention particulière aux premières couches des câbles utilisés, aux zones aplaties, aux brins cassés ou à la forte corrosion à des endroits spécifiques de la remorque. L'inspecteur doit fournir à l'équipage et à la direction du remorqueur des informations sur les prochaines réparations nécessaires et recommandations à faire sur cette partie importante pour la sécurité.

Il est important de procéder également à une inspection également régulière des parties synthétiques de la ligne de remorquages pour garantir une utilisation sûre d'autant plus qu'elles s'usent plus rapidement que les parties en acier. Les lignes synthétiques doivent être légèrement détordues pour permettre l'inspection des brins intérieurs des aussières synthétiques (Voir figure 35). Si cet examen révèle des défauts susceptibles de compromettre la sécurité, il est important de retirer immédiatement cette aussière du service, puisque certains signes d'usure sur les lignes synthétiques peuvent avoir des conséquences importantes (Naval Sea Systems Command, 2002).



Figure 35 Inspection ligne synthétique

Source : (Mazzella companies, 2023)

En somme, les inspections régulières de la ligne de remorquage sont indispensables pour la sécurité des remorqueurs de haute mer. Elles permettent de repérer les problèmes avant qu'ils deviennent critiques, et de prendre les mesures nécessaires pour éviter tout risque. Ces inspections doivent être effectuées selon une fréquence régulière ou après chaque opération de remorquage afin de s'assurer que le prochain remorquage se déroule en toute sécurité (China classification society, 2011). D'après le second capitaine de l'Abeille Liberté (2023), les inspections se font quand la remorque est enroulée sur son treuil, car il est trop difficile de mettre en œuvre d'autre moment d'inspection, parce que pour enrouler et dérouler une ligne de remorque, il faut de la tension.

4. L'unité remorquée

4.1 Navigabilité de l'unité remorqué

La navigabilité d'un navire, également appelée *seaworthiness* en anglais, est un élément crucial de la sécurité en mer. Elle indique que le navire a été soumis à des tests et à plusieurs contrôles pour prouver que celui-ci peut naviguer en toute sécurité et sans encombre.

En d'autres termes, cela signifie que le navire est en état de fonctionnement, équipé de manière appropriée et entretenu conformément à la loi de l'amirauté (Ajay Menon, 2021).

Cette navigabilité est essentielle pour la sécurité de tous en mer, ainsi que pour l'environnement. Les règles SOLAS qui établissent des normes pour la construction, l'équipement et l'exploitation des navires afin de garantir leur navigabilité (SOLAS, 1974) (International Maritime Organization, 1974).

La navigabilité d'un navire remorqué diffère de celle d'un navire non remorqué. Pour une structure remorquée, il est essentiel qu'elle soit étanche, qu'elle présente une bonne condition structurelle et une stabilité suffisante (Naval Sea Systems Command, 2002).

Le propriétaire du navire remorqué doit garantir que celui-ci est en état pour être remorqué, afin de ne pas mettre en danger le remorqueur de haute mer qui va le prendre en remorque. La responsabilité de cette navigabilité du navire ou de la structure incombe donc au propriétaire, car celui-ci doit connaître l'état de son navire et les mesures nécessaires pour préparer l'opération de remorquage.

Cette obligation de fournir un navire en état de navigabilité ne se concentre pas que sur l'état structurel de la coque, mais également sur la préparation des équipements pour que le navire remorqué puisse affronter les conditions rencontrées pendant le remorquage (Marilyn Raia, 2009).

L'inspection de la remorque est essentielle pour déterminer si le navire devant être remorqué est *seaworthy* ou non. Cette inspection doit être effectuée par une partie compétente pour déterminer si le remorquage est possible (The Shipowners' Club, 2015). Elle est souvent

effectuée par le commandant du remorqueur, qui confirme que l'opération de remorquage peut être faite en toute sécurité pour son navire et pour son équipage.

Ces inspections comprennent la vérification du système d'ancrage disponible sur le navire remorqué en cas de problème pendant l'opération, ainsi il est également important de vérifier les tirants d'eau (il est généralement recommandé d'avoir un trim sur l'arrière pour le navire remorqué pour permettre une meilleure stabilité) et les tirants d'air de la remorque. Il faut s'assurer que le navire est étanche au niveau de la coque et que toutes les portes, écoutilles sont fermées.

Une liste de vérification (*checklist*) peut être utilisée pour s'assurer que le navire est en état de navigabilité pour être remorqué sans mettre en danger le remorqueur de haute mer.



Figure 36 Remorquage navire avec une bonne navigabilité

Source : (Alain Monot, 2013)

Dans certaines circonstances, le navire remorqué peut être dans un état de navigabilité incertain voire être très endommagé (voir figure 37). Dans de telles situations, le commandant du remorqueur de haute mer peut estimer en se basant sur une évaluation des risques, que le remorquage ne présente pas danger pour son navire (Naval Sea Systems Command, 2002).



Figure 37 Remorquage navire avec mauvaise navigabilité

Source : (PreMar, 2018)

Cependant, si le capitaine du remorqueur de haute mer juge que le risque est trop élevé, il doit prendre des mesures pour garantir la sécurité de son navire et de son équipage, même si cela implique de ne pas procéder à l'opération de remorquage.

Dans ce cas, le commandant doit informer les autorités compétentes qu'il ne peut pas prendre en charge le navire demandant assistance et expliquer les raisons de sa décision (Naval Sea Systems Command, 2002). Mais en général, le commandant du remorqueur de haute mer va toujours prendre la décision de porter secours pour sauver des vies en mer et pour éviter une catastrophe environnementale car ils ont une obligation de moyens mais pas de résultats (Second capitaine Abeille Liberté, 2023).

Dans le contexte de la sécurité à bord des remorqueurs de haute mer, la navigabilité du navire remorqué est un élément important à prendre en compte lors de la planification et de l'exécution des opérations de remorquages.

Des inspections avant le remorquage et des inspections régulières durant celui-ci doivent être effectuées pour s'assurer le navire remorqué est en mesure d'être tracté de manière sûre et efficace, sans compromettre la sécurité du remorqueur.

4.2 Smit towing bracket

Le *Smit Towing Bracket*, également connu sous le nom de *Smit bracket* (voir figure 38), est une structure principalement située à l'avant d'un navire dans l'axe longitudinal d'un chaumard central (Dequick, 2022). Cette structure spécifique fait partie du *emergency towing systems*, et permet de fixer solidement le câble de remorquage grâce à une chaîne de raguage (*Chafing chain*), elle-même attachée à une de ses extrémités au point fort en question (International Maritime Organization, 1994).

Le support de remorque *Smit Bracket* se compose de deux plaques verticales montées sur une base soudée au pont pour faire partie intégrante du navire (Gall Thomson, 2023). Une goupille fait le lien entre ces deux parties pour faire passer un maillon de la chaîne de raguage. Cet axe est équipé aussi d'une goupille de verrouillage qui empêche le mouvement l'axe principal maintenant la *chafing chain* pendant le remorquage.



Figure 38 Smit Towing Bracket

Source : (MEP, 2016)

Cette attache du câble de remorquage est conçue pour résister aux tractions exercées par le remorqueur de haute mer (China classification society, 2011). De plus, elle doit supporter les tractions dans différentes directions, plus ou moins 90° (Rolf hilmar hansen, s. d.). Cet élément est essentiel pour assurer une répartition optimale des forces de traction sur le pont du navire et éviter tout dommage ou déformation de la structure lors des opérations de remorquage. Conformément aux réglementations de l'Organisation Maritime International, la capacité de rupture du *Smit Towing Bracket* ne doit pas être inférieure au MBL (*Minimum*

Breaking Load) de la ligne de remorquage, tout comme les autres équipements servant à attacher la remorque à bord (International Maritime Organization, 1998).

Cependant, il est possible que certains navires soient équipés d'un *Towing Bracket* ayant une capacité de rupture inférieure au MBL de la ligne. Dans ce cas, le capitaine du navire doit informer le commandant du remorqueur de haute mer pour donner (établir) une recommandation sur la traction maximale que peut supporter son équipement pendant l'opération de remorquage. Cette précaution est cruciale pour la sécurité du remorqueur pour éviter tout dommage ou de rupture pendant l'opération (Rolf hilmar hansen, s. d.).

Le *Smit Towing Bracket* joue aussi un rôle crucial dans la sécurité du fait de remorquer en haute mer. En effet, grâce à cette structure permet une meilleure répartition des forces entre le navire remorqué et le remorqueur, limitant ainsi les risques de rupture ou de défaillance des équipements.

De plus, cet élément doit permettre une déconnexion rapide de la remorque en cas d'urgence, ce qui est essentiel pour la sécurité des navires impliqués (OCIMF, 2018). La conception simple du *smit bracket* permet la déconnexion rapide en cas d'urgence pour rompre le lien entre les deux navires en cas de problème (Gall Thomson, 2023).

Cette méthode de déconnexion rapide est simple, consiste à retirer la goupille de sécurité de l'axe principal et de frapper le *Striking Bar*, à bâbord ou à tribord dépendant la conception de cet équipement (Naval Sea Systems Command, 2002).

De même, cette structure permet également une connexion rapide de la remorque à la chaîne de ravalement du navire, pour que la connexion entre les deux navires se passe le plus rapidement possible. Ce qui est important pour éviter que le remorqueur manœuvre longtemps à côté du navire donc de réduire le risque d'éviter une collision, et de garantir la sécurité des opérations de remorquage.

Néanmoins, il est important de prendre des précautions de sécurité lors de la déconnexion de la remorque, surtout si la chaîne de ravalement est sous tension, car une grande quantité d'énergie est stockée à l'endroit du *Smit Towing Bracket*. Si cette énergie est libérée brusquement, cela peut blesser les personnes se trouvant à proximité et causer des

dommages à la structure du navire, y compris à bord du remorqueur en raison de l'effet de fouet de la ligne de remorquage.

Il convient de souligner que le *Smit Towing Bracket* est assujéti à des exigences de conception, conformément avec les réglementations de l'IMO. Pour s'assurer que ces structures sont capables de remplir leurs fonctions de manière sécurisée, il est nécessaire de procéder régulièrement à des inspections comme c'est le cas pour tous les autres équipements liés avec les opérations de remorquage. Les inspections sont généralement effectuées à l'aide de essais non destructifs (*Non Destructive Test* - NDT) ou par des contrôles qui utilisent les particules magnétiques (*Magnetic Particles Inspections* - MPI) (OCIMF, 2018).

