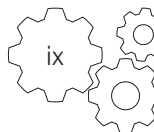


TABLE DES MATIÈRES

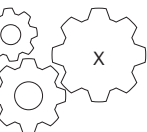
Liste des figures et du tableau	xvii
Introduction	1
PARTIE I LES MOTEURS DIESEL ET LEURS PRINCIPES DE FONCTIONNEMENT.....	3
Chapitre 1 Introduction aux moteurs diesel marins.....	5
1.1 Termes spécifiques aux cylindres.....	5
1.1.1 Point mort bas et point mort haut	6
1.1.2 Course et alésage	7
1.1.3 Cylindrée	7
1.1.4 Espace mort	8
1.1.5 Taux de compression	8
1.1.6 Vitesse moyenne du piston dans le cylindre	9
1.1.7 Effet	9
1.2 Principes de fonctionnement.....	9
1.2.1 Cycle et temps	10
1.2.2 Moteur à cycle à quatre temps	11
1.2.3 Moteur à cycle à deux temps	12
1.3 Classification des moteurs diesel.....	14
1.3.1 Classification selon le mode de réaction du pied de bielle	14
1.3.1.1 Moteurs à pistons fourreaux	14
1.3.1.2 Moteurs à crosse	14
1.3.2 Classification selon la disposition des cylindres.....	16
1.3.2.1 Moteurs à cylindres en ligne	16
1.3.2.2 Moteurs à cylindres en V.....	16
1.3.3 Classification selon la disposition des pistons	17
1.3.4 Classification selon la vitesse de rotation du vilebrequin	20
1.3.5 Classification selon l'utilisation des moteurs	20
1.3.6 Classification selon le combustible utilisé	20
1.3.7 Classification selon les normes de pollution	20
1.4 Données techniques des moteurs.....	21
1.4.1 Numérotation des cylindres et des paliers de vilebrequin.....	21
1.4.2 Angle de calage des manetons et ordre d'allumage	23
1.4.3 Étoile des manetons	24
1.5 L'épuration circulaire.....	24
1.5.1 Moteur à quatre temps	25
1.5.2 Moteur à deux temps	26
1.6 Disposition des moteurs diesel.....	28
1.6.1 Entraînement direct de l'arbre porte-hélice	28
1.6.2 Entraînement indirect de l'arbre porte-hélice	29
1.7 Moteurs diesel auxiliaires.....	31
Questions et activités.....	33



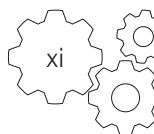
Chapitre 2	Cycles de fonctionnement des moteurs à deux temps et à quatre temps	35
2.1	Étude théorique des cycles des moteurs à combustion interne	36
2.1.1	Historique des moteurs à combustion interne	36
2.1.2	Diagrammes de pression dans le cylindre	37
2.1.3	Cycles théoriques Otto, Diesel et cycle mixte	38
2.1.3.1	Cycle Otto	38
2.1.3.2	Cycle Diesel	40
2.1.3.3	Cycle mixte	42
2.2	Cycles réels des moteurs	43
2.2.1	Moteurs à quatre temps	44
2.2.2	Moteurs à deux temps	46
2.3	Caractéristiques fonctionnelles des moteurs diesel	49
2.3.1	Appareils de mesure de pression des cylindres	49
2.3.2	Mesure de la puissance indiquée et des pressions d'un cylindre	50
2.3.3	Mesure de la puissance effective et rendement mécanique	51
2.3.4	Consommation spécifique	53
2.3.5	Bilan énergétique	54
	Questions et activités	57

