

Préface.....	13
Remerciements	13
Sommaire	13
Avant-propos	13
Introduction à la manœuvre	13
Partie 1 : Le navire	14
Caractéristiques et définition du navire	14
1 Description du navire.....	14
2 Termes et descriptifs des mouvements du navire	14
3 Les formes du navire	14
3.1 Ratio longueur / largeur	14
3.2 Tirant d'eau.....	14
4 Inertie du navire - rapport Déplacement / Puissance	14
5 Propulsion.....	14
5.1 Différents types de propulsion	14
5.1.1 Moteur diesel lent / hélice à pales fixes	14
5.1.2 Moteur diesel semi-rapide / embrayage / réducteur / hélice à pales orientables.....	14
5.1.3 Moteur diesel semi-rapide (ou rapide) / réducteur / inverseur / hélice à pas fixe	14
5.1.4 Moteur diesel rapide (ou semi-rapide) / réducteur / propulseur orientable.....	14
5.1.5 Chaudière à vapeur / groupe turbo réducteur / hélice à pales fixes	14
5.1.6 Moteur diesel / alternateur / variateur de fréquence / moteur synchrone / hélice à pales fixes.....	14
Les appareils de manœuvre.....	15
1 Les appareils de mouillage - les ancres	15
1.1 Plage de manœuvre avant	15
1.2 La ligne de mouillage	15
1.2.1 L'ancre.....	15
1.2.2 La chaîne.....	15
1.3 Le nombre d'armement.....	15
2 Les appareils d'amarrage – les amarres.....	15
2.1 Les différents types d'amarres	15
2.1.1 La structure des amarres	15
2.1.2 Les matériaux des amarres	15
2.1.3 Les dangers liés à l'utilisation des amarres.....	15
2.2 Les quais d'amarrage	15
2.3 Les dispositifs d'amarrage	15
2.3.1 Les plages de manœuvre	15
2.3.2 Disposition des amarres	15

2.3.3	Répartition des forces dans la verticalité	15
2.3.4	Les différentes configurations d'amarrage.....	15
2.3.5	Les amarrages sur bouée	15
2.3.6	Les aides électroniques à l'amarrage	15

Le gouvernail.....16

1	Le gouvernail passif.....	16
1.1	Caractéristiques et propriétés du gouvernail	16
1.2	Portance et trainée.....	16
1.3	Les profils de safran.....	16
1.4	Le moment de redressement	16
1.5	Le gouvernail à aileron	16
1.6	La tuyère orientable	16
1.7	Le safran profilé.....	16
1.8	Les safrans contrôleurs de flux	16
1.9	Les safrans à rotors	16
1.10	Les gouvernes à lame.....	16
2	Le gouvernail actif.....	16
2.1	Gouvernail actif à hélice	16
2.2	Gouvernail actif par hydrojet.....	16
3	Les problèmes liés à la cavitation	16
3.1	Safran « Twisted Leading Edge profile »	16
3.2	Gouvernail profilé Promas	16
3.3	Défecteurs de filets d'eau	16

L'hélice.....17

1	Le moyen de propulsion	17
1.1	Pas de l'hélice	17
2	Poussée de l'hélice.....	17
2.1	Forces sur une pale	17
2.2	Fonctionnement de l'hélice en manœuvre	17
2.3	L'effet évolutif : « effet de pas »	17
3	L'hélice à pales fixes	17
3.1	Effet évolutif d'une hélice pales fixes en marche avant.....	17
3.2	Effets évolutifs d'une hélice pales fixes en marche arrière.....	17
4	Hélices à pales orientables (à pas variable)	17
4.1	Fonctionnement	17
4.2	Effet évolutif d'une hélice à pales orientables en marche avant	17
4.3	Effets évolutifs d'une hélice à pales orientables en marche arrière	17
4.4	Avantages de l'hélice à pales orientables	17
4.5	Inconvénients de l'hélice à pales orientables	17
5	Navire équipé de deux lignes d'arbre	17
5.1	L'effet d'excentricité.....	17
5.2	Effet de différenciation	17
5.3	Montage supra-divergent ou supra-convergent.....	17

5.4	Navire équipé de 2 lignes d'arbre avec 2 hélices à pales fixes	17
5.4.1	Hélices supra-divergentes, pales fixes	17
5.4.2	Hélices supra-convergentes, pales fixes.....	17
5.5	Navire équipé de 2 lignes d'arbre avec 2 hélices à pales orientables	17
5.5.1	Hélices supra-divergentes, pales orientables.....	17
5.5.2	Hélices supra-convergentes, pales orientables	18
6	Les effets du Vortex; problèmes liés à la cavitation.....	18
6.1	Phénomène de cavitation	18
6.2	Décrochage	18
6.3	Phénomène d'aération.....	18
6.4	Recouvrement	18
6.5	Déversement	18

Les propulseurs d'étrave et d'étambot19

1	Propulseur à hélice en tunnel.....	19
1.1	Fonctionnement	19
1.2	Limites d'utilisation du propulseur à hélice en tunnel	19
1.2.1	La poussée.....	19
1.2.2	Efficacité du propulseur en tunnel, navire stoppé ou en route	19
1.2.3	Influence du propulseur sur l'erre du navire	19
1.2.4	La cavitation	19
2	Les propulseurs sans tirant d'eau.....	19
3	L'emploi du propulseur	19
3.1	Augmentation du moment de giration	19