En somme, le *Smit Towing Bracket* est un élément crucial pour la sécurité des opérations, garantissant la sécurité des navires remorqueurs et remorqués. Mais l'inconvénient est que bien que le *smit bracket* soit désormais toujours présent sur des navires récents et des navires citerne, mais la plupart des navires qui demandent un remorquage sont des navires anciens pas forcément en bon états donc ils ne sont pas équipés de ce système (Second capitaine Abeille Liberté, 2023).

4.3 Les chaumards

Les chaumards pour le remorquage, également connus sous le nom de *panama chocks* sont utilisés pour guider la ligne de remorquage entre le point de connexion à bord du navire remorqué et le remorqueur de haute mer. Ils permettent à la ligne de passer à travers les pavois du navire (Jan Babicz, 2015).

Ce type de chaumard est conçue pour le remorquage et il est accepté par les sociétés de classification (Boo marine, s. d.). La dimension recommandée pour les chaumards de 600mm x 300mm de largeur et hauteur (Oil Companies International Marine Forum, 2020).

Les chaumards doivent être suffisamment grands pour permettre le passage de la partie la plus large de la ligne de remorquage ou celle de la chaîne de ragoage, tout en limitant les frottements et les contraintes (International Maritime Organization, 1998). C'est pourquoi la

chaîne est souvent utilisée pour limiter les frottements de la ligne de remorquage (Rolf Hilmar Hansen, s. d.).

Il est également important que la surface du *panama chock* soit la plus lisse possible, sans aspérités métalliques ou rouille qui pourraient endommager les parties en contact avec l'équipement et réduire leurs résistances à la traction.

En outre, il est important que ces chaumards soient fermés pour éviter que la remorque ne saute d'un chaumard ouvert, ce qui pourrait entraîner des dommages sur le navire remorqué lors des mouvements de la remorque.

Les chaumards jouent un rôle crucial dans les opérations de remorquage en permettant de diriger la charge de remorque dans différentes directions sans déplacer le point de fixation de la ligne de remorquage.

Mais aussi en répartissant les forces sur une plus grande surface, ce qui réduit les risques de défaillance de la ligne. Ils garantissent également la sécurité en évitant que la ligne de remorquage n'endommage la structure du navire remorqué.

Cependant, pour assurer leur fonctionnement en toute sécurité, les chaumards doivent être régulièrement inspectés pour détecter l'usure, la corrosion et les éventuelles ruptures de soudure et de structure. Ces inspections permettent de garantir que les chaumards sont en bon état et qu'ils peuvent remplir leur fonction de manière sûre (The Shipowners' Club, 2015).

Il est également important de souligner que ces équipements doivent être utilisés conjointement avec d'autre équipement de remorquage, tels qu'un point fixe par exemple un *Smit Towing Bracket*, pour garantir des opérations de remorquages en toute sécurité pour le remorqueur de haute mer.

En résumé, les chaumards sont des éléments cruciaux et doivent être entretenus et utilisés avec précaution pour garantir leur fonctionnement efficace.

4.4 Emplacement et géométrie des équipements

L'emplacement et la géométrie des équipements tels que le *Smit Towing Bracket* et les chaumards à bord du navire remorqué sont d'une importance cruciale pour garantir la sécurité du remorqueur de haute mer lors des opérations de remorquage.

Il est essentiel que le point fixe où la ligne de remorquage est attachée soit positionné de manière stratégique afin d'éviter tout risque d'endommagement du navire remorqué. Le *Smit Towing bracket*, par exemple, est généralement installé au niveau de la proue du navire, même si sur certains navires, on retrouve en plus la même installation à l'arrière. Ces équipements sont renforcés à leur base pour permettre une transmission uniforme de la charge de traction à la structure du navire, comme précisé dans la partie 4.2.

Quant aux chaumards, leur géométrie doit comporter une courbure de 90° des deux côtés bâbord et tribord, ainsi qu'un angle minimum de 30° vers le bas (International Maritime Organization, 1994). De plus, leur forme ronde avec un grand rayon permet d'éviter de plier l'engin de remorquage, ce qui réduit les risques de rupture.

Les chaumards doivent être situés aussi près que possible du pont, de manière que la ligne de remorquage soit presque parallèle au pont lorsqu'elle est sous tension. Les chaumards centraux et les points forts doivent être correctement alignés, ou avec un petit angle, et à une distance minimale de quatre mètres l'un de l'autre (Naval Sea Systems Command, 2002). Si cette distance est inférieure à quatre mètres, ce qui est généralement le cas pour les navires de moins de 50 000 DWT (*deadweight tonnage*), il est important de prévenir le commandant du remorqueur.

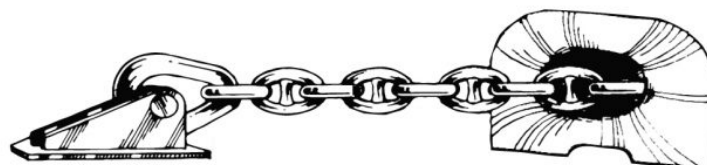


Figure 39 Géométrie des équipements

Source : (Anchor marine, 2023)

Donc, l'emplacement et la géométrie des équipements à bord du navire remorqué sont des facteurs critique pour assurer la sécurité des opérations de remorquage. Une installation correcte permet de minimiser les risques de défaillance et garantir la sécurité des équipages et du remorqueur.

4.5 Autres exigences pour la sécurité

Les feux de navigation et les signaux sonores sont des exigences primordiales pour les structures remorquées. Ils jouent un rôle important dans la sécurité de la navigation, en particulier lors des opérations de remorquage, ainsi que pour la sécurité du remorqueur de haute mer en évitant qu'un navire passe entre les navires d'un convoi de remorquages, ce qui pourrait provoquer une rupture totale de la ligne.

Conformément aux réglementations de la convention internationale pour la prévention des abordages en mer de 1972 (IMO, 1972), les navires ou objets remorqués doivent être équipés d'un ensemble de feux de côté bâbord et tribord, ainsi qu'un feu de poupe blanc visible à l'arrière du remorqué (voir figure 40).

Pendant la journée, si le train de remorquage dépasse les 200 mètres, le navire remorqué doit avoir une marque biconique à l'endroit le plus visible, comme mentionné dans la partie 2.1.2 (voir figure 12). En cas de visibilité réduite, le navire doit émettre des sons spécifiques pour indiquer son état et signaler sa présence (voir 2.1.2).



Figure 40 Feux Bâbord d'un navire remorqué

Source : (SailingIssues.com, 2023)

De plus, il est primordial que ces feux de navigation et les signaux sonore fonctionnent correctement pendant toute la durée du voyage. Ils doivent être conformes aux normes de dimension imposées par l'Organisation Maritime Internationale et être régulièrement

entretenus pour garantir leur fonctionnement optimal. Par conséquent, il est recommandé d'avoir un système de feux double à bord des navires, comme le stipule les *Guidelines for safe ocean towing* (International Maritime Organization, 1998).

Pour que le remorquage se déroule en toute sécurité, il est conseillé que le gouvernail du navire remorqué soit maintenu aussi droit que possible. En effet, la stabilité directionnelle de la remorque dépend en grande partie de l'angle du gouvernail. Si celui-ci n'est pas droit, cela peut entraîner une perte de contrôle de la direction et une instabilité qui mettrait en danger l'ensemble du convoi de remorquage, ainsi que la sécurité du remorqueur de haute mer.

Le gouvernail peut être utilisé pour aider par exemple le convoi à tourner sur l'ordre du commandant du remorqueur de haute mer, mais cela doit être fait avec soin et attention pour éviter que le navire remorqué se retrouve en travers.

En plus, du fait que le gouvernail doit être dans la position *amidships*, il est important de prendre des mesures pour éviter que l'arbre d'hélice ne tourne pendant les opérations. Cette précaution est mentionnée dans les réglementations de l'IMO (1998).

L'ancre est un équipement de sécurité indispensable à bord de tout navire, notamment en cas d'urgence où il est essentiel que l'équipage puisse réagir rapidement et efficacement, par exemple lorsqu'un câble de remorquage se brise (Rolf hilmar hansen, s. d.). Cependant, si l'ancre est mal gréée ou difficile à libérer, cela peut mettre en danger la sécurité du navire et de son équipage. C'est pourquoi, il est recommandé que l'ancre soit gréée de manière à pouvoir être rapidement et facilement libérée en cas d'urgence.

Il est également crucial de maintenir l'ancre en bon état de fonctionnement. Les équipements d'ancrage doivent régulièrement inspectés et lubrifiés pour éviter la corrosion et garantir que l'ancre est prête à être utilisée en cas de besoin.

En somme, toutes ces exigences sont des éléments importants pour la sécurité du convoi de remorquage et celle du remorqueur de haute mer.

5. La communication

5.1 Communication entre le remorqueur et le navire remorqué

La communication entre le remorqueur de haute mer et le navire remorqué est un élément essentiel pour la sécurité des différentes manœuvres de remorquage en mer. La réussite du remorquage dépend en grande partie d'une communication fluide entre les deux navires, notamment entre le responsable des opérations sur l'objet remorqué et l'équipage du remorqueur. Ces communications s'établissent principalement par radio, mais peuvent également se faire par des signaux sonores et par des signaux lumineux (Boris K.Towns, 2007).

Dans un premier temps, avant l'arrivée du remorqueur sur les lieux, la communication permet d'obtenir des informations sur les caractéristiques du navire nécessitant assistance, telles que ses dimensions, ainsi que sur la nature de la situation d'urgence (CAO KUNQUAN, 2016).

Ces informations vont permettre à l'équipage du remorqueur de haute mer, sous la supervision finale du commandant, de prendre les décisions appropriées pour élaborer un plan de remorquage préliminaire et engager les préparatifs nécessaires sur les deux navires.

Cette première communication doit également permettre de décider les méthodes de communication principales et secondaires donc celle de secours pour le déroulement de toute l'opération (Boris K.Towns, 2007). C'est-à-dire, qu'il faut que l'équipage de la passerelle du remorqueur de haute mer décide des canaux de communication à utiliser pendant tout le déroulement, un canal VHF par exemple, afin d'assurer une communication efficace et sans interruption entre le remorqueur et le navire remorqué (CAO KUNQUAN, 2016).