PARTIE II LA DESCRIPTION DES MOTEURS DIESEL MARINS 59

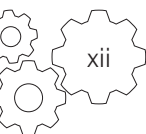
Chapitre 3	Description des moteurs lents	61
3.1	Pièces fixes ou structurales des moteurs lents	62
3.1.1	Plaque de fondation	62
3.1.2	Bâti	66
3.1.3	Bloc-cylindres, chemises, boîte de garnitures et culasses	70
3.1.3.1	Bloc-cylindres	70
3.1.3.2	Chemise	70
3.1.3.3	Boîte à garnitures pour tige de piston	76
3.1.3.4	Culasse	78
3.1.4	Tirants	81
3.2	Pièces mobiles des moteurs lents	84
3.2.1	Pistons et tiges de piston	84
3.2.1.1	Piston à jupe longue d'un moteur Wärtsilä	84
3.2.1.2	Piston à jupe courte d'un moteur MAN	86
3.2.2	Segments	88
3.2.3	Crosse, patins et bielles traditionnelles	90
3.2.3.1	Crosse et patins traditionnels	91
3.2.3.2	Bielle traditionnelle	92
3.2.4	Crosse, patins et bielles modernes	96
3.2.5	Vilebrequin	97
3.2.6	Paliers de vilebrequin	100
3.2.6.1	Coussinets épais	101
3.2.6.2	Coussinets minces	102
3.2.7	Palier de butée	103
3.2.8	Vireur et volant d'inertie	106
3.3	Assemblage d'un moteur lent	108



3.4	Caractéristiques communes des moteurs lents, semi-rapides et rapides	113
3.4.1	Forces appliquées à un segment de compression	113
3.4.2	Jeux de segments	115
3.4.3	Conception des coussinets	117
	Questions et activités	119
	Suggestions d'activités	122
Chapitre 4	Description des moteurs semi-rapides et rapides	123
4.1	Pièces fixes de moteurs semi-rapides et rapides	124
4.1.1	Fixation du vilebrequin	124
4.1.2	Description de moteurs à pistons fourreaux avec vilebrequin supporté	127
4.1.3	Description de moteurs à pistons fourreaux avec vilebrequin suspendu	128
4.1.4	Cuve à huile	129
4.1.5	Chemise	130
	4.1.5.1 Chemise accolée au bloc-cylindres	131
	4.1.5.2 Chemise à enveloppe d'eau	132
4.1.6	Culasse	136
4.2	Pièces mobiles des moteurs semi-rapides et rapides	139
4.2.1	Piston et axe de piston	139
	4.2.1.1 Piston monobloc (avec porte-segments)	141
	4.2.1.2 Piston en deux parties	141
	4.2.1.3 Piston rotatif	144
4.2.2	Segments	147
	4.2.2.1 Segments de compression	148
	4.2.2.2 Segments racleurs	149
4.2.3	Bielle	151
	4.2.3.1 Bielle monobloc et palier de pied de bielle	154
	4.2.3.2 Bielle à tête et à pied rapportés	154
4.2.4	Embiellage des moteurs en V	156
4.2.5	Forces supportées par les têtes de bielle	157
4.2.6	Paliers de bielle et de vilebrequin	158
4.2.7	Vilebrequin	160
4.2.8	Palier de positionnement de vilebrequin	160
4.2.9	Fixation du moteur	162
	4.2.9.1 Fixation rigide	165
	4.2.9.2 Fixation semi-élastique	165
	4.2.9.3 Fixation élastique	166
	Questions et activités	169
PARTIE III	LA DISTRIBUTION ET L'ALIMENTATION EN AIR ET EN CARBURANT	171
Chapitre 5	Mécanisme de commande et construction des soupapes d'admission et d'échappement	173
5.1	Distribution	173
	5.1.1 Construction des cames	174
5.2	Construction des composants de distribution de moteurs à quatre temps	177
	5.2.1 Construction d'un arbre à cames	177
	5.2.1.1 Arbre à cames monobloc	177