Les autres moyens de propulsion.....20

1	Les propulseurs orientables	20
1.1	Principe	20
1.2	Propulseur azimutaux par entraînement électrique en Pod	20
1.2.1	Les différents types de Pod	20
1.2.2	Performances	20
1.2.3	Utilisation en manœuvre	20
1.3	Propulseurs azimutaux par entraînement mécanique	20
1.3.1	Les différentes configurations.....	20
1.3.2	Utilisation en manœuvre	20
2	La propulsion par hydrojet.....	20
2.1	Principe de fonctionnement	20
2.2	Performances	20
2.3	Utilisation en manœuvre	20
2.3.1	Mode « Mer »	20
2.3.2	Mode « Port » avec ou sans bouton rotatif.....	20
3	La propulsion épicycloïdale : Voith-Schneider	20
3.1	Principe de fonctionnement	20
3.2	Performances	20
3.3	Utilisation en manœuvre	20

Partie 2 : le navire en mouvement21

Navire en mouvement : Notions élémentaires21

1	Cinématique du navire.....	21
1.1	Référentiels d'étude	21
1.2	Cinématique et trajectoire	21
1.3	Analyse des mouvements du navire - Equiprojectivité des vecteurs vitesses.....	21
2	Notion de point pivot.....	21
2.1	Définition et principe	21
2.2	Utilisation de la notion de point pivot.....	21
2.3	Trajectoire du centre de gravité G.....	21
3	Dynamique du navire - effet d'une force sur un navire.....	21
3.1	Principe fondamental de la dynamique appliquée au navire.....	21
3.2	Effets d'une force sur le navire	21
4	Notions d'inertie et de masse ajoutée	21
4.1	Exemple des différentes inerties créées par une giration	21
4.1.1	Eléments favorisant le glissement.....	21
4.1.2	Comment visualiser le glissement.....	21
5	Force exercée par un fluide sur un solide : Théorie du plan mince ...	21
6	Force exercée par le vent sur le navire	21
6.1	Vent apparent.....	21
6.2	Effet du vent sur le navire	21
6.2.1	Vent de l'avant	21
6.2.2	Vent de l'arrière.....	21
6.2.3	Vent de travers	21
6.2.4	Effet du vent sur le plan transversal et longitudinal.....	21
6.3	Position du centre instantané de voilure	21
6.4	Calcul des forces appliquées sur une voilure	22
6.5	Effet du vent – déplacement du centre instantané de voilure -Position d'équilibre	22
6.5.1	Position d'équilibre - navire stoppé - C sur l'arrière - vent de travers	22
6.5.2	Position d'équilibre - navire stoppé - C sur l'avant - vent de travers	22
7	Forces exercées par l'eau sur le navire - Résistance de carène.....	22
8	Résistance de carène à la marche directe.....	22
8.1	Résistance de carène = Résistance de vagues + résistance visqueuse...22	
8.1.1	Résistance de vagues.....	22
8.1.2	Résistance de pression	22
8.1.3	Résistance de frottement	22
9	Résistance à la marche oblique.....	22
9.1	Effets de l'eau sur la coque en mouvement	22
9.1.1	Navire dérivant en marche avant	22
9.1.2	Navire dérivant en marche arrière.....	22
9.1.3	Navire en giration pure (sans dérive).....	22

9.2	Action du courant en eaux resserrées sur la carène.....	22
9.3	Effets conjugués du vent et des résistances de carène – positions d'équilibre.....	22
9.3.1	Navire stoppé	22
9.3.2	Navire en marche avant (barre à zéro)	22
9.3.3	Navire en marche arrière.....	22
9.3.4	Navire stoppé dans une position quelconque	22
9.4	Effets de la gîte	22
9.5	Trainée, portance et vitesse de sécurité.....	22
10	Synthèse.....	22

Notions complémentaires sur l'hydrodynamique du navire.....23

1	Introduction aux notions complémentaires sur l'hydrodynamique du navire	23
2	Généralités sur les écoulements.....	23
2.1	Définition de la pression	23
2.2	La viscosité	23
2.3	La couche limite.....	23
2.4	La qualité des écoulements : l'expérience de Reynolds.....	23
3	La résistance de frottement.....	23
3.1	Effet de forme	23
3.2	Salissure de la carène	23
3.3	Vieillessement de la carène	23
4	La résistance de pression	23
4.1	Equations de continuité.....	23
4.2	La loi de Bernoulli - conservation de l'énergie.....	23
4.3	Théorème d'Euler	23
4.4	Mise en évidence de la résistance de pression	23
5	La résistance des vagues.....	23
6	Les résistances de carène	23
6.1	Les décollements.....	23
6.2	Surfaces de référence	23
6.3	Résistance des appendices	23
6.4	Synthèse	23
6.5	En résumé	23
7	Dynamique du navire.....	23
8	Le bassin d'essai des carènes.....	23
8.1	La résistance de carène	23
8.2	Lois des similitudes	23
8.2.1	Similitude de Reech-Froude.....	24
8.2.2	Similitude de Reynolds	24
8.3	Extrapolation des résultats des essais.....	24
8.4	Autres types d'essais.....	24
8.5	Calcul des efforts exercés sur la carène	24
8.6	Exemple de calcul de limite de faisabilité d'une manœuvre.....	24

8.6.1	Limite vent traversier	24
8.6.2	vitesse minimale compatible avec la dérive et la gouverne	24

Effet du vent sur les œuvres mortes25

1	Effet du vent sur les œuvres mortes.....	25
1.1	Le vent	25
2	Le navire.....	25
2.1	Exemple d'application numérique	25
2.2	Courbes de coefficients aérodynamiques.....	25
2.2.1	Courbe du VLCC	25
2.2.2	Courbes du porte-conteneurs	25
2.2.3	Courbes du ferry ou du paquebot.....	25
3	Influences des œuvres mortes.....	25
3.1	Exemple de pondération du coefficient aérodynamique C_y	25
3.2	Formule simplifiée.....	25