L'absence d'une communication efficace est régulièrement à l'origine d'accidents. Par conséquent, il est important que chaque partie soit informée à chaque étape de la connexion et pendant le remorquage afin de garantir des opérations sécurisées. Si, par exemple, le remorqueur ne peut pas communiquer correctement avec les structures remorquées, cela pourrait entraîner des situations dangereuses pour les navires.

Il est également important de souligner que la communication ne doit pas se limiter à la transmission d'information techniques, telles que le capelage de la remorque. Elles peuvent également être utile pour échanger des informations sur les conditions environnementales et des obstacles potentiels pour le convoi.

Ces différentes communications doivent être établies selon un calendrier prédéfini ou à des intervalles rapprochés pour garantir le bon déroulement de l'ensemble du processus.

Pendant les opérations de connexion de la remorque entre les deux navires, les communications sont généralement assurées par le lieutenant à bord. Il est chargé de s'occupe tout d'abord des communications entre la passerelle (pendant que le commandant effectue les manœuvres pour s'approcher du navire en détresse), et le navire en question.

De plus, il joue un rôle crucial en assurant les communications avec les autres navires se trouvant à proximité. Ces communications permettent d'éviter toute perturbation des opérations en cours, mais aussi pendant le remorquage pour empêcher l'approche d'autres navires. En effet, dans certains convois de remorquage, les mouvements du train de remorque peuvent être imprévisibles.

Ce même officier, assure le lien entre les personnes situées sur la plage arrière du remorqueur de haute mer et l'équipage positionné sur la proue, facilitant ainsi le bon déroulement du passage de la remorque.

Il est primordial que les équipements de communication utilisés par navires impliqués soient conforme aux exigences des normes de l'Organisation Maritime International afin de garantir un bon déroulement des communication (The Shipowners' Club, 2015).

De plus, pour assurer leur bon fonctionnement, ces équipements doivent faire l'objet d'une vérification approfondie et de tests de bon fonctionnement réguliers.

Les communications entre le remorqueur de haute mer et le navire en danger ne se limitent pas uniquement au capelage de la remorque et à la durée du remorquage. Elles révèlent également importante capitale lors de la phase de désengagement de la remorque, qui est une opération particulièrement dangereuse. Il est donc essentiel que les responsables sur

chaque navire communiquent de manière appropriée afin de procéder à la déconnexion en toute sécurité. Puisque durant cette déconnexion, une charge importante est souvent présente, ce qui accentue les risques potentiels.

En somme, une communication efficace entre le remorqueur de haute mer et le navire remorqué est primordial pour garantir la sécurité à bord des navires impliqués, y compris celle du navire remorquant, ainsi que pour garantir le succès du remorquage. Il est donc impératif que les personnes responsables communiquent de manière claire et concise, afin d'éviter les malentendus et les erreurs potentiellement dangereuses. C'est l'élément le plus important pour la sécurité, employer une conversation simple et précise (Second capitaine Abeille Liberté, 2023).

5.2 Communication entre l'équipage du remorqueur de haute mer

La communication entre l'équipage à bord des remorqueurs de haute mer est capitale. Les membres d'équipages doivent être en mesure de communiquer efficacement entre eux pour assurer la sécurité de l'ensemble des opérations de remorquages.

La communication directe entre la zone de travail située de la plage arrière et la passerelle est une exigence incontournable (Naval Sea Systems Command, 2002). Le personnel travaillant sur le pont de manœuvre, sous la supervision du second capitaine, doit être en mesure de communiquer avec la passerelle pour signaler tout problème et tout changement, comme par exemple l'endommagement d'une partie de la ligne de remorquage.

De même, il est primordial que la passerelle soit en mesure de communiquer avec le personnel présent sur le pont arrière pour les avertir de tout danger, tels que des vagues s'abattant sur la plage arrière.

La communication fluide et continue entre ces deux points clés du remorqueur de haute mer permet de maintenir un niveau de vigilance et de réactivité face aux diverses situations qui peuvent se présenter.

La communication est également importante entre le commandant et le chef mécanicien. Pendant les opérations de remorquage, le chef mécanicien est responsable de régler la longueur de la remorque et le frein du treuil de remorque, tandis que le commandant va manœuvrer pour ajuster la distance et la vitesse entre les deux navires. Donc une bonne communication entre ces deux responsables est cruciale pour assurer un réglage adéquat de la remorque et une tension conforme aux attentes du commandant, afin de prévenir de tout risque.

Une communication efficace entre l'équipage sur le pont arrière révèle également une importance capitale pour éviter des erreurs dangereuses. Les membres de l'équipe de la plage arrière doivent être en mesure de communiquer rapidement et efficacement, sous les directives du bosco et la supervision du second capitaine, pour éviter toute confusion et tout malentendu qui pourrait compromettre leur sécurité.

Il est important de souligner que comme pour la communication entre les navires évoquée dans la parties précédente, l'absence de communication est souvent à l'origine d'accident. C'est pour cela que les membres d'équipages soient formés à une communication efficace entre eux, favorisant la clarté et la rapidité des échanges, afin de prévenir les erreurs et les accidents potentiellement dangereux.

6. Points d'attention pour des développements futurs

6.1 l'importance que chacun remplisse son rôle

Pour garantir une sécurité soit maximale, il est primordial que chaque membre à bord du remorqueur de haute mer connaisse parfaitement son rôle. Chacun doit être conscient de ses responsabilités et des tâches qui lui incombent afin de garantir une sécurité optimale et le bon déroulement des opérations de remorquage.

À bord d'un remorqueur de haute mer, l'équipage de base est composé de 12 personnes, dont 5 officiers. Parmi ces officiers, on compte 3 officiers pont (le commandant, second capitaine et lieutenant) et 2 officiers à la machine (le chef mécanicien et second-mécanicien).

Tout d'abord, le commandant occupe une position centrale à la passerelle du remorqueur de haute mer, étant responsable non seulement de son propre navire, mais également des opérations et du convoi de remorquage. Il doit exercer une autorité claire sur les supervisions du bon déroulement de la procédure, veillant à ce que tous les membres d'équipages impliqués dans l'opération de remorquage aient suivi les formations requises et les entraînements spécifiques. De plus, il est aussi responsable de briefier sur l'évaluation des risques que peut porter cette opération et de communiquer les consignes de sécurité appropriées. Il assure également la coordination avec le navire remorqué et transmet des instructions au second capitaine, situé sur le pont arrière du remorqueur de haute mer, ou à tout autre membre d'équipage responsable de cette zone.

Ensuite, le rôle du second capitaine est d'une importance capitale pour la sécurité du remorqueur de haute mer et des opérations de remorquage. Il assume la responsabilité de la sécurité à bord, notamment en veillant à la gestion des incendies. De plus, il est chargé d'assurer la sécurité des opérations en veillant à ce que chaque membre d'équipage porte les équipements de protection individuelle (EPI) nécessaires.

Il est essentiel que le second capitaine, situé sur le pont arrière, veille à ce que chaque membre d'équipage se trouve au bon endroit pendant les opérations afin d'éviter tout

accident. Il doit surveiller l'environnement de la plage arrière et s'assurer que les personnes sont correctement positionnées, en les incitant à se mettre à l'abri en cas d'arrivée d'une vague. Il doit également effectuer des contrôles préalables aux opérations pour vérifier l'état des outils, des manilles, des aussières synthétiques et des câbles en collaboration avec le bosco.

Pour garantir une sécurité maximale sur la plage arrière, le second capitaine doit maintenir une communication constante avec la passerelle. Il reçoit les ordres et les instructions du commandant et rend compte de chaque étape effectuée sur le pont via des liaisons radio UHF (Ultra high Frequency). Bien que les officiers situés en haut puissent observer ce qui se passe en bas, cette communication continue est essentielle.

Cependant, il est recommandé, dans le souci d'une sécurité optimale lors des opérations de remorquage, que le second capitaine soit embarqué à bord du navire en détresse, soit par le biais d'un bateau de sauvetage rapide, soit par hélitreuillage. En effet, le second capitaine est un expert du remorquage en haute mer, contrairement à l'équipage du navire en détresse. Souvent, si le second capitaine ou un autre membre d'équipage n'est pas à bord de l'autre navire, la ligne de remorquage est mal capelée à un point fort ou une mauvaise partie de la ligne de remorquage est attachée (selon le témoignage du second capitaine de l'Abeille, il est fréquent que les hâles soient amarrés au lieu de la pantoire).

C'est pourquoi il est préférable que le second capitaine du remorqueur de haute mer soit à bord du navire en détresse pour assurer un bon déroulement du passage de la remorque. Il peut décider de la manière dont la ligne de remorquage sera capelée, quel point fort sera utilisé pour éviter une rupture, et assurer la communication entre les deux navires, garantissant ainsi que toutes les opérations se déroulent en toute sécurité.

Le rôle du lieutenant à bord du remorqueur de haute mer est également crucial pour assurer la sécurité. Situé à la passerelle, il apporte son soutien au commandant en cas de besoin et est chargé des liaisons radios VHF avec le navire remorqué et des liaisons UHF avec l'équipe du pont arrière.

Le lieutenant est responsable de la bonne répartition des feux de navigation lors du passage de la remorque et du remorquage, ainsi que des marques de jour à utiliser. Il assure également une veille VHF rigoureuse pour empêcher tout navire de s'approcher dangereusement. De plus, il est chargé de la documentation administrative, en remplissant le *time-sheet* et le *record book* pour consigner tous les détails de l'opération.

En l'absence du second capitaine qui serait à bord du navire en détresse, le lieutenant prend sa place sur la plage arrière du remorqueur de haute mer. Il veille alors à la sécurité de chaque membre d'équipage et à leur bon positionnement.

Ensuite, le chef mécanicien à bord d'un remorqueur de haute mer joue un rôle crucial dans la sécurité des opérations de passage de remorque et de remorquage. Pendant ces opérations, il se trouve à la passerelle, aux côtés du commandant, travaillant en étroite collaboration avec lui. Sa responsabilité principale est de gérer la longueur et la tension de la ligne en utilisant le treuil de remorque et son frein. Dans un souci de bon déroulement et de sécurité, il doit travailler en étroite collaboration avec le commandant pour éviter une tension excessive et empêcher la remorque de balayer excessivement la plage arrière du remorqueur de haute mer.