5.2.1.2	Arbre à cames en sections	178
5.2.1.3	Arbre à cames en sections avec cames rapportées	178
5.2.1.4	Arbre à cames traditionnel	180
5.2.2	Commandes des arbres à cames	182
5.2.3	Poussoirs et tiges poussoirs	182
5.2.3.1	Poussoir à galet	182
5.2.3.2	Poussoir à plateau	184
5.2.3.3	Poussoir basculeur	186
5.2.3.4	Tige poussoir de soupape	186
5.2.4	Culbuteur	188
5.3	Soupapes d'admission et d'échappement de moteurs à quatre temps actionnées par culbuteurs	189
5.3.1	Construction des soupapes d'admission.	190
5.3.2	Condition d'exploitation et construction des soupapes d'échappement	192
5.3.3	Rotation des soupapes.	195
5.3.4	Réglage des soupapes	197
5.4	Construction et fonctionnement des composants de distribution des moteurs lents	198
5.4.1	Arbres à cames des moteurs Wärtsilä.	198
5.4.2	Arbres à cames des moteurs MAN	200
5.5	Commande hydraulique des soupapes d'échappement	203
5.5.1	Fonctionnement des soupapes à commande hydraulique	203
5.5.1.1	Ouverture de la soupape	203
5.5.1.2	Fermeture de la soupape	203
5.5.1.3	Composants de fermeture de la soupape, de graissage et de sûreté	205
	A. Réglage de la soupape d'échappement.	205
	B. Évacuation de l'air du circuit hydraulique	205
	C. Lubrification de la tige de soupape	206
	D. Dispositifs de sûreté	206
5.5.2	Construction des soupapes d'échappement actionné hydrauliquement	206
5.5.3	Description d'un moteur Wärtsilä sans arbre à cames.	208
	Questions et activités	211
	Suggestions d'activités	212
Chapitre 6	Alimentation en air	213
6.1	Alimentation en air d'un moteur	213
6.2	Suralimentation	214
6.3	Méthodes d'alimentation en gaz de la turbosoufflante	216
6.3.1	Alimentation à pression constante	216
6.3.2	Alimentation à impulsions de pression	216
6.4	Principes de fonctionnement des turbines à gaz du compresseur d'air des turbosoufflantes.	218
6.4.1	Turbine à gaz à écoulement axial	220
6.4.2	Turbine à gaz à écoulement radial.	221
6.4.3	Compresseur d'air	221
6.5	Construction des turbosoufflantes	223
6.5.1	Construction des turbosoufflantes ABB, série VTR	223



6.5.2	Turbosoufflantes à paliers lisses des fabricants ABB et MAN	226
6.5.2.1	Turbosoufflante MAN de série NA	228
6.5.2.2	Turbosoufflante MAN de série TCR	229
6.6	Refroidissement de l'air de suralimentation	230
6.6.1	Construction des réfrigérants à air	230
6.6.2	Dispositif de chauffage de l'air de suralimentation	234
6.7	Méthodes de suralimentation des moteurs à quatre temps et à deux temps	236
6.7.1	Suralimentation des moteurs à quatre temps	236
6.7.2	Suralimentation des moteurs à deux temps	237
6.7.2.1	Balayage longitudinal	237
6.7.2.2	Balayage transversal en boucle	239
6.8	Caractéristiques des gaz et description des composants d'échappement	240
6.8.1	Caractéristiques des gaz d'échappement à la sortie des cylindres	240
6.8.2	Construction des collecteurs d'échappement	242
6.8.3	Silencieux	243
6.9	Dispositifs de récupération d'énergie	243
6.9.1	Chaudières de récupération à tubes de fumée	243
6.9.2	Chaudières de récupération à tubes d'eau ou d'huile thermique	243
6.9.3	Système turbocombiné	245
6.10	Innovations techniques et accessoires à la suralimentation	245
6.10.1	Démarrage d'un moteur diesel avec l'aide d'un jet d'air sous pression à la turbosoufflante	245
6.10.2	Clapet de surpression de l'air de suralimentation	247
6.10.3	Clapet d'interconnexion air-échappement	247
6.10.4	Clapet de dérivation de la turbine	247
	Questions et activités	249
	Suggestions d'activités	250
Chapitre 7	Carburants, combustion et systèmes d'injection	251
7.1	Carburants	251
7.1.1	Classes de carburants pour moteurs diesel	252
7.1.2	Caractéristiques physiques et chimiques des carburants	252
7.2	Combustion	253
7.2.1	Conditions requises à la combustion	253
7.2.2	Délai d'allumage et phases de combustion	254
7.3	Systèmes d'injection mécanique	257
7.3.1	Pompe d'injection	258
7.3.1.1	Pompe alternative à piston à rampe hélicoïdale	258
	A. Fonctionnement d'une pompe à piston à rampe hélicoïdale	258
	B. Construction d'une pompe à rampe hélicoïdale	263
	C. Cas particuliers de pompe d'injection à rampe hélicoïdale	265
7.3.1.2	Pompe d'injection à soupapes commandées	270
	A. Fonctionnement d'une pompe d'injection à soupapes commandées	271
	B. Construction d'une pompe à soupapes commandées	272
7.3.2	Injecteur	274
7.3.2.1	Fonctionnement d'un injecteur	274
7.3.2.2	Construction d'un injecteur	276
7.3.2.3	Refroidissement des injecteurs	278
7.3.3	Tuyauterie des systèmes d'injection	279



