



Programme de formation de l'apprenti mécanicien de marine

<p>Autorité responsable</p> <p>Le directeur des Normes du personnel maritime et Pilotage est responsable de ce document, y compris toute modification, correction ou mise à jour effectuée.</p>	<p>Approbation</p> <p>Directeur, Normes du personnel maritime et Pilotage, Sécurité maritime</p> <p>Date de signature : 14 mars 2005</p>
--	--

Table des matières

Table des matières	3
Portée et application	10
1.1 Objectif	10
1.2 Portée.....	10
1.3 Date d'entrée en vigueur.....	10
1.4 Autorité	10
Généralités	11
2.1 Aperçu	11
2.2 Objectifs du programme	11
2.3 Pré-requis à l'admission	11
Exigences	11
3.1 Règlement sur la délivrance des brevets et certificats (marine).....	11
Conditions d'approbation des programmes	12
4.1 Accès aux locaux de formation et installations jugées acceptables	12
4.2 Instructeurs approuvés par Transports Canada	12
4.3 Environnement et installations d'enseignement acceptables.....	12
4.4 Conformité avec le contenu du programme détaillé dans la présente publication	13
4.5 Critère réussite/échec	13
4.6 Présence au cours	13
4.7 Système de qualité	13
Crédits et exemptions pour les diplômés	14
5.1 Crédits et exemptions pour les diplômés	14
Points divers	14
6.1 Formation sur simulateur d'appareils de propulsion	14
6.2 Autres exigences du Règlement sur la délivrance des brevets et certificats (marine).....	14
6.3 Programmes d'une durée de plus de 36 mois	14
Plan de programme et durée minimale (heures)	16
7.1 Programme de mécanicien de marine – Minimum d'heures d'enseignement	16
7.2 Expérience de formation en mer.....	16
Formation pratique	17
8.1 Introduction	17
8.2 Compétences techniques de base en mécanique de marine 200 heures	17
8.3 Atelier de mécanique et révisions mineures 200 heures	20
8.4 Entretien des navires 200 heures.....	24
Matériaux	29
9.1 Introduction	29
9.2 Production des métaux ferreux et non ferreux.....	29
9.3 Structure des métaux.....	29
9.4 Diagrammes d'équilibre.....	29

9.5	Fonte.....	29
9.6	Traitement thermique de l'acier.....	29
9.7	Alliages et effets des alliages sur l'acier	30
9.8	Classification des aciers.....	30
9.9	Métaux légers non ferreux	30
9.10	Métaux lourds non-ferreux	30
9.11	Les plastiques	30
9.12	Inspection et essai des métaux.....	30
9.13	Corrosion.....	31
9.14	Procédés industriels.....	31
9.15	Expériences de laboratoire recommandées.....	31
Mathématiques		33
10.1	Calcul.....	33
10.2	Concepts fondamentaux et opérations.....	33
10.3	Fonctions et graphiques.....	33
10.4	Trigonométrie.....	33
10.5	Nombres complexes	34
10.6	Déterminants et matrices.....	34
10.7	Rapport, proportion et variation.....	34
10.8	Exposants et radicales	34
10.9	Logarithmes	34
10.10	Permutations et combinaisons	35
10.11	Géométrie analytique plane	35
10.12	Progressions	35
10.13	Théorème du binôme.....	35
10.14	Fonctions.....	35
10.15	Limites.....	36
Sujets facultatifs – (10.16 à 10.26)		36
10.16	Différentiation – introduction.....	36
10.17	Différentielles	36
10.18	Intégration – introduction.....	36
10.19	Différentiation partielle.....	37
10.20	Différentiations – suite	37
10.21	Maxima et minima	37
10.22	Intégration – suite.....	37
10.23	Applications de différentiation.....	37
10.24	Surfaces et volumes par intégration.....	38
10.25	Méthodes d'intégration.....	38
10.26	Équations différentielles	38
Mécanique appliquée.....		39
11.1	Contenu du cours.....	39
11.2	Partie 1 – Statique.....	39
11.3	Partie 2 – Dynamique.....	39