Quant au second mécanicien, il est chargé du bon fonctionnement de la salle des machines. Il surveille attentivement toutes les opérations pour s'assurer que tout se déroule correctement. Il se trouve également dans la salle du treuil de remorquage, vérifiant le bon déroulement de la remorque et le bon fonctionnement du frein. Il doit accorder une attention particulière lorsque la remorque principale s'enroule correctement afin d'éviter toute détérioration.

Il est également essentiel que le bosco (responsable des membres d'équipage) et son équipe connaissent leur rôle lors des opérations de connexion de la remorque. Ils sont chargés de connecter les aussières et les manilles, ainsi que tout autre gréement nécessaire pour préparer une remorque d'urgence qui doit être identifiée et préparée sur le pont. Ils doivent exécuter toutes les actions en respectant les recommandations et les ordres donnés par le second capitaine et le bosco. Le bosco a pour mission de contrôler chaque étape de l'opération afin de s'assurer que tout le travail a été correctement effectué. Il doit également

coordonner l'équipage et prendre des décisions et des directives claires. De plus, il doit être prêt à intervenir rapidement en cas d'urgence ou de situations dangereuses.

Il est crucial que chaque membre d'équipage situé sur la plage arrière du remorqueur de haute mer soit bien informé de ses tâches et compétent pour les exécuter correctement. La compétence du personnel est un élément essentiel pour assurer la sécurité. Ainsi, chaque membre de l'équipe doit être formé et qualifié pour effectuer ses tâches de manières sûres et efficaces. Cela comprend la connaissance des procédures de sécurité, des équipements de remorquage et des techniques appropriées pour chaque situation. Il est donc crucial pour la sécurité que chaque membre bénéficie d'une formation régulière et de mises à jour afin de maintenir un haut niveau de compétence et de sécurité au sein de l'équipage.

Chaque membre à bord d'un remorqueur de haute mer a des responsabilités spécifiques qui doivent être pleinement assumées, que ce soit le commandant ou un matelot chargé de connecter les parties de la remorque.

De plus, le commandant, avec le soutien du second capitaine, joue un rôle essentiel en assurant un *briefing* de sécurité complet à la passerelle avant chaque manœuvre. Cette réunion préparatoire permet de communiquer les objectifs, les procédures et les précautions liées à l'opération à venir. Elle garantit que chaque membre de l'équipage comprenne clairement les tâches qui lui incombent et les mesures de sécurité à respecter pour un déroulement sans risques.

Ensuite, il est primordial que chaque membre d'équipage connaisse son rôle prédéfini pendant les opérations de remorquage. Chaque personne doit être compétente et diligente dans l'exécution de ses tâches afin de maintenir un niveau de sécurité optimal.

Ainsi, en mettant en pratique le rôle de chacun à bord, l'équipage peut garantir une sécurité maximale pour leur navire ainsi que pour l'opération de remorquage, protégeant ainsi non seulement les navires impliqués, mais aussi les personnes à bord.

6.2 Sécurité plus importante à bord des nouveaux remorqueurs de haute mer

L'évolution des remorqueurs de haute mer vers des navires plus grands, tels que le nouveau remorqueur Abeille Normandie de la société des Abeilles Econocom, dotés d'une plus grande puissance, a considérablement augmenté les capacités de remorquage. Cela permet d'offrir une assistance plus efficace aux navires en détresse de plus grande taille. Cependant, ce nouveau design de remorqueur de plus grande taille a également un impact significatif sur la sécurité du personnel se trouvant sur la plage arrière des remorqueurs de haute mer.



Figure 41 Abeille Normandie

Source : (Abeilles international, 2022)

Tout d'abord, les nouveaux remorqueurs de haute mer de plus grande dimension offrent une meilleure protection pour l'équipage lors des opérations de remorquage. Leur *Bulkward* ou rempart, plus élevé sur ces nouveaux navires, constitue une barrière physique supplémentaire qui assure une meilleure sécurité pour les membres du pont lors des mouvements de la ligne de remorquage. Cette caractéristique réduit considérablement les risques d'accidents et crée un environnement de travail plus sûr.

De plus, la dimension supérieure des remparts sur ces remorqueurs de haute mer offre une meilleure protection contre les vagues, ce qui réduit les effets de celles-ci sur le pont arrière où se trouve l'équipage en charge de la manipulation et de la mise en place de la ligne de

remorquage. Cela garantit une sécurité accrue pour les membres de l'équipage qui peuvent se concentrer davantage sur leurs rôles et leurs tâches, même dans des conditions météorologiques défavorables.

En outre, les nouveaux remorqueurs de haute mer offrent également plus d'espace aux membres de l'équipage pour se mettre à l'abri lorsqu'une vague déferle sur l'arrière du navire. Les zones de sécurité élargies permettent de trouver rapidement un refuge approprié et réduisent ainsi les risques d'accidents ou de blessures.

Ces améliorations notables sur les nouveaux remorqueurs de haute mer présentent de nombreux avantages en termes de capacités de remorquage et de sécurité du personnel sur la plage arrière lors des opérations de remorquage. Cependant, étant donné la relative nouveauté de ces navires en matière de remorquage, il est difficile de conclure que la sécurité globale sur les nouveaux remorqueurs de haute mer est meilleure que sur les anciens modèles tels que l'Abeille Liberté (figure 5).

6.3 Utilisation de Dyneema pour une meilleure sécurité

La plupart du temps, les pantoires utilisées sont en acier, mais elles présentent de nombreux inconvénients. C'est pourquoi il serait conseillé d'utiliser plutôt des pantoires en Dyneema pour renforcer la sécurité des remorqueurs en haute mer et des opérations de remorquage. Le Dyneema, un matériau synthétique extrêmement résistant, présente plusieurs avantages qui en font un choix idéal pour les applications soumises à de fortes charges, telles que le remorquage en haute mer.

Tout d'abord, le Dyneema offre une résistance à la traction exceptionnelle. Par exemple, pour une pantoire de même diamètre, le Dyneema est environ 10 à 15 fois plus résistant que l'acier. Cela signifie que les pantoires en Dyneema peuvent supporter des charges considérables sans compromettre leur intégrité structurelle. Cette résistance élevée permet d'effectuer des opérations de remorquage en toute sécurité, même dans des conditions difficiles.

De plus, le Dyneema présente un autre avantage majeur, c'est une fibre synthétique qui flotte et n'absorbe pas l'eau. Cela facilite grandement la manipulation des pantoires, car elles restent légères et faciles à manipuler, même lorsqu'elles sont mouillées. De plus, le Dyneema ne perd pas de résistance lorsqu'il est mouillé, garantissant ainsi des performances constantes et fiables.

Utiliser ce type de pantoire présenterait donc de nombreux avantages compte tenu de ces caractéristiques. Les pantoires en Dyneema permettraient de réduire considérablement le temps de manœuvre lors des opérations de connexion en raison de leur légèreté et de leur flottabilité. Par exemple, pour une opération de remorquage d'un navire à la dérive, le système de va-et-vient avec une pantoire en acier prendrait généralement de 40 à 45 minutes pour atteler la ligne. En revanche, avec des pantoires en Dyneema, grâce à leurs caractéristiques, l'attelage pourrait être effectué en moins de 20 minutes, car il est facile de les monter à bord à la main sans utiliser de treuil. Cette réduction du temps d'attelage permet d'améliorer la sécurité, car il est plus rapide d'amener le navire en détresse en lieu sûr ou de l'éloigner rapidement d'un danger potentiel.

En conclusion, il est recommandé d'utiliser des pantoires en Dyneema pour tous les remorquages en haute mer en raison des nombreux avantages qu'elles offrent pour améliorer la sécurité des remorqueurs et des opérations. Avec leur résistance élevée à la charge de rupture, leur flottabilité et leur légèreté, elles offrent une solution fiable et performante. Cependant, ce type de pantoire présente certains inconvénients, notamment une faible élasticité, même moins que celle en acier. Lorsqu'une pantoire en Dyneema se rompt, elle se casse directement sans prévenir, contrairement aux câbles en acier qui s'étirent légèrement avant de rompre, ce qui permet de détecter une déformation avant la rupture. De plus, le prix est un inconvénient majeur, car le Dyneema est plus coûteux que l'acier, ce qui rend difficile son utilisation pour chaque remorquage. Ce choix vise à optimiser la sécurité et l'efficacité des remorqueurs en haute mer.



Figure 42 Pantoire dyneema

Source : (Dynamica ropes, 2023)

6.4 Procédures de sécurité générales pour les opérations

Avec des risques élevés et des enjeux importants en termes de sécurité, il est crucial de mettre en place des mesures de sécurité générales efficaces dans les opérations de remorquages en haute mer. L'objectif de cette partie est de faire une procédure de sécurité générales qui pourrait être faites sur chaque remorqueur de haute mer afin de protéger le personnel et les navires incluse dans les opérations. La mise en place de ces procédures de sécurité générales constitue une étape incontournable pour prévenir les incidents et garantir la sécurité de tous les acteurs impliqués dans le processus de remorquage de haute mer.

Procédures de sécurité générales pour les opérations :

- Inspection et entretien des équipements : Il est impératif de vérifier les équipements de remorquage sont en bon état de fonctionnement afin de garantir une sécurité des opérations.
- Établissement d'un plan de remorquage : Le commandant du remorqueur doit élaborer un plan de remorquage détaillé pour assurer un déroulement optimal. Cela inclut également la décision des moyens de communication approprié.
- *Briefing* de sécurité : Tous les membres d'équipages doivent participer à un briefing de sécurité pour être informés de leurs tâches et des mesures de sécurité liées à l'opération en cours.

- EPI : Chaque membres d'équipage doit être équipé d'équipement de protections individuelle, notamment de casques, des chaussures de sécurité et surtout d'un *life-jacket*.
- Capelage de la ligne : il faut vérifier que le capelage de la ligne est correctement effectué pour éviter toute casse ou détachement. Et faire un remorquage efficace.
- Libération de la plage arrière : L'équipage doit maintenir une distance sécurisée par rapport aux câbles sous tension afin de prévenir les accidents. Si un membre de l'équipage doit se trouver sur la plage arrière, il doit se tenir à l'écart de zone de *Snap-Back*.
- Communication continue : Une communication constante doit être maintenue entre le navire remorqueur et le navire remorqué. Et aussi une communication fluide entre l'équipe à la passerelle et celle sur la plage arrière.
- Communication claire : Il faut éviter tout malentendu pendant les opérations, pour permettre un bon déroulement.
- Vérifier de la tension : il est important de vérifier tout le temps les tensions enregistrées pour permettre soit un allongement / raccourcir la ligne de remorquage ou de réduire la vitesse de remorquage si nécessaire.