7.4	Systèmes d'injection électronique	281
7.4.1	Injection à rampe commune de moteurs diesel à quatre temps	281
7.4.1.1	Construction d'un système d'injection à rampe commune	282
7.4.1.2	Fonctionnement des injecteurs à commande électrique	284
7.4.2	Injection électronique de moteurs diesel à deux temps	285
7.4.2.1	Construction d'un amplificateur de pression hydraulique, moteur MAN-ME	287
7.4.2.2	Fonctionnement d'un amplificateur de pression hydraulique d'un moteur MAN-ME	288
7.4.3	Moteurs brûlant des carburants gazeux	289
7.5	Innovations technologiques des pompes d'injection de moteurs Wärtsilä 46F	291
7.5.1	Construction d'une pompe d'injection à double piston	291
7.5.2	Fonctionnement d'une pompe d'injection à double piston	294
7.5.3	Principe de commande des pompes d'injection à double cylindre	295
	Questions et activités	297
	Suggestions d'activités	298

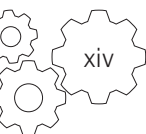
PARTIE IV LES LUBRIFIANTS, LE REFROIDISSEMENT ET LES CIRCUITS **299**

Chapitre 8 Lubrifiants et lubrification des moteurs diesel **301**

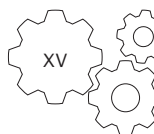
8.1	Fonctions des lubrifiants	301
8.1.1	Lubrification et réduction du frottement	301
8.1.2	Refroidissement	302
8.1.3	Amélioration de l'étanchéité de la chambre à combustion	302
8.1.4	Évacuation des impuretés	303
8.2	Circuit de graissage interne des moteurs	303
8.2.1	Circuit de graissage interne d'un moteur à pistons fourreaux	303
8.2.2	Circuit de graissage interne de moteurs lents	305
8.2.2.1	Graissage des moteurs MAN	305
8.2.2.2	Graissage des moteurs Wärtsilä	305
8.3	Graissage des cylindres	308
8.3.1	Principes généraux de graissage des cylindres	308
8.3.2	Graissage des cylindres de moteurs à pistons fourreaux Wärtsilä	308
8.3.3	Graissage des cylindres de moteurs lents Wärtsilä	311
8.3.4	Graissage des cylindres de moteurs à pistons fourreaux MAN	313
8.3.5	Graissage des cylindres de moteurs lents MAN	314
	Questions et activités	317

Chapitre 9 Refroidissement des structures du moteur **319**

9.1	Notions générales sur le refroidissement des composants de la chambre de combustion	319
9.1.1	Quantité de chaleur évacuée par les parois de la chambre à combustion	320
9.1.2	Contrôle de la température de l'eau de refroidissement des moteurs	321
9.1.3	Cavitation sur la surface extérieure des chemises et du bloc-cylindres	323
9.1.4	Traitement de l'eau de refroidissement	325
9.2	Circuits de refroidissement	325
9.2.1	Refroidissement de la chambre de combustion de moteurs à pistons fourreaux	325