L'influence de la houle.....26

1	Formation et développement de la houle.....	26
2	Comportement du navire mer de travers – roulis	26
3	Comportement du navire mer de l'avant – tangage, pilonnement.....	26
3.1	: Longueur d'onde de la houle et L : Longueur du navire.....	26
3.2	Phénomène de « <i>slamming</i> ».....	26
4	Comportement du navire mer de l'arrière	26
4.1	Effets de lacet dans la houle.....	26
5	Comportement du navire par mauvais temps	26
5.1	La cape.....	26
5.2	La fuite.....	26

La giration27

1	Giration : le rôle du safran.....	27
1.1	Le moment d'évolution	27
2	Les phases de la giration.....	27
2.1	La phase de manœuvre	27
2.2	La phase d'évolution	27
2.3	La phase de giration.....	27
3	La courbe de giration.....	27
3.1	Le point giratoire	27
3.2	Le taux de giration	27
3.2.1	La giration à taux constant.....	27
4	Les facteurs influant sur la courbe de giration.....	27
4.1	Influence de la vitesse.....	27
4.1.1	Le phénomène de « <i>skidding</i> ».....	27
4.2	Influence de l'angle de barre.....	27
4.3	Influence du vent et du courant.....	27

4.4	Influences dues aux caractéristiques du navire	27
4.5	Influence de l'assiette du navire	27
4.6	Couplage roulis / lacet	27
5	Le tracé d'un point de giration.....	27
6	Stabilité de cap – essai de zigzag.....	27
6.1	Comparaison entre capacité de giration et stabilité de route.....	27
7	Utilisation de la giration en manœuvre – effet d'une force	27
Partie 3 : le navire en manœuvre.....		28
La navigation par petits fonds		28
1	Le surenfoncement	28
1.1	Le phénomène de freinage	28
1.2	Le phénomène d'enfoncement ou d'accroupissement (squat)	28
2	Calcul de squat : formule de Barras.....	28
2.1	Formule de Barras.....	28
2.2	Abaque du « National Physical Laboratory »	28
2.3	Modélisation numérique	28
3	L'influence sur le cercle de giration	28
4	L'influence sur les distances d'arrêt d'urgence	28
La navigation en rivière et en chenaux		29
1	Particularités de la navigation en rivière.....	29
1.1	La régulation des navires en rivière	29
1.2	Particularités liés au fleuve	29
1.2.1	Les Courants	29
1.2.2	Le courant de marée.....	29
1.2.3	Le débit du fleuve	29
1.2.4	Les sections et les courbes	29
1.2.5	Influence du courant sur l'évolution d'un navire dans une courbe.....	29
1.2.6	Changement de densité	29
1.2.7	Le profil de la rivière	29
1.2.8	Le bouchon vaseux	29
2	Particularités du comportement dynamique du navire en rivière	29
2.1	Chenalage porté par le courant ou face au courant	29
2.2	Notions dynamiques	29
2.3	Phénomènes physiques en jeu.....	29
2.3.1	Renvoi de berge	29
2.3.2	La dérive de giration en rivière (glissement ; « <i>skidding</i> »).....	29
2.3.3	Effet de souille	29
2.4	Interactions entre navires	29
2.4.1	Croisement.....	29
2.4.2	Dépassement	29
2.4.3	Exemple tiré d'un fait réel	29
3	Exemple de manœuvre dans le courant	29
3.1	Effets du courant sur la carène.....	29

3.2	Manœuvre d'accostage contre le courant.....	29
3.3	Manœuvre d'appareillage contre le courant.....	29
3.4	Manœuvre d'accostage avec le courant	30
3.5	Manœuvre d'appareillage avec le courant	30
3.6	Evitage dans le courant sur l'ancre	30
3.7	Evitage avec une partie dans la molle eau	30

Le mouillage en rade foraine31

1	Domaines d'utilisation.....	31
2	La tenue au mouillage.....	31
2.1	Tenue de l'ancre sur le fond.....	31
2.2	Forces exercées sur le navire	31
3	Les différentes méthodes de mouillage	31
3.1	Mouillage sur une ancre.....	31
3.2	Mouillage sur deux ancres: affourchage	31
3.3	Mouillage de gros temps.....	31
3.3.1	Mouillage en barbe	31
3.3.2	Mouillage en plomb de sonde	31
3.4	L'embossage	31
3.5	Le mouillage dans les manœuvres portuaires	31
3.5.1	Le mouillage d'urgence	31
3.5.2	Mouiller à draguer.....	31
3.5.3	Mouiller à saisir.....	31
3.5.4	Le mouillage pour préparer l'appareillage	31
3.5.5	Le Mouillage (méditerranéen) pour s'amarrer cul à quai.....	31
4	Pratique du mouillage.....	31
4.1	Choix du mouillage.....	31
4.2	Longueur de chaîne à filer: la touée.....	31
4.3	Préparation et présentation.....	31
4.4	Mouillage sans vent et sans courant.....	31
4.5	Mouillage avec vent.....	31
4.5.1	Vent de face	31
4.5.2	Vent arrière	31
4.6	Mouillage avec du courant de face	31
4.7	Exécution du mouillage	31
4.8	Surveillance du mouillage.....	31
4.8.1	Les moyens de surveillance	32
4.8.2	Les risques de chasser de son poste	32
4.9	Cas particulier des VLCC	32
4.10	Appareillage sur une ancre.....	32
5	Glossaire	32