11.4	Partie 3 – Dispositifs à friction et anti-friction.....	41
11.5	Partie 4 – Résistance des matériaux.....	42
11.6	Partie 5 – Résistance des matériaux – applications	43
11.7	Partie 6 – Hydraulique.....	43
11.8	Partie 7 – Pneumatique.....	46
Réfrigération et conditionnement de l'air.....		47
12.1	Généralités.....	47
12.2	Principe de fonctionnement d'un système de réfrigération.....	47
12.3	Fluides réfrigérants.....	47
12.4	Lubrification des compresseurs de réfrigération.....	47
12.5	Installations à bord des navires	48
12.6	Description des principaux composants.....	48
12.7	Accessoires	48
12.8	Dispositifs de commande et de régulation.....	48
12.9	Utilisation des installations.....	48
12.10	Systèmes de conditionnement d'air	49
12.11	Exploitation et entretien.....	49
Architecture navale (stabilité).....		50
13.1	Objectif	50
13.2	Hydrostatique fondamentale	50
13.3	Surfaces, volumes, forces et moments.....	50
13.4	Centre de gravité des navires.....	51
13.5	Centres de carène et de flottaison.....	51
13.6	Stabilité statique transversale	52
13.7	Stabilité longitudinale	52
13.8	Stabilité à l'état endommagé	53
13.9	Courbes et échelles de stabilité	53
13.10	Stabilité dynamique	53
13.11	Vagues et roulis.....	53
13.12	Résistance.....	53
13.13	Théorie du gouvernail.....	54
13.14	Théorie des Hélices.....	54
13.15	Hélices – Considérations pratiques	55
Architecture navale (construction des navires).....		57
14.1	Termes de marine.....	57
14.2	Dimensions et formes des navires.....	57
14.3	Contraintes dans les structures des navires.....	58
14.4	Profilés et tôles en acier utilisés dans les navires.....	58
14.5	Aluminium utilisé dans les navires.....	58
14.6	Protection structurelle contre l'incendie	59
14.7	Rivetage (Référence historique)	59
14.8	Procédés de coupage et de soudage	59
14.9	Quilles	60

14.10	Modes de construction.....	60
14.11	Construction à fond simple	60
14.12	Double fonds	60
14.13	Structures de bordé.....	61
14.14	Structures de pont.....	61
14.15	Tôles de bordé et de pont	62
14.16	Panneaux d'écouille.....	63
14.17	Cloisons.....	63
14.18	Cales à eau.....	64
14.19	Coquerons et membrures de renforcement.....	64
14.20	Étraves	64
14.21	Puits aux chaînes et dispositifs de mouillage.....	65
14.22	Poupe.....	65
14.23	Gouvernails et étambots	65
14.24	Tubes d'étambot.....	66
14.25	Hélices en caisson.....	66
14.26	Salle des machines et chaufferie	66
14.27	Superstructures et roufs	66
14.28	Détails divers	66
14.29	Renforcement pour la navigation dans les glaces.....	67
14.30	Considérations spéciales pour certains types de navires.....	67
14.31	Organismes de classification et de réglementation des navires	67
14.32	Chantiers de construction navale.....	67
Chimie.....		69
15.1	Théorie de la formation de l'univers	69
15.2	Méthode chimique.....	69
15.3	Constitution de la matière	69
15.4	Les atomes	69
15.5	Liaisons chimiques.....	69
15.6	Stœchiométrie	70
15.7	Eau.....	70
15.8	Propriétés importantes des solutions	70
15.9	Chimie de l'eau (brève description).....	71
Électrotechnique de marine		73
Électrotechnique I.....		74
16.1	Circuits électriques	74
16.2	Analyse des circuits.....	74
16.3	Méthodes d'analyse	74
16.4	Appareils de mesure électriques.....	74
16.5	Électrolyse	75
16.6	Batteries	75
16.7	Électromagnétisme	75
16.8	Électrostatique	76

16.9	Inductance	76
Électrotechnique II.....		76
16.10	Introduction aux circuits à courant alternatif.....	76
Électrotechnique III.....		78
16.11	Machines à courant alternatif – Mesures électriques – Électronique.....	78
Automatisation, commandes et instrumentation.....		80
17.1	Système binaire et algèbre booléenne.....	80
17.2	Systèmes automatiques et éléments des systèmes de commande.....	80
17.3	Éléments électroniques des circuits logiques	81
17.4	Conclusion générale et analyse des systèmes.....	81
17.5	Notions fondamentales	81
17.6	Éléments senseurs	82
17.7	Principes des commandes automatiques.....	83
17.8	Éléments de commande non-automatiques.....	83
17.9	Modes de commande.....	84
17.10	Mesures de niveau	84
17.11	Élément de commande final.....	85
17.12	Commande des turbines à vapeur	85
17.13	Commande des turbines à gaz	86
17.14	Commande des moteurs diesel	86
17.15	Régulateurs de vitesse	86
17.16	Commandes automatiques des systèmes à vapeur	87
17.17	Systèmes d'alarme et de contrôle intégré	88
Application de l'informatique et des réseaux informatiques en marine		89
18.1	Généralités.....	89
18.2	Domaines.....	89
18.3	Applications courantes	90
Droit maritime et exploitation des navires		91
19.1	Généralités.....	91
19.2	Droit maritime et exploitation des navires au Canada.....	91
19.3	Exploitation des navires.....	92
Thermodynamique.....		94
20.1	Cours	94
20.2	Ouvrages recommandés.....	94
Partie I – 90 heures.....		94
20.3	Objectifs généraux	94
20.4	Objectifs particuliers.....	94
Partie II – 90 heures		99
20.5	Objectifs généraux	99
20.6	Sommaire du cours	99
Interprétation de plans et exécution de croquis, ou dessin.....		106