9.2.2	Refroidissement de la chambre à combustion de moteurs lents	327
9.2.3	Refroidissement des pistons de moteur à pistons fourreaux	327
9.2.3.1	Refroidissement par jet d'huile	330
9.2.3.2	Refroidissement par projection d'huile du pied de bielle	330
9.2.3.3	Refroidissement par circulation d'huile dans un serpentin	330
9.2.3.4	Refroidissement par circulation d'huile dans une chambre de la tête du piston	330
9.2.4	Refroidissement des pistons de moteurs lents Wärtsilä	331
9.2.5	Refroidissement des pistons de moteurs lents MAN	333
	Questions et activités	335
Chapitre 10	Circuits de refroidissement, de lubrification et de carburant	337
10.1	Circuits de refroidissement à l'eau de mer	338
10.1.1	Circuit classique	338
10.1.2	Circuit centralisé	340
10.2	Circuits de refroidissement à l'eau douce des cylindres et des pistons	342
10.2.1	Circuit conventionnel de refroidissement des cylindres de moteurs lents	342
10.2.2	Circuit de refroidissement mixte d'eau à haute et basse température des moteurs semi-rapides modernes	343
10.2.3	Circuit de refroidissement des pistons de moteurs lents	347
10.3	Circuits de lubrification	348
10.3.1	Circuit de lubrification d'un moteur semi-rapide	348
10.3.2	Circuit de lubrification de moteurs lents	348
10.4	Circuit de carburant	350
10.4.1	Circuit classique de carburant	350
10.4.2	Circuit de carburant pressurisé de moteurs modernes	352
	Questions et activités	355
PARTIE V	LE DÉMARRAGE ET LES DISPOSITIFS DE RENVERSEMENT DE MARCHE	357
Chapitre 11	Démarrage des moteurs diesel	359
11.1	Vérifications avant la mise en service de moteurs marins	359
11.2	Conditions préalables au démarrage des moteurs diesel	361
11.3	Dispositifs de démarrage pour moteurs diesel de faible alésage	361
11.3.1	Démarreur électrique	362
11.3.2	Démarreur pneumatique	364
11.4	Initiation à la pneumatique	365
11.4.1	Vannes de contrôle à deux voies	366
11.4.2	Vannes de contrôle à trois voies	368
11.4.3	Moyens de commande des vannes de contrôle de direction	368
11.4.4	Circuit pneumatique de démarrage du groupe électrogène	369
11.5	Dispositifs de démarrage à l'air comprimé agissant directement sur les pistons	371
11.5.1	Notions générales	371
11.5.2	Dispositif de démarrage d'un moteur semi-rapide	373
11.5.2.1	Soupape principale de démarrage	373



	11.5.2.2 Distributeur d'air rotatif à tiroirs	375
	11.5.2.3 Soupape pneumatique de démarrage	375
	11.5.3 Démarrage à l'air comprimé d'un moteur semi-rapide Wärtsilä	378
	11.5.4 Dispositifs de sécurité des circuits de démarrage.	380
11.6	Description de composants populaires du circuit d'air de démarrage de moteurs diesel	381
	11.6.1 Soupape principale de démarrage, moteur lent Wärtsilä.	381
	11.6.2 Soupape principale de démarrage, moteur lent MAN.	382
	11.6.3 Distributeur d'air rotatif à disque	384
	Questions et activités	385
Chapitre 12	Renversement de marche des moteurs de propulsion	387
12.1	Moteurs diesel réversibles	387
	12.1.1 Mode de renversement de marche	387
12.2	Système de renversement de marche pour les moteurs lents Wärtsilä avec lumières d'admission et d'échappement	388
	12.2.1 Décalage angulaire de l'arbre à cames	388
	12.2.2 Description du servomoteur de renversement de marche, moteur Wärtsilä.	390
	12.2.3 Fonctionnement du système de renversement de marche, moteur Wärtsilä.	392
	12.2.4 Dispositifs de sécurité.	392
12.3	Système de renversement de marche, moteur MAN, L-MC avec soupape d'échappement	392
12.4	Renversement de marche des moteurs à quatre temps	394
	12.4.1 Réversibilité des moteurs à quatre temps	394
	12.4.2 Système de renversement de marche typique des moteurs semi-rapides à quatre temps.	394
	Questions et activités	397
Annexe I	Indices des réponses par chapitre	399
Annexe II	Lexique français – anglais	405
Annexe III	Lexique anglais – français	411
Appendice	Propriété intellectuelle des dessins et des photos du manuel	417