Les manœuvres d'homme à la mer.....33

1	Conditions de récupération.....	33
2	Chute de l'homme constatée immédiatement	33

2.1	Actions planifiées	33
2.2	La mise à l'eau de l'embarcation	33
2.3	Manœuvres de repêchage.....	33
2.3.1	Giration – Manœuvre « <i>d'Anderson</i> »	33
2.3.2	Manœuvre de « Boutakoff » ou de « Williamson »	33
2.3.3	Manœuvre en battant en arrière:	33
3	Manœuvres de repêchage sans Rescue	33
4	Chute de l'homme à une heure inconnue	33
4.1	Actions planifiées	33
Les manœuvres d'arrêt du navire		34
1	L'aptitude du navire à s'arrêter.....	34
1.1	Types de propulsion.....	34
1.1.1	Navire à une seule ligne d'arbre, hélice à pales fixes	34
1.1.2	Navire à deux lignes d'arbre, hélices à pales orientables.....	34
2	Les manœuvres d'arrêt programmées.....	34
2.1	Arrêt par inertie.....	34
2.2	Arrêt en battant en arrière	34
2.3	Manœuvre zigzag.....	34
2.4	Calibration de la distance d'arrêt	34
3	La procédure d'urgence	34
3.1	Procédure Crash Stop.....	34
3.2	Arrêt par giration seule	34
3.3	Arrêt d'urgence avec les ancres	34
4	Illustration des distances d'arrêt d'urgence	34
4.1	Distance d'arrêt d'urgence sur porte-conteneurs	34
4.1.1	Par grands fonds.....	34
4.1.2	Par petits fonds.....	34
4.2	Distance d'arrêt d'urgence sur ferry	34
4.2.1	Par grands fonds.....	34
4.2.2	Par petits fonds.....	34
5	Synthèse.....	34
Remorquage.....		35
1	Présentation et généralités	35
2	Remorquage portuaire	35
2.1	Règles	35
2.2	Types de remorqueurs.....	35
2.2.1	Remorqueurs classiques.....	35
2.2.2	Remorqueurs tracteurs	35
2.2.3	Remorqueurs ASD	35
2.2.4	Remorqueurs Rotor.....	35
2.2.5	Récapitulatif.....	35
2.2.6	Remorqueurs et propulseurs.....	35
2.3	Utilisation	35

2.3.1	La vitesse	35
2.3.2	La composition de l'attelage	35
2.3.3	La prise et le largage de la remorque	35
2.3.4	Remorqueur en flèche	35
2.3.5	Remorqueur en pousseur.....	35
2.3.6	Remorqueur en « push-pull ».....	35
2.4	Cas particuliers	35
2.4.1	Travail en indirect, à barder	35
2.4.2	Remorqueur en patte d'oie	35
2.4.3	Remorqueur en « mouton ».....	35
3	Remorquage d'escorte	35
3.1	Règles	35
3.2	Types de remorqueurs.....	35
3.3	Procédures et précautions	35
4	Remorquage d'assistance.....	35
4.1	Types de remorqueurs.....	35
4.2	Equipements : navires et remorqueurs	35
4.2.1	Les navires	36
4.2.2	Les remorqueurs.....	36
4.3	Procédure	36
4.3.1	Passage de la remorque du remorqueur	36
4.3.2	Passage de la remorque du navire	36
4.3.3	Remorquage	36

La coopération avec les pilotes.....37

1	Implication du pilote sur la passerelle – « <i>Bridge resource management</i> »	37
2	Renseignements à communiquer au pilote – « <i>Master pilot exchange</i> »	37
2.1	Généralités	37
2.2	Tâches du capitaine, des officiers à la passerelle et du pilote	37
2.3	Procédures de demande d'un pilote.....	37
2.4	Échange de renseignements entre le capitaine et le pilote	37
2.5	Langue à utiliser pour les communications.....	37
2.6	Notification des incidents et accidents.....	37
3	L'embarquement et de débarquement du pilote	37
3.1	Transfert du pilote par hélicoptère	37

Pratique de manœuvres à quai38

1	Préambule	38
2	Les outils à disposition du manœuvrier à la passerelle.....	38
2.1	Le groupe moteur / propulseur.....	38
2.2	Le couple « allure machine / vitesse du navire »	38
2.3	Les cas de perte de gouverne	38
2.4	Le safran	38

2.5	Le propulseur d'étrave	38
2.5.1	Déplacement en marche arrière.....	38
2.5.2	Déplacement transversal	38
2.5.3	Contrer la dérive	38
2.5.4	Evitage	38
2.6	Le propulseur arrière (d'étambot).....	38
2.7	L'emploi des amarres.....	38
2.7.1	Exemple : faire avant sur la garde avant	38
3	Le navire en mouvement	38
3.1	Rappel sur le point pivot.....	38
3.2	Le sens de la résultante des forces	38
3.3	Position du point pivot en manœuvre	38
3.3.1	Navire en marche avant	38
3.3.2	Utilisation du propulseur d'étrave lorsque le navire a de l'erre en avant, barre à zéro.....	38
3.3.3	Navire stoppé	38
3.3.4	Navire en marche arrière.....	38
3.3.5	Utilisation du propulseur d'étrave lorsque le navire bat en arrière.....	38
3.3.6	Accostage bâbord à quai sans propulseur ; accostage d'un quai...	38
3.3.7	Accostage bâbord à quai ; accostage dans une écluse.....	38
3.3.8	Accostage bâbord à quai : navire équipé d'un propulseur d'étrave 38	
3.3.9	Accostage tribord à quai sans propulseur : accostage en direct ou dans une écluse	38
3.3.10	Accostage tribord à quai : navire équipé d'un propulseur d'étrave 39	
3.3.11	Appareillage bâbord à quai:	39
3.3.12	Appareillage tribord à quai ; navire sans propulseur d'étrave.....	39
3.3.13	Appareillage tribord à quai ; navire avec propulseur d'étrave:	39
3.4	L'estimation de la vitesse.....	39
3.4.1	La vitesse longitudinale:	39
3.4.2	La vitesse transversale lorsque le navire suit un cap.....	39
3.4.3	L'estimation de la dérive lorsque le navire est en giration.....	39
3.4.4	La vitesse angulaire.....	39
3.5	Les effets perturbateurs: le vent.....	39
3.5.1	Point d'application de la force du vent: le centre vélique	39
3.5.2	Scénario de la manœuvre suivant la direction du vent.....	39
Aide à la formation à la manœuvre : la simulation.....		40
1	Formation sur simulateur de manœuvre	40
2	Formation sur maquette	40
Réglementation.....		41
1	Réglementation	41
1.1	Réglementation relative à la sécurité (Solas).....	41