En adoptant cette procédure de sécurité générale, adaptée en fonction des remorqueurs de haute mer, il est possible de réduire les accidents, les erreurs et les incidents imprévus lors des opérations de remorquage. Cela contribue à une meilleure maîtrise des risques et à une exécution fluide des tâches, garantissant ainsi une sécurité maximale à bord du navire. En favorisant une culture de sécurité et en intégrant ces procédures de sécurité générales dans les pratiques opérationnelles, les opérations de remorquage en haute mer peuvent être réalisées de manière plus sûre, plus efficiente et sans incidents majeurs à bord du remorqueur de haute mer. Cela assure le succès des missions de remorquage et permet d'atteindre les objectifs fixés en toute sécurité.

Conclusion

De nos jours les remorqueurs de haute mer sont devenus essentiels au monde maritime pour la sécurité de navires en demande d'assistance ou le déplacement de d'autres entités telles que les structures offshore par exemple.

Pour le remorquage de ces navires ou différentes unités, les remorqueurs ont des caractéristiques propres à leur type de navire. Ces différentes spécifications font de ces bâtiments des navires dotés d'une grande manœuvrabilité et d'une force de traction élevée. Ces caractéristiques leur permettent de porter assistance même par conditions météorologique difficiles.

Chaque opération de remorquage est unique et comporte des risques pour le remorqueur. Même si les procédures à bord sont répétées de nombreuses fois, le transfert de la remorque vers un navire peut présenter des risques d'accidents. Ainsi, la sécurité à bord des remorqueurs de haute mer revêt une importance capitale. La sécurité commence par une gestion efficace, mise en œuvre grâce à un système de management de la sécurité à bord. De plus, afin d'assurer une sécurité maximale, il est essentiel de procéder à une inspection régulière des équipements de remorquage et des lignes de remorquage afin de prévenir tout incident.

La sécurité dans les opérations de remorquage en haute mer ne se limite pas aux équipements du remorqueur, mais concerne également les équipements à bord du navire remorqué, qui doivent être en bon état pour éviter toute rupture de la ligne de remorquage et préserver la sécurité des deux navires.

Une communication efficace entre les marins à bord du remorqueur et ceux présents sur le navire en détresse est également essentielle pour assurer la sécurité. Le moment du transfert de la ligne de remorquage est particulièrement dangereux à bord du remorqueur de haute mer, car il implique une tension élevée sur les câbles situés à la plage arrière.

Pour garantir une sécurité maximale lors des opérations de remorquage, il est crucial que chaque membre de l'équipage soit conscient de son rôle. De plus, l'utilisation de matériaux plus résistants tels que le Dyneema peut renforcer la sécurité du remorqueur.

La prévention des accidents à bord d'un remorqueur pendant un remorquage est d'une importance primordiale. La sécurité ne se limite pas seulement au remorqueur lui-même, mais s'applique également au navire remorqué tout au long des différentes opérations. Ainsi, l'expérience et le bon sens marin de l'équipage du remorqueur d'intervention jouent un rôle essentiel dans la garantie de la sécurité à bord.

Bibliographie

Abeilles international. (2021). *Distance entre deux navires*. Consulté le 15 avril 2023, à l'adresse <https://abeilles-international.net/2021/11/28/tempete-arwen-labeille-liberte-assiste-un-cargo-en-manche/>

Abeilles international. (2021). *Préparation de la ligne de remorquage*. Consulté le b à l'adresse <https://abeilles-international.net/actualites-abeilles-international/>

Abeilles international. (2022). *Abeille normandie*. Consulté le 17 mai 2023, à l'adresse <https://abeilles-international.net/2022/05/07/labeille-normandie-arrive-a-boulogne-sur-mer/>

Adria Winch. (2019). Towing Winch. *Adria winch*. Consulté le 19 février 2022, à l'adresse <https://adriawinch.com/products/towing-winch/>

Ajay Menon. (2021, 8 juin). What is Seaworthiness And Why it is Important? *Marine insight*. Consulté à l'adresse <https://www.marineinsight.com/naval-architecture/what-is-seaworthiness-and-why-it-is-important/>

Alain Monot. (2013). *Abeille bourbon a croché dans le marco-polo*. Consulté le 4 mai 2023, à l'adresse <https://www.letelegramme.fr/finistere/brest/exercice-de-remorquage-les-conditions-en-debat-09-12-2017-11773158.php>

Alan Palmer. (2008). *Working with tugs*. A videotel production. London, U.K.

Albert Pons Asturias. (2015, 12 février). STUDY AND GUIDELINE OF ANCHOR HANDLING OPERATIONS AND RIG MOVE PROCEDURES IN OFFSHORE INDUSTRY. Consulté à l'adresse https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/76267/PFC_ALBERT%20PONS.pdf

Anchor marine. (2023). *Geométrie des équipements*. Consulté le 7 mai 2023, à l'adresse <https://anchormarinehouston.com/towing/>

Armateurs de France. (2017). Les services maritimes portuaires : Le remorquage, le remorquage hauturier, le pilotage, le lamanage, le dragage. Consulté à l'adresse https://www.armateursdefrance.org/sites/default/files/decryptages/fiche_services_maritimes_portuaires_adf_2017.pdf

Betermin, franck. (s. d.). *Manille pour la ligne de remorquage*. Consulté le 22 avril 2023, à l'adresse <http://www.marine-marchande.net/Reportages/AbeilleBourbon/A-AbeilleBourbon.htm>

Bhattacharyya, A., Krasilnikov, V., & Steen, S. (2016). Scale effects on open water characteristics of a controllable pitch propeller working within different duct designs. *Ocean Engineering*, 112, 226-242. doi:10.1016/j.oceaneng.2015.12.024

Boomarine. (s. d.). EU Type Deck Mounted Towing Chock. Consulté à l'adresse <https://www.boomarine.com/products/towing-chock-eu-type>

Boris K.Towns. (2007, 27 septembre). *Situational Awareness in the Marine Towing Industry*.

- (Rochester). Consulté à l'adresse
https://towmasters.files.wordpress.com/2009/05/situational_awareness_in_the_towing_industry.pdf
- Brusselle Carral Marine. (2020). Treuils de remorquage. *BCM Winches & steering gear*. Consulté le 18 février 2022, à l'adresse <https://www.brusselle.eu/fr/treuilsderemorquage.php>
- Çakır, E., Fişkin, R., & Sevgili, C. (2021). Investigation of tugboat accidents severity : An application of association rule mining algorithms. *Reliability Engineering & System Safety*, 209, 107470. doi:10.1016/j.ress.2021.107470
- CAO KUNQUAN. (2016). *BRIEF DISCUSSION ON EMERGENCY TOWING IN SALVAGE OPERATION*. (Dalian). Consulté à l'adresse
https://commons.wmu.se/cgi/viewcontent.cgi?article=1136&context=msem_dissertations
- Capt. P. Zahalka. (s. d.). Bollard pull. Consulté à l'adresse
<https://www.dieselduck.info/machine/02%20propulsion/2010%20GL%20on%20Bullard%20Pull.pdf>
- Caroline Britz. (2018). A bord de l'Abeille Flandre, sentinelle de la Méditerranée. *Mer et marine*. Consulté à l'adresse <https://www.meretmarine.com/fr/marine-marchande/a-bord-de-l-abeille-flandre-sentinelle-de-la-mediterranee>
- China classification society. (2011). Guideleines for towage at sea. Consulté à l'adresse
[file:///Users/dorianlamort/Downloads/Guidelines%20for%20Towage%20at%20Sea,%202011%20\(5\).pdf](file:///Users/dorianlamort/Downloads/Guidelines%20for%20Towage%20at%20Sea,%202011%20(5).pdf)
- Clear seas. (2018). *Emergency Towing vessel needs Assessment* (p. 117). Vancouver. Consulté à l'adresse <https://clearseas.org/wp-content/uploads/2018/09/5521-ClearSeas-TowingNeeds-EN-vf.pdf>
- Dequick. (2022). *Emergency Towing—Ocean Towing*.
- Desai, N. (2015). Dynamic Positioning : Method for Disaster Prevention and Risk Management. *Procedia Earth and Planetary Science*, 11, 216-223. doi:10.1016/j.proeps.2015.06.028
- Diana Kotkowska & Kinga Drwięga. (2021, 30 septembre). The Influence of Weather in Determining the Probability of Detecting an Object in Distress during SAR Operations.
- Directive relative aux équipements marins. (2020, 23 janvier). Règlement de certification selon la Directive Européenne relative aux équipements marins (MED). Consulté à l'adresse https://www.centexbel.be/sites/default/files/inline-files/BMED_reglement-specifique_MED_FR.pdf
- Dynamica ropes. (2023). *Pantoire Dyneema*. Consulté le 18 mai 2023, à l'adresse <https://dynamica-ropes.com/products/mooring-towing-ropes/>
- Ehsan Esmailian, Hassan Ghassemi, & Seyyed Abbas heidari. (2014). Numerical Investigation of the

- Performance of Voith Schneider Propulsion. © *Science and Education Publishing*, 2(3), 5.
doi:10.12691/marine-2-3-3
- Eland Cables. (2023). Tensile & Elongation Measurement for Cable Insulation Materials. Consulté le 2 mai 2023, à l'adresse <https://www.elandcables.com/the-cable-lab/independent-cable-testing-and-inspection-services/cable-insulation-tensile-elongation-measurement#:~:text=The%20elongation%20is%20a%20measure,preparation%20methods%20must%20be%20used>.
- E.P.A. (2019). Visites d'inspection de délégations ministérielles, (5), 24.
- Gall Thomson. (2023). SMIT brackets. *Gall Thomson proven technology*. Consulté le 10 mai 2023, à l'adresse <https://www.gall-thomson.co.uk/gt/reports-and-papers/smit-brackets/>
- Gérard Zubelon. (2012). *Oeillet dure de la remorque principale*. Consulté le 21 avril 2023, à l'adresse <https://denis-59.forumpro.fr/t944-l-abeille-bourbon>
- GL Noble Denton. (2018). GUIDELINES FOR THE APPROVAL OF TOWING VESSELS. Consulté à l'adresse <https://rules.dnv.com/docs/pdf/GL/NobleDenton/0021-ND%20Rev%2010.1%205-April-2018%20Guidelines%20for%20the%20approval%20of%20towing%20vessels.pdf>
- Hydrocompinc. (2007). Bollard Pull. Consulté à l'adresse <https://www.hydrocompinc.com/wp-content/uploads/documents/HC110-BollardPull.pdf>
- Hydrosup. (s. d.). *Marque biconique*. Consulté le 15 mai 2022, à l'adresse <http://hydrosup.e-monsite.com/medias/files/partie-c-et-annexe-1.pdf>
- IMO. (1972). COLREG. Consulté à l'adresse <https://www.imo.org/en/About/Conventions/Pages/COLREG.aspx>
- IMO. (1993). GUIDELINES ON THE SAFETY OF TOWED SHIPS AND OTHER FLOATING OBJECTS INCLUDING INSTALLATIONS, STRUCTURES AND PLATFORMS AT SEA.
- International Maritime Organization. (1972). *Convention on the International Regulations for Preventing Collisions at Sea*. London, U.K.
- International Maritime Organization. (1974). *International Convention for the Safety of Life at Sea (SOLAS)*. London, U.K.: IMO.
- International Maritime Organization. (1994, 20 mai). ADOPTION OF GUIDELINES FOR EMERGENCY TOWING ARRANGEMENTS ON TANKERS. Consulté à l'adresse ADOPTION OF GUIDELINES FOR EMERGENCY TOWING ARRANGEMENTS ON TANKERS
- International Maritime Organization. (1998, 21 décembre). Guideline for safe ocean towing. Consulté à l'adresse https://www.imorules.com/MSCCIRC_884_ANN.html
- International Maritime Organization. (2005). *International Code of Signals*. London: International Maritime Organisation. Consulté à l'adresse <http://www.mylibrary.com?id=34922>
- International Maritime Organization. (2018). *International Safety Management (2018^e éd.)*. Consulté à

- l'adresse <https://www.imo.org/en/OurWork/HumanElement/Pages/ISMCode.aspx>
- International Maritime Organization. (2019). The International Safety Management (ISM) Code. *IMO*. Consulté le 14 mai 2021, à l'adresse <https://www.imo.org/en/OurWork/HumanElement/Pages/ISMCode.aspx>
- Jan Babicz. (2015). *Wärtsilä—Encyclopedia of ship technology*. Helsinki: Wärtsilä corporation. Consulté à l'adresse <https://www.wartsila.com/docs/default-source/marine-documents/encyclopedia/wartsila-o-marine-encyclopedia.pdf>
- John Pike. (2022). AT Ocean Tug. Consulté le 19 février 2022, à l'adresse <https://www.globalsecurity.org/military/world/china/ship-at.htm>
- Ko Stroo & Robert Hekkenberg. (2009 mai). Emergency Towing Vessel, concepts for a new century of emergency towing. Consulté à l'adresse https://www.researchgate.net/publication/279916729_Emergency_Towing_Vessel_concepts_for_a_new_century_of_emergency_towing
- Kongsberg. (2022). STERN ROLLERS FOR ANCHOR HANDLING VESSEL. *Kongsberg*. Consulté le 10 février 2022, à l'adresse <https://www.kongsberg.com/fr/maritime/products/deck-machinery-and-cranes/deck-machinery/anchor-handling-vessels/stern-rollers-ahts/>
- Lankhorst. (s. d.). *Manille souple*. Consulté le 23 avril 2023, à l'adresse <https://www.lankhorstropes.com/synthetic-fibre-ropes/lankonect>
- Laurent Robin. (s. d.). *Navire à capacité de manoeuvre restreinte*. Consulté le 18 mai 2022, à l'adresse https://www.google.com/search?q=feux+navire+%C3%A0+capacit%C3%A9+de+manoeuvre+restreinte&rlz=1C5CHFA_enBE928BE928&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=2ahUKEwjprd7c8e73AhVOKewKHV0_CqMQ_AUoAXoECAIQAw&biw=1440&bih=684&dpr=2#imgrc=0uCp-zekyymGLM
- Les Abeilles. (2005). *Plan serré du treuil de l'Abeille Liberté lors de son arrivée à Cherbourg*. Consulté le à l'adresse <https://abeilles-international.net/les-navires-abeilles-international/abeille-liberte/>
- Les Abeilles. (s. d.). Remorqueur d'intervention d'assistance et de sauvetage 200t BP. Consulté à l'adresse <https://abeilles-international.net/wp-content/uploads/2021/03/Fiche-descriptive-Abeille-Liberte-FR.pdf>
- Lion, S., Vlaskos, I., & Taccani, R. (2020). A review of emissions reduction technologies for low and medium speed marine Diesel engines and their potential for waste heat recovery. *Energy Conversion and Management*, 207, 112553. doi:10.1016/j.enconman.2020.112553
- Lloyd's register. (1992). *Bollard Pull Certification Procedures—Guidance information, 1992*. guidance information. Consulté à l'adresse <https://www.cdinfo.lr.org/information/Documents/LRGuidance/lrbollpull.pdf>
- Ludovic Péron. (2008). *Abeille Bourbon*. Consulté le 1 mai 2022, à l'adresse

https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/3/37/Abeille_Bourbon_-_Brest_2008-2.jpg

Lugh payan - Les Abeilles. (2021). *Abeille Liberté*. Consulté le 3 mai 2022, à l'adresse <https://abeilles-international.net/les-navires-abeilles-international/abeille-liberte/>

Lumir lugue - Marine National. (2021). *vertical stern roller—Remorquage*. Consulté le 11 avril 2022, à l'adresse <https://www.meretmarine.com/fr/marine-marchande/quel-est-cet-ancien-petrolier-a-la-derive-recupere-par-l-abeille-liberte>

Marilyn Raia. (2009, 1 février). Towing Liability, Part One : Towing Company Not Necessarily Liable for Loss of Tow. Consulté le 8 mai 2023, à l'adresse <https://www.bullivant.com/towing-liability-part-1/>

Mazzella companies. (2023). *Inspection ligne synthétique*. Consulté le à l'adresse <https://www.mazzellacompanies.com/learning-center/inspect-synthetic-rope-slings-to-asme-b309-standards/>

Menon, A. (2020, 21 septembre). What Are Coaster Vessels? *Marine Insight*. Consulté le 5 avril 2022, à l'adresse <https://www.marineinsight.com/types-of-ships/what-are-coaster-vessels/>

MEP. (2016). *Smit towing bracket*. Consulté le 6 mai 2023, à l'adresse <https://mepsystems.com.sg/hull-fittings/mordec-eta-system/>

NauticExpo. (2022). *Combinaison étanche de survie*. Consulté le 20 mai 2022, à l'adresse https://www.google.com/search?q=viking+combinaison+&tbm=isch&ved=2ahUKEwj7v72I9O73AhVDKewKHY83CMkQ2-cCegQIABAA&oq=viking+combinaison+&gs_lcp=CgNpbWcQA1CtCViVDWCyPmgAcAB4AIABL4gBxwGSAQE1mAEAoAEBqgELZ3dzLXdpei1pbWfAAQE&sclient=img&ei=mfiHYruPC8PSSAeP76DI DA&bih=684&biw=1440&rlz=1C5CHFA_enBE928BE928&hl=fr#imgrc=08vQnvNMu9hKwM

Naval Sea Systems Command. (2002). *U.S. Navy Towing Manual* (Naval Sea Systems Command.). Washington D.C.: Naval Sea Systems Command. Consulté à l'adresse <https://www.lulu.com/fr/fr/shop/naval-sea-systems-command/us-navy-towing-manual/paperback/product-1jndpdj4.html?page=1&pageSize=4>

Noble denton. (s. d.). GUIDELINES FOR THE APPROVAL OF TOWING VESSELS.

oceanime Marine. (2017, 18 juin). Safety Drills – An Essential Part Of Your Safety Management System. USA. Consulté à l'adresse <https://oceanimemarine.com/safety-drills-an-essential-part-of-your-safety-management-system/>

OCIMF. (2018, 17 septembre). Offshore Vessel Inspection Database (OVID) Programme.

Oil Companies International Marine Forum. (2020a). *Pantoire en acier frottant sur un chaumard*. Consulté le a à l'adresse <https://www.ocimf.org/publications/information-papers/static-towing-assembly-guidelines-stag>

Oil Companies International Marine Forum. (2020b). *Composition ligne de remorquage*. Consulté le 16

- avril 2023, b à l'adresse <https://portalcip.org/wp-content/uploads/2020/04/Static-Towing-Assembly-Guidelines-2020.pdf>
- Oil Companies International Marine Forum. (2020c). Static Towing Assembly Guidelines (STAG). Consulté à l'adresse <https://www.ocimf.org/publications/information-papers/static-towing-assembly-guidelines-stag>
- Ortolang. (2012). Remorqueur. Centre national de ressources textuelles et lexicales, . Consulté le 20 février 2022, à l'adresse <https://www.cnrtl.fr/definition/remorqueur#:~:text=masc.-,REMORQUEUR%2C%20subst,masc.&text=l.,fleuve%20ou%20parfois%20en%20mer>
- Park, J.-Y., Oh, P., Kim, T., & Lee, J.-H. (2020). Study on Stopping Ability of a Ship Equipped with Azimuth Propeller. *Journal of Ocean Engineering and Technology*, 34(1), 13-18. doi:10.26748/KSOE.2019.106
- Paul D. BUTUȘINĂ & Dumitru DINU. (s. d.). SHIP'S PIVOT POINT IN CURRENT AND SWELL. Consulté à l'adresse <http://www.pilotmag.co.uk/wp-content/uploads/2012/01/Pivot-point-final.pdf>
- Piaggio, B., Viviani, M., Martelli, M., & Figari, M. (2019). Z-Drive Escort Tug manoeuvrability model and simulation. *Ocean Engineering*, 191, 106461. doi:10.1016/j.oceaneng.2019.106461
- Pierre Michel EISEMANN. (2022). HAUTE MER, définition juridique et réglementation. *Encyclopædia Universalis France*. Consulté le 22 février 2022, à l'adresse <https://www.universalis.fr/encyclopedie/haute-mer-definition-juridique-et-reglementation/>
- PreMar. (2018). *Remorquage navire avec mauvaise navigabilité*. Consulté le 6 mai 2023, à l'adresse <https://www.premar-manche.gouv.fr/communiqués-presse/communiqué-n-6-remorquage-en-cours-vers-le-port-du-havre-collision-entre-un-navire-de-pche-et-un-cargo-au-nord-est-de-cherbourg>
- Raunek. (2021, 28 mai). What Is Safety Management System (SMS) On Ships? Consulté à l'adresse <https://www.marineinsight.com/marine-safety/what-is-safety-management-system-sms-on-ships/>
- Restech norway. (s. d.). PLT® PNEUMATIC LINE THROWERS SAFETY, WORK & RESCUE. Consulté à l'adresse <http://wrleading.com/english/data/upload/file/201608/dcd0caddeecf669c7c81aafcf5e62fe.pdf>
- Rolf hilmar hansen. (s. d.). DNV Towing recommendations. Consulté à l'adresse <https://www.tugmasters.org/wp-content/uploads/2014/07/Towingrecomends.pdf>
- SailingIssues.com. (2022). *Power-driven vessel towing astern—Towing vessel less than 5à m in length; length of tow 200m or less*. Consulté le à l'adresse <https://www.sailingissues.com/navcourse10.html#gallery-11>
- SailingIssues.com. (2023). *Feux bâbord d'un navire remorqué*. Consulté le 10 mai 2023, à l'adresse

<https://www.sailingissues.com/navcourse10.html>

Second capitaine Abeille Liberté. (2023, 14 mai). Interview avec un second capitaine de remorqueur de haute mer.