1.1.1	Utilisation de la machine en marche arrière.....	41
1.1.2	Utilisation du pilote automatique et de l'appareil à gouverner	41
1.1.3	Visibilité à la passerelle	41
1.2	Recommandations de l'OMI relatives à la manœuvrabilité des navires	41
1.2.1	MSC / Circ.389	41
1.2.2	Résolution A.601 (15).....	41
1.2.3	Résolution A.751 (18) – Résolution MSC 137 (76).....	41
1.2.4	MSC/Circ. 1053	41
1.3	Normes OMI de manœuvre définies dans la Résolution A.751 (18)	41
1.4	Essais de manœuvres	41
2	Ordre de règles de barre.....	41
2.1	Exemples.....	41
3	STCW 95	41
	Annexes	42
	Bibliographie	42
	Crédits photos.....	42
	Index alphabétique.....	42

Préface

Remerciements

Sommaire

Avant-propos

Introduction à la manœuvre

Partie 1 : Le navire

Caractéristiques et définition du navire

1 Description du navire

2 Termes et descriptifs des mouvements du navire

3 Les formes du navire

3.1 Ratio longueur / largeur

3.2 Tirant d'eau

4 Inertie du navire - rapport Déplacement / Puissance

5 Propulsion

5.1 Différents types de propulsion

5.1.1 Moteur diesel lent / hélice à pales fixes

5.1.2 Moteur diesel semi-rapide / embrayage / réducteur / hélice à pales orientables

5.1.3 Moteur diesel semi-rapide (ou rapide) / réducteur / inverseur / hélice à pas fixe

5.1.4 Moteur diesel rapide (ou semi-rapide) / réducteur / propulseur orientable

5.1.5 Chaudière à vapeur / groupe turbo réducteur / hélice à pales fixes

5.1.6 Moteur diesel / alternateur / variateur de fréquence / moteur synchrone / hélice à pales fixes

Les appareils de manœuvre

1 Les appareils de mouillage - les ancrés

1.1 Plage de manœuvre avant

1.2 La ligne de mouillage

1.2.1 L'ancre

1.2.2 La chaîne

1.3 Le nombre d'armement

2 Les appareils d'amarrage – les amarres

2.1 Les différents types d'amarres

2.1.1 La structure des amarres

2.1.2 Les matériaux des amarres

2.1.3 Les dangers liés à l'utilisation des amarres

2.2 Les quais d'amarrage

2.3 Les dispositifs d'amarrage

2.3.1 Les plages de manœuvre

2.3.2 Disposition des amarres

2.3.3 Répartition des forces dans la verticalité

2.3.4 Les différentes configurations d'amarrage

2.3.5 Les amarrages sur bouée

2.3.6 Les aides électroniques à l'amarrage

Le gouvernail

1 Le gouvernail passif

- 1.1 Caractéristiques et propriétés du gouvernail**
- 1.2 Portance et trainée**
- 1.3 Les profils de safran**
- 1.4 Le moment de redressement**
- 1.5 Le gouvernail à aileron**
- 1.6 La tuyère orientable**
- 1.7 Le safran profilé**
- 1.8 Les safrans contrôleurs de flux**
- 1.9 Les safrans à rotors**
- 1.10 Les gouvernes à lame**

2 Le gouvernail actif

- 2.1 Gouvernail actif à hélice**
- 2.2 Gouvernail actif par hydrojet**

3 Les problèmes liés à la cavitation

- 3.1 Safran « Twisted Leading Edge profile »**
- 3.2 Gouvernail profilé Promas**
- 3.3 Déflecteurs de filets d'eau**

L'hélice

1 Le moyen de propulsion

1.1 Pas de l'hélice

2 Poussée de l'hélice

2.1 Forces sur une pale

2.2 Fonctionnement de l'hélice en manœuvre

2.3 L'effet évolutif : « effet de pas »

3 L'hélice à pales fixes

3.1 Effet évolutif d'une hélice pales fixes en marche avant

3.2 Effets évolutifs d'une hélice pales fixes en marche arrière

4 Hélices à pales orientables (à pas variable)

4.1 Fonctionnement

4.2 Effet évolutif d'une hélice à pales orientables en marche avant

4.3 Effets évolutifs d'une hélice à pales orientables en marche arrière

4.4 Avantages de l'hélice à pales orientables

4.5 Inconvénients de l'hélice à pales orientables

5 Navire équipé de deux lignes d'arbre

5.1 L'effet d'excentricité

5.2 Effet de différenciation

5.3 Montage supra-divergent ou supra-convergent

5.4 Navire équipé de 2 lignes d'arbre avec 2 hélices à pales fixes

5.4.1 Hélices supra-divergentes, pales fixes

5.4.2 Hélices supra-convergentes, pales fixes

5.5 Navire équipé de 2 lignes d'arbre avec 2 hélices à pales orientables

5.5.1 Hélices supra-divergentes, pales orientables

5.5.2 Hélices supra-convergentes, pales orientables

6 Les effets du Vortex; problèmes liés à la cavitation

6.1 Phénomène de cavitation

6.2 Décrochage

6.3 Phénomène d'aération

6.4 Recouvrement

6.5 Déversement

Les propulseurs d'étrave et d'étambot

1 Propulseur à hélice en tunnel

1.1 Fonctionnement

1.2 Limites d'utilisation du propulseur à hélice en tunnel

1.2.1 La poussée

1.2.2 Efficacité du propulseur en tunnel, navire stoppé ou en route

1.2.3 Influence du propulseur sur l'erre du navire

1.2.4 La cavitation

2 Les propulseurs sans tirant d'eau

3 L'emploi du propulseur

3.1 Augmentation du moment de giration

Les autres moyens de propulsion

1 Les propulseurs orientables

1.1 Principe

1.2 Propulseur azimuthaux par entraînement électrique en Pod

1.2.1 Les différents types de Pod

1.2.2 Performances

1.2.3 Utilisation en manœuvre

1.3 Propulseurs azimuthaux par entraînement mécanique

1.3.1 Les différentes configurations

1.3.2 Utilisation en manœuvre

2 La propulsion par hydrojet

2.1 Principe de fonctionnement

2.2 Performances

2.3 Utilisation en manœuvre

2.3.1 Mode « Mer »

2.3.2 Mode « Port » avec ou sans bouton rotatif

3 La propulsion épicycloïdale : Voith-Schneider

3.1 Principe de fonctionnement

3.2 Performances

3.3 Utilisation en manœuvre

Partie 2 : le navire en mouvement

Navire en mouvement : Notions élémentaires

1 Cinématique du navire

1.1 Référentiels d'étude

1.2 Cinématique et trajectoire

1.3 Analyse des mouvements du navire - Equiprojectivité des vecteurs vitesses

2 Notion de point pivot

2.1 Définition et principe

2.2 Utilisation de la notion de point pivot

2.3 Trajectoire du centre de gravité G

3 Dynamique du navire - effet d'une force sur un navire

3.1 Principe fondamental de la dynamique appliquée au navire

3.2 Effets d'une force sur le navire

4 Notions d'inertie et de masse ajoutée

4.1 Exemple des différentes inerties créées par une giration

4.1.1 Eléments favorisant le glissement

4.1.2 Comment visualiser le glissement

5 Force exercée par un fluide sur un solide : Théorie du plan mince

6 Force exercée par le vent sur le navire

6.1 Vent apparent

6.2 Effet du vent sur le navire

6.2.1 Vent de l'avant

6.2.2 Vent de l'arrière

6.2.3 Vent de travers

6.2.4 Effet du vent sur le plan transversal et longitudinal

6.3 Position du centre instantané de voilure

6.4 Calcul des forces appliquées sur une voileure

6.5 Effet du vent – déplacement du centre instantané de voileure -Position d'équilibre

6.5.1 Position d'équilibre - navire stoppé - C sur l'arrière - vent de travers

6.5.2 Position d'équilibre - navire stoppé - C sur l'avant - vent de travers

7 Forces exercées par l'eau sur le navire - Résistance de carène

8 Résistance de carène à la marche directe

8.1 Résistance de carène = Résistance de vagues + résistance visqueuse

8.1.1 Résistance de vagues

8.1.2 Résistance de pression

8.1.3 Résistance de frottement

9 Résistance à la marche oblique

9.1 Effets de l'eau sur la coque en mouvement

9.1.1 Navire dérivant en marche avant

9.1.2 Navire dérivant en marche arrière

9.1.3 Navire en giration pure (sans dérive)

9.2 Action du courant en eaux resserrées sur la carène

9.3 Effets conjugués du vent et des résistances de carène – positions d'équilibre

9.3.1 Navire stoppé

9.3.2 Navire en marche avant (barre à zéro)

9.3.3 Navire en marche arrière

9.3.4 Navire stoppé dans une position quelconque

9.4 Effets de la gîte

9.5 Trainée, portance et vitesse de sécurité

10 Synthèse

Notions complémentaires sur l'hydrodynamique du navire

- 1 Introduction aux notions complémentaires sur l'hydrodynamique du navire**
- 2 Généralités sur les écoulements**
 - 2.1 Définition de la pression
 - 2.2 La viscosité
 - 2.3 La couche limite
 - 2.4 La qualité des écoulements : l'expérience de Reynolds
- 3 La résistance de frottement**
 - 3.1 Effet de forme
 - 3.2 Salissure de la carène
 - 3.3 Vieillessement de la carène
- 4 La résistance de pression**
 - 4.1 Equations de continuité
 - 4.2 La loi de Bernoulli - conservation de l'énergie
 - 4.3 Théorème d'Euler
 - 4.4 Mise en évidence de la résistance de pression
- 5 La résistance des vagues**
- 6 Les résistances de carène**
 - 6.1 Les décollements
 - 6.2 Surfaces de référence
 - 6.3 Résistance des appendices
 - 6.4 Synthèse
 - 6.5 En résumé
- 7 Dynamique du navire**
- 8 Le bassin d'essai des carènes**
 - 8.1 La résistance de carène
 - 8.2 Lois des similitudes

8.2.1 Similitude de Reech-Froude

8.2.2 Similitude de Reynolds

8.3 Extrapolation des résultats des essais

8.4 Autres types d'essais

8.5 Calcul des efforts exercés sur la carène

8.6 Exemple de calcul de limite de faisabilité d'une manœuvre

8.6.1 Limite vent traversier

8.6.2 vitesse minimale compatible avec la dérive et la gouverne

Effet du vent sur les œuvres mortes

1 Effet du vent sur les œuvres mortes

1.1 Le vent

2 Le navire

2.1 Exemple d'application numérique

2.2 Courbes de coefficients aérodynamiques

2.2.1 Courbe du VLCC

2.2.2 Courbes du porte-conteneurs

2.2.3 Courbes du ferry ou du paquebot

3 Influences des œuvres mortes

3.1 Exemple de pondération du coefficient aérodynamique C_y

3.2 Formule simplifiée

L'influence de la houle

- 1 Formation et développement de la houle**
- 2 Comportement du navire mer de travers – roulis**
- 3 Comportement du navire mer de l'avant – tangage, pilonnement**
 - 3.1 λ : Longueur d'onde de la houle et L : Longueur du navire
 - 3.2 Phénomène de « *slamming* »
- 4 Comportement du navire mer de l'arrière**
 - 4.1 Effets de lacet dans la houle
- 5 Comportement du navire par mauvais temps**
 - 5.1 La cape
 - 5.2 La fuite