Seo, S.-G. (2016). Safer and More Efficient Ship Handling with the Pivot Point Concept. *TransNav, the International Journal on Marine Navigation and Safety of Sea Transportation*, 10(4), 605-612. doi:10.12716/1001.10.04.09

Ship 2 shore. (s. d.). *Pantoire rouillé*. Consulté le 5 mai 2023, à l'adresse <http://ship-2-shore.com.au/cables-wire-rope-anti-rusting>

SOLAS MSC.1/Circ.1255. (2008, 17 mai). Guideline for owners/operators on preparing towing procedures. Consulté à l'adresse <http://www.svg-marad.com/downloads/circulars/solas/sol%20038%20emergency%20towing%20arrangement%20and%20procedures.pdf>

SQEMARINE. (2023). *Emergency Towing Booklet*. Consulté le 5 avril 2023, à l'adresse <https://sqemarine.com/product/emergency-towing-booklet-etb/>

Team TheNavalArch. (2019, 5 novembre). Selecting the right gear for towing operations – Part 1. *TheNavalArch*. Consulté le 6 avril 2022, à l'adresse <https://thenavalarch.com/selecting-the-right-gear-for-towing-operations-part-1/>

Tecno Veritas. (2017). *Bollard pull test*. Consulté le 25 avril 2022, à l'adresse https://www.google.com/search?q=tecno+veritas+bollard+pull&rlz=1C5CHFA_enBE928BE928&source=lnms&tbn=isch&sa=X&ved=2ahUKEwjlitu97O73AhXJwAIHHcFpAEQQ_AUoAXoECAEQAw&biw=1440&bih=684&dpr=2#imgsrc=VJUUXwm8KkRiqM

Teho ropes & supplies ple.ltd. (s. d.). *Remorque principale sous tension*. Consulté le 25 avril 2023, à l'adresse <https://tehoropes.com.sg/products/steel-wire-ropes/towing-wire-rope/>

The American Waterways Operators. (2023, 5 mars). Tugboat Coastal Navigation Challenges.

The Shipowners' Club. (2015). *Tugs and Tows – A Practical Safety and Operational Guide* (The Shipowners' Club.). Consulté à l'adresse <https://www.shipownersclub.com/lossprevention/tug-and-tow-safety-and-operational-guide/>

The Shipowners' Club. (2016, 17 mai). Bulletin : Guidance on snap-back zones. Consulté à l'adresse <https://www.shipownersclub.com/media/2016/05/Bulletin-Guidance-on-Snap-Back-Zones.pdf>

TheNavalArch. (2020, 21 juillet). Safe Towing : Calculating a towline's catenary and sag. Consulté le 28 avril 2023, à l'adresse <https://thenavalarch.com/safe-towing-calculating-a-towlines-catenary-and-sag/>

Tuf marine. (2022). Hydraulic Towing Winch. *Tuf Marine*. Consulté le 20 février 2022, à l'adresse <https://tufmarine.com/product/hydraulic-towing-winch/>

United nations convention on the law of the seas. (1997). *The law of the sea : Official texts of the*

United Nations Convention on the Law of the Sea of 10 December 1982, and of the Agreement relating to the Implementation of Part XI of the United Nations Convention on the Law of the Sea of 10 December 1982, with index and excerpts from the final act of the Third United Nations Conference on the Law of the Sea. New York: United Nations.

U.S. Navy Towing Manual. (2002). *Closed thimble*. Consulté le à l'adresse

<https://www.navsea.navy.mil/Portals/103/Documents/SUPSALV/Salvage%20Docs/Towing%20Manual.pdf>

Voith GmbH & Co. (2022). Voith. *Voith*. Consulté le 30 avril 2022, à l'adresse <https://voith.com/corp-en/industry-solutions/marine-technology.html>

W. J. Foster & T. B. Powell. (2010). Implications of Performing Tugboat Stability Analysis with Fixed Trim Assumptions. Consulté à l'adresse https://www.jmsnet.com/wp-content/uploads/2015/08/JMS_SNAME_paper_2010-1.pdf

Wei Peng Dephne, C., Chatterjea, K., Hanks, K., Kr. Dev, A., & C. K. Tam, I. (2013). Formulating Stability Requirements for Anchor Handling Tug and Supply (AHTS) Vessels. *Offshore Support Vessels* (p. 131-138). Présenté à 5th International Conference on Technology and Operation of Offshore Support Vessels, Research Publishing Services. doi:10.3850/978-981-07-7338-0_OS2013-12

Workshop insider. (2021, 26 février). An Overview Of Bollard Pull Test Procedure. *Workshop insider*. Consulté le 16 avril 2022, à l'adresse <https://workshopinsider.com/bollard-pull-test-procedure/>

Adria Winch. (2019). Towing Winch. *Adria winch*. Consulté le 19 février 2022, à l'adresse <https://adriawinch.com/products/towing-winch/>

Alan Palmer. (2008). *Working with tugs*. A videotel production. London, U.K.

Albert Pons Asturias. (2015, 12 février). STUDY AND GUIDELINE OF ANCHOR HANDLING OPERATIONS AND RIG MOVE PROCEDURES IN OFFSHORE INDUSTRY. Consulté à l'adresse https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/76267/PFC_ALBERT%20PONS.pdf

Armateurs de France. (2017). Les services maritimes portuaires : Le remorquage, le remorquage hauturier, le pilotage, le lamanage, le dragage. Consulté à l'adresse https://www.armateursdefrance.org/sites/default/files/decryptages/fiche_services_maritimes_portuaires_adf_2017.pdf

Bhattacharyya, A., Krasilnikov, V., & Steen, S. (2016). Scale effects on open water characteristics of a controllable pitch propeller working within different duct designs. *Ocean Engineering*, 112, 226-242. doi:10.1016/j.oceaneng.2015.12.024

Brusselle Carral Marine. (2020). Treuils de remorquage. *BCM Winches & steering gear*. Consulté le 18 février 2022, à l'adresse <https://www.brusselle.eu/fr/treuilsderemorquage.php>

- Çakır, E., Fişkin, R., & Sevgili, C. (2021). Investigation of tugboat accidents severity : An application of association rule mining algorithms. *Reliability Engineering & System Safety*, 209, 107470. doi:10.1016/j.ress.2021.107470
- Capt. P. Zahalka. (s. d.). Bollard pull. Consulté à l'adresse <https://www.dieselduck.info/machine/02%20propulsion/2010%20GL%20on%20Bullard%20Pull.pdf>
- Caroline Britz. (2018). A bord de l'Abeille Flandre, sentinelle de la Méditerranée. *Mer et marine*. Consulté à l'adresse <https://www.meretmarine.com/fr/marine-marchande/a-bord-de-l-abeille-flandre-sentinelle-de-la-mediterranee>
- Clear seas. (2018). *Emergency Towing vessel needs Assessment* (p. 117). Vancouver. Consulté à l'adresse <https://clearseas.org/wp-content/uploads/2018/09/5521-ClearSeas-TowingNeeds-EN-vf.pdf>
- Desai, N. (2015). Dynamic Positioning : Method for Disaster Prevention and Risk Management. *Procedia Earth and Planetary Science*, 11, 216-223. doi:10.1016/j.proeps.2015.06.028
- Directive relative aux équipements marins. (2020, 23 janvier). Règlement de certification selon la Directive Européenne relative aux équipements marins (MED). Consulté à l'adresse https://www.centexbel.be/sites/default/files/inline-files/BMED_reglement-specifique_MED_FR.pdf
- Ehsan Esmailian, Hassan Ghassemi, & Seyyed Abbas heidari. (2014). Numerical Investigation of the Performance of Voith Schneider Propulsion. © *Science and Education Publishing*, 2(3), 5. doi:10.12691/marine-2-3-3
- E.P.A. (2019). Visites d'inspection de délégations ministérielles, (5), 24.
- GL Noble Denton. (2018). GUIDELINES FOR THE APPROVAL OF TOWING VESSELS. Consulté à l'adresse <https://rules.dnv.com/docs/pdf/GL/NobleDenton/0021-ND%20Rev%2010.1%205-April-2018%20Guidelines%20for%20the%20approval%20of%20towing%20vessels.pdf>
- Hydrocompinc. (2007). Bollard Pull. Consulté à l'adresse <https://www.hydrocompinc.com/wp-content/uploads/documents/HC110-BollardPull.pdf>
- Hydrosup. (s. d.). *Marque biconique*. Consulté le 15 mai 2022, à l'adresse <http://hydrosup.e-monsite.com/medias/files/partie-c-et-annexe-1.pdf>
- International Maritime Organization. (1972). *Convention on the International Regulations for Preventing Collisions at Sea*. London, U.K.
- International Maritime Organization. (2005). *International Code of Signals*. London: International Maritime Organisation. Consulté à l'adresse <http://www.mylibrary.com?id=34922>
- International Maritime Organization. (2018). *International Safety Management* (2018^e éd.). Consulté à l'adresse <https://www.imo.org/en/OurWork/HumanElement/Pages/ISMCode.aspx>