La giration

1 Giration : le rôle du safran

1.1 Le moment d'évolution

2 Les phases de la giration

2.1 La phase de manœuvre

2.2 La phase d'évolution

2.3 La phase de giration

3 La courbe de giration

3.1 Le point giratoire

3.2 Le taux de giration

3.2.1 La giration à taux constant

4 Les facteurs influant sur la courbe de giration

4.1 Influence de la vitesse

4.1.1 Le phénomène de « *skidding* »

4.2 Influence de l'angle de barre

4.3 Influence du vent et du courant

4.4 Influences dues aux caractéristiques du navire

4.5 Influence de l'assiette du navire

4.6 Couplage roulis / lacet

5 Le tracé d'un point de giration

6 Stabilité de cap – essai de zigzag

6.1 Comparaison entre capacité de giration et stabilité de route

7 Utilisation de la giration en manœuvre – effet d'une force

Partie 3 : le navire en manœuvre

La navigation par petits fonds

1 Le surenfoncement

1.1 Le phénomène de freinage

1.2 Le phénomène d'enfoncement ou d'accroupissement (squat)

2 Calcul de squat : formule de Barras

2.1 Formule de Barras

2.2 Abaque du « National Physical Laboratory »

2.3 Modélisation numérique

3 L'influence sur le cercle de giration

4 L'influence sur les distances d'arrêt d'urgence

La navigation en rivière et en chenaux

1 Particularités de la navigation en rivière

1.1 La régulation des navires en rivière

1.2 Particularités liés au fleuve

1.2.1 Les Courants

1.2.2 Le courant de marée

1.2.3 Le débit du fleuve

1.2.4 Les sections et les courbes

1.2.5 Influence du courant sur l'évolution d'un navire dans une courbe

1.2.6 Changement de densité

1.2.7 Le profil de la rivière

1.2.8 Le bouchon vaseux

2 Particularités du comportement dynamique du navire en rivière

2.1 Chenalage porté par le courant ou face au courant

2.2 Notions dynamiques

2.3 Phénomènes physiques en jeu

2.3.1 Renvoi de berge

2.3.2 La dérive de giration en rivière (glissement ; « *skidding* »)

2.3.3 Effet de souille

2.4 Interactions entre navires

2.4.1 Croisement

2.4.2 Dépassement

2.4.3 Exemple tiré d'un fait réel

3 Exemple de manœuvre dans le courant

3.1 Effets du courant sur la carène

3.2 Manœuvre d'accostage contre le courant

3.3 Manœuvre d'appareillage contre le courant

- 3.4 Manœuvre d'accostage avec le courant**
- 3.5 Manœuvre d'appareillage avec le courant**
- 3.6 Evitage dans le courant sur l'ancre**
- 3.7 Evitage avec une partie dans la molle eau**

Le mouillage en rade foraine

1 Domaines d'utilisation

2 La tenue au mouillage

2.1 Tenue de l'ancre sur le fond

2.2 Forces exercées sur le navire

3 Les différentes méthodes de mouillage

3.1 Mouillage sur une ancre

3.2 Mouillage sur deux ancres: affourchage

3.3 Mouillage de gros temps

3.3.1 Mouillage en barbe

3.3.2 Mouillage en plomb de sonde

3.4 L'embossage

3.5 Le mouillage dans les manœuvres portuaires

3.5.1 Le mouillage d'urgence

3.5.2 Mouiller à draguer

3.5.3 Mouiller à saisir

3.5.4 Le mouillage pour préparer l'appareillage

3.5.5 Le Mouillage (méditerranéen) pour s'amarrer cul à quai

4 Pratique du mouillage

4.1 Choix du mouillage

4.2 Longueur de chaîne à filer: la touée

4.3 Préparation et présentation

4.4 Mouillage sans vent et sans courant

4.5 Mouillage avec vent

4.5.1 Vent de face

4.5.2 Vent arrière

4.6 Mouillage avec du courant de face

4.7 Exécution du mouillage

4.8 Surveillance du mouillage

4.8.1 Les moyens de surveillance

4.8.2 Les risques de chasser de son poste

4.9 Cas particulier des VLCC

4.10 Appareillage sur une ancre

5 Glossaire

Les manœuvres d'homme à la mer

1 Conditions de récupération

2 Chute de l'homme constatée immédiatement

2.1 Actions planifiées

2.2 La mise à l'eau de l'embarcation

2.3 Manœuvres de repêchage

2.3.1 Giration – Manœuvre « *d'Anderson* »

2.3.2 Manœuvre de « Boutakoff » ou de « Williamson »

2.3.3 Manœuvre en battant en arrière:

3 Manœuvres de repêchage sans Rescue

4 Chute de l'homme à une heure inconnue

4.1 Actions planifiées

Les manœuvres d'arrêt du navire

1 L'aptitude du navire à s'arrêter

1.1 Types de propulsion

1.1.1 Navire à une seule ligne d'arbre, hélice à pales fixes

1.1.2 Navire à deux lignes d'arbre, hélices à pales orientables

2 Les manœuvres d'arrêt programmées

2.1 Arrêt par inertie

2.2 Arrêt en battant en arrière

2.3 Manœuvre zigzag

2.4 Calibration de la distance d'arrêt

3 La procédure d'urgence

3.1 Procédure Crash Stop

3.2 Arrêt par giration seule

3.3 Arrêt d'urgence avec les ancres

4 Illustration des distances d'arrêt d'urgence

4.1 Distance d'arrêt d'urgence sur porte-conteneurs

4.1.1 Par grands fonds

4.1.2 Par petits fonds

4.2 Distance d'arrêt d'urgence sur ferry

4.2.1 Par grands fonds

4.2.2 Par petits fonds

5 Synthèse

Remorquage

1 Présentation et généralités

2 Remorquage portuaire

2.1 Règles

2.2 Types de remorqueurs

2.2.1 Remorqueurs classiques

2.2.2 Remorqueurs tracteurs

2.2.3 Remorqueurs ASD

2.2.4 Remorqueurs Rotor

2.2.5 Récapitulatif

2.2.6 Remorqueurs et propulseurs

2.3 Utilisation

2.3.1 La vitesse

2.3.2 La composition de l'attelage

2.3.3 La prise et le largage de la remorque

2.3.4 Remorqueur en flèche

2.3.5 Remorqueur en pousseur

2.3.6 Remorqueur en « push-pull »

2.4 Cas particuliers

2.4.1 Travail en indirect, à barder

2.4.2 Remorqueur en patte d'oie

2.4.3 Remorqueur en « mouton »

3 Remorquage d'escorte

3.1 Règles

3.2 Types de remorqueurs

3.3 Procédures et précautions

4 Remorquage d'assistance

4.1 Types de remorqueurs

4.2 Equipements : navires et remorqueurs

4.2.1 Les navires

4.2.2 Les remorqueurs

4.3 Procédure

4.3.1 Passage de la remorque du remorqueur

4.3.2 Passage de la remorque du navire

4.3.3 Remorquage

La coopération avec les pilotes

- 1 Implication du pilote sur la passerelle – « *Bridge resource management* »**
- 2 Renseignements à communiquer au pilote – « *Master pilot exchange* »**
 - 2.1 Généralités**
 - 2.2 Tâches du capitaine, des officiers à la passerelle et du pilote**
 - 2.3 Procédures de demande d'un pilote**
 - 2.4 Échange de renseignements entre le capitaine et le pilote**
 - 2.5 Langue à utiliser pour les communications**
 - 2.6 Notification des incidents et accidents**
- 3 L'embarquement et de débarquement du pilote**
 - 3.1 Transfert du pilote par hélicoptère**

Pratique de manœuvres à quai

1 Préambule

2 Les outils à disposition du manœuvrier à la passerelle

2.1 Le groupe moteur / propulseur.

2.2 Le couple « allure machine / vitesse du navire »

2.3 Les cas de perte de gouverne

2.4 Le safran

2.5 Le propulseur d'étrave

2.5.1 Déplacement en marche arrière

2.5.2 Déplacement transversal

2.5.3 Contrer la dérive

2.5.4 Evitage

2.6 Le propulseur arrière (d'étambot)

2.7 L'emploi des amarres

2.7.1 Exemple : faire avant sur la garde avant

3 Le navire en mouvement

3.1 Rappel sur le point pivot

3.2 Le sens de la résultante des forces

3.3 Position du point pivot en manœuvre

3.3.1 Navire en marche avant

3.3.2 Utilisation du propulseur d'étrave lorsque le navire a de l'erre en avant, barre à zéro

3.3.3 Navire stoppé

3.3.4 Navire en marche arrière

3.3.5 Utilisation du propulseur d'étrave lorsque le navire bat en arrière

3.3.6 Accostage bâbord à quai sans propulseur ; accostage d'un quai

3.3.7 Accostage bâbord à quai ; accostage dans une écluse

3.3.8 Accostage bâbord à quai : navire équipé d'un propulseur d'étrave

3.3.9 Accostage tribord à quai sans propulseur : accostage en direct ou dans une écluse

3.3.10 Accostage tribord à quai : navire équipé d'un propulseur d'étrave

3.3.11 Appareillage bâbord à quai:

3.3.12 Appareillage tribord à quai ; navire sans propulseur d'étrave

3.3.13 Appareillage tribord à quai ; navire avec propulseur d'étrave:

3.4 L'estimation de la vitesse

3.4.1 La vitesse longitudinale:

3.4.2 La vitesse transversale lorsque le navire suit un cap

3.4.3 L'estimation de la dérive lorsque le navire est en giration

3.4.4 La vitesse angulaire

3.5 Les effets perturbateurs: le vent

3.5.1 Point d'application de la force du vent: le centre vélique

3.5.2 Scénario de la manœuvre suivant la direction du vent

Aide à la formation à la manœuvre : la simulation

- 1 Formation sur simulateur de manœuvre**
- 2 Formation sur maquette**

Réglementation

1 Réglementation

1.1 Réglementation relative à la sécurité (Solas)

- 1.1.1 Utilisation de la machine en marche arrière
- 1.1.2 Utilisation du pilote automatique et de l'appareil à gouverner
- 1.1.3 Visibilité à la passerelle

1.2 Recommandations de l'OMI relatives à la manœuvrabilité des navires

- 1.2.1 MSC / Circ.389
- 1.2.2 Résolution A.601 (15)
- 1.2.3 Résolution A.751 (18) – Résolution MSC 137 (76)
- 1.2.4 MSC/Circ. 1053

1.3 Normes OMI de manœuvre définies dans la Résolution A.751 (18)

1.4 Essais de manœuvres

2 Ordre de règles de barre

2.1 Exemples

3 STCW 95

Annexes
Bibliographie
Crédits photos
Index alphabétique