- International Maritime Organization. (2019). The International Safety Management (ISM) Code. *IMO*. Consulté le 14 mai 2021, à l'adresse <https://www.imo.org/en/OurWork/HumanElement/Pages/ISMCode.aspx>
- Jan Babicz. (2015). *Wärtsilä—Encyclopedia of ship technology*. Helsinki: Wärtsilä corporation. Consulté à l'adresse <https://www.wartsila.com/docs/default-source/marine-documents/encyclopedia/wartsila-o-marine-encyclopedia.pdf>
- John Pike. (2022). AT Ocean Tug. Consulté le 19 février 2022, à l'adresse <https://www.globalsecurity.org/military/world/china/ship-at.htm>
- Ko Stroo & Robert Hekkenberg. (2009 mai). Emergency Towing Vessel, concepts for a new century of emergency towing. Consulté à l'adresse https://www.researchgate.net/publication/279916729_Emergency_Towing_Vessel_concepts_for_a_new_century_of_emergency_towing
- Kongsberg. (2022). STERN ROLLERS FOR ANCHOR HANDLING VESSEL. *Kongsberg*. Consulté le 10 février 2022, à l'adresse <https://www.kongsberg.com/fr/maritime/products/deck-machinery-and-cranes/deck-machinery/anchor-handling-vessels/stern-rollers-ahts/>
- Laurent Robin. (s. d.). *Navire à capacité de manoeuvre restreinte*. Consulté le 18 mai 2022, à l'adresse https://www.google.com/search?q=feux+navire+%C3%A0+capacit%C3%A9+de+manoeuvre+restreinte&rlz=1C5CHFA_enBE928BE928&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=2ahUKEwjprd7c8e73AhVOKewKHV0_CqMQ_AUoAXoECAIQAw&biw=1440&bih=684&dpr=2#imgrc=0uCp-zekyymGIM
- Les Abeilles. (2005). *Plan serré du treuil de l'Abeille Liberté lors de son arrivée à Cherbourg*. Consulté le à l'adresse <https://abeilles-international.net/les-navires-abeilles-international/abeille-liberte/>
- Les Abeilles. (s. d.). Remorqueur d'intervention d'assistance et de sauvetage 200t BP. Consulté à l'adresse <https://abeilles-international.net/wp-content/uploads/2021/03/Fiche-descriptive-Abeille-Liberte-FR.pdf>
- Lion, S., Vlaskos, I., & Taccani, R. (2020). A review of emissions reduction technologies for low and medium speed marine Diesel engines and their potential for waste heat recovery. *Energy Conversion and Management*, 207, 112553. doi:10.1016/j.enconman.2020.112553
- Lloyd's register. (1992). Bollard Pull Certification Procedures—Guidance information,1992. guidance information. Consulté à l'adresse <https://www.cdinfo.lr.org/information/Documents/LRGuidance/lrbollpull.pdf>
- Ludovic Péron. (2008). *Abeille Bourbon*. Consulté le 1 mai 2022, à l'adresse https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/3/37/Abeille_Bourbon_-_Brest_2008-2.jpg
- Lugh payan - Les Abeilles. (2021). *Abeille Liberté*. Consulté le 3 mai 2022, à l'adresse <https://abeilles-international.net/les-navires-abeilles-international/abeille-liberte/>

- Lumir lugue - Marine National. (2021). *vertical stern roller—Remorquage*. Consulté le 11 avril 2022, à l'adresse <https://www.meretmarine.com/fr/marine-marchande/quel-est-cet-ancien-petrolier-a-la-derive-recupere-par-l-abeille-liberte>
- Menon, A. (2020, 21 septembre). What Are Coaster Vessels? *Marine Insight*. Consulté le 5 avril 2022, à l'adresse <https://www.marineinsight.com/types-of-ships/what-are-coaster-vessels/>
- NauticExpo. (2022). *Combinaison étanche de survie*. Consulté le 20 mai 2022, à l'adresse https://www.google.com/search?q=viking+combinaison+&tbm=isch&ved=2ahUKEwj7v72I9O73AhVDKewKHY83CMkQ2-cCegQIABAA&oq=viking+combinaison+&gs_lcp=CgNpbWcQA1CtCViVDWCyPmgAcAB4AIABL4gBxwGSAQE1mAEAoAEBqgELZ3dzLXdpei1pbWfAAQE&scient=img&ei=mfiHYruPC8PSsAeP76DIDA&bih=684&biw=1440&rlz=1C5CHFA_enBE928BE928&hl=fr#imgsrc=08vQnvNMu9hKwM
- Naval Sea Systems Command. (2002). *U.S. Navy Towing Manual* (Naval Sea Systems Command.). Washington D.C.: Naval Sea Systems Command. Consulté à l'adresse <https://www.lulu.com/fr/fr/shop/naval-sea-systems-command/us-navy-towing-manual/paperback/product-1jndpdj4.html?page=1&pageSize=4>
- oceantime Marine. (2017, 18 juin). Safety Drills – An Essential Part Of Your Safety Management System. USA. Consulté à l'adresse <https://oceantimemarine.com/safety-drills-an-essential-part-of-your-safety-management-system/>
- Ortolang. (2012). Remorqueur. Centre national de ressources textuelles et lexicales, . Consulté le 20 février 2022, à l'adresse <https://www.cnrtl.fr/definition/remorqueur#:~:text=masc.-,REMORQUEUR%2C%20subst,masc.&text=l.fleuve%20ou%20parfois%20en%20mer>
- Park, J.-Y., Oh, P., Kim, T., & Lee, J.-H. (2020). Study on Stopping Ability of a Ship Equipped with Azimuth Propeller. *Journal of Ocean Engineering and Technology*, 34(1), 13-18. doi:10.26748/KSOE.2019.106
- Paul D. BUTUȘINĂ & Dumitru DINU. (s. d.). SHIP'S PIVOT POINT IN CURRENT AND SWELL. Consulté à l'adresse <http://www.pilotmag.co.uk/wp-content/uploads/2012/01/Pivot-point-final.pdf>
- Piaggio, B., Viviani, M., Martelli, M., & Figari, M. (2019). Z-Drive Escort Tug manoeuvrability model and simulation. *Ocean Engineering*, 191, 106461. doi:10.1016/j.oceaneng.2019.106461
- Pierre Michel EISEMANN. (2022). HAUTE MER, définition juridique et réglementation. *Encyclopædia Universalis France*. Consulté le 22 février 2022, à l'adresse <https://www.universalis.fr/encyclopedie/haute-mer-definition-juridique-et-reglementation/>
- Raunek. (2021, 28 mai). What Is Safety Management System (SMS) On Ships? Consulté à l'adresse <https://www.marineinsight.com/marine-safety/what-is-safety-management-system-sms-on-ships/>
- SailingIssues.com. (2022). *Power-driven vessel towing astern—Towing vessel less than 5à m in length;*

- length of tow 200m or less*. Consulté le à l'adresse
<https://www.sailingissues.com/navcourse10.html#gallery-11>
- Seo, S.-G. (2016). Safer and More Efficient Ship Handling with the Pivot Point Concept. *TransNav, the International Journal on Marine Navigation and Safety of Sea Transportation*, 10(4), 605-612. doi:10.12716/1001.10.04.09
- SQEMARINE. (2023). *Emergency Towing Booklet*. Consulté le 5 avril 2023, à l'adresse
<https://sqemarine.com/product/emergency-towing-booklet-etb/>
- Team TheNavalArch. (2019, 5 novembre). Selecting the right gear for towing operations – Part 1. *TheNavalArch*. Consulté le 6 avril 2022, à l'adresse <https://thenavalarch.com/selecting-the-right-gear-for-towing-operations-part-1/>
- Tecno Veritas. (2017). *Bollard pull test*. Consulté le 25 avril 2022, à l'adresse
https://www.google.com/search?q=tecno+veritas+bollard+pull&rlz=1C5CHFA_enBE928BE928&source=lnms&tbn=isch&sa=X&ved=2ahUKewjlitu97O73AhXJwAIHHcFpAEQQ_AUoAXoECAEQAw&biw=1440&bih=684&dpr=2#imgsrc=VJUUxwm8KkRiqM
- The Shipowners' Club. (2015). *Tugs and Tows – A Practical Safety and Operational Guide* (The Shipowners' Club.). Consulté à l'adresse
<https://www.shipownersclub.com/lossprevention/tug-and-tow-safety-and-operational-guide/>
- The Shipowners' Club. (2016, 17 mai). Bulletin : Guidance on snap-back zones. Consulté à l'adresse
<https://www.shipownersclub.com/media/2016/05/Bulletin-Guidance-on-Snap-Back-Zones.pdf>
- Tuf marine. (2022). Hydraulic Towing Winch. *Tuf Marine*. Consulté le 20 février 2022, à l'adresse
<https://tufmarine.com/product/hydraulic-towing-winch/>
- United nations convention on the law of the seas. (1997). *The law of the sea : Official texts of the United Nations Convention on the Law of the Sea of 10 December 1982, and of the Agreement relating to the Implementation of Part XI of the United Nations Convention on the Law of the Sea of 10 December 1982, with index and excerpts from the final act of the Third United Nations Conference on the Law of the Sea*. New York: United Nations.
- Voith GmbH & Co. (2022). Voith. *Voith*. Consulté le 30 avril 2022, à l'adresse <https://voith.com/corp-en/industry-solutions/marine-technology.html>
- W. J. Foster & T. B. Powell. (2010). Implications of Performing Tugboat Stability Analysis with Fixed Trim Assumptions. Consulté à l'adresse https://www.jmsnet.com/wp-content/uploads/2015/08/JMS_SNAME_paper_2010-1.pdf
- Wei Peng Dephne, C., Chatterjea, K., Hanks, K., Kr. Dev, A., & C. K. Tam, I. (2013). Formulating Stability Requirements for Anchor Handling Tug and Supply (AHTS) Vessels. *Offshore Support Vessels* (p. 131-138). Présenté à 5th International Conference on Technology and Operation of Offshore Support Vessels, Research Publishing Services. doi:10.3850/978-981-07-7338-

0_OSV2013-12

Workshop insider. (2021, 26 février). An Overview Of Bollard Pull Test Procedure. *Workshop insider*.

Consulté le 16 avril 2022, à l'adresse <https://workshopinsider.com/bollard-pull-test-procedure/>