21.1	Généralités.....	106
Connaissances en mécanique – Généralités.....		108
22.1	Pompes	108
22.2	Systèmes	108
22.3	Tuyauterie et quincaillerie associée.....	108
22.4	Transmission de puissance.....	108
22.5	Appareils à gouverner	109
22.6	Raccords sous-marins	109
22.7	Combustibles	109
22.8	Lubrifiants.....	109
22.9	Expériences sur les combustibles liquides et les lubrifiants	110
22.10	Combustion	110
22.11	Systèmes pneumatiques.....	110
22.12	Pollution.....	110
22.13	Instruments et commandes.....	110
22.14	Réfrigération.....	111
22.15	Systèmes de combat d'incendie.....	111
22.16	Traitement de l'eau potable	111
22.17	Traitement des eaux usées.....	111
Connaissances en mécanique – Vapeur.....		112
23.1	Chaudières.....	112
23.2	Équipement auxiliaire de système à vapeur	112
23.3	Moteurs à piston.....	113
23.4	Turbines.....	113
23.5	Chimie de l'eau des chaudières.....	113
23.6	Impuretés présentes dans l'eau à bord des navires	113
Connaissances en mécanique – Moteur		114
24.1	Généralités.....	114
24.2	Systèmes de lubrification	114
24.3	Systèmes de refroidissement	114
24.4	Régulateurs de vitesse	114
24.5	Turbines à gaz.....	114
24.6	Fonctions de mécanicien de quart	114
Aptitudes à la communication.....		115
25.1	Objectifs	115
25.2	Première partie – Rédaction de rapports.....	115
25.3	Deuxième partie – Révision de la grammaire de la communication technique	116
25.4	Troisième partie – Expression en public	116
25.5	Systèmes de communication radio-téléphone embarqués.....	117
25.6	Examens	117
25.7	Bibliographie.....	117
25.8	Textes de référence.....	117
Formation en mer.....		117

26.1	Généralités.....	117
26.2	Exigences.....	117
26.3	Contenu.....	118

Portée et application

1.1 Objectif

- 1) Informer les intervenants en marine du contenu du programme, et des conditions générales associées à la formation des candidats mécaniciens de marine inscrits à un programme de formation approuvé par la Direction générale de la Sécurité maritime, et donnée dans les écoles et les collèges au Canada.
- 2) Informer les instituts et les collèges maritimes en présentant les exigences du programme avant son approbation par la Direction générale de la Sécurité maritime.

1.2 Portée

- 1) Formation des mécaniciens de marine débutants dans les collèges et instituts maritimes menant au certificat de mécanicien de quart.
- 2) Conformité au Règlement sur la délivrance des brevets et certificats (marine) de la *Loi sur la marine marchande du Canada* et au Code de formation des gens de mer, de délivrance des brevets et de veille (Code STCW), de la Convention STCW telle que modifiée, auquel souscrit le Canada.

1.3 Date d'entrée en vigueur

- 1) Le présent document entrera en vigueur le 1er septembre 2004.

1.4 Autorité

- 1) Règlement sur la délivrance des brevets et certificats (Marine) (DORS/2002/150), établi en vertu de la Loi sur la marine marchande du Canada (S.R.C. 1985, c.s-9) telle que modifiée.

Généralités

2.1 Aperçu

- 1) Le présent programme à plein temps comprend la formation de base nécessaire au candidat pour poursuivre une carrière enrichissante comme officier mécanicien de marine en mer. Le programme scolaire est conforme aux exigences du Règlement sur la délivrance des brevets et certificats (marine) et de la convention STCW telle que modifiée.

2.2 Objectifs du programme

- 1) Offrir un programme menant à une certification reconnue par la Direction générale de la Sécurité maritime de Transports Canada et par l'industrie maritime en général.
- 2) Constituer une source de personnes bien formées, capables de s'engager dans une carrière d'officier mécanicien de quart.
- 3) Donner aux candidats diplômés les qualifications qui leur accorderont, avec l'approbation de la Direction générale de la Sécurité maritime, certains crédits pour l'obtention du certificat de mécanicien de marine de deuxième classe.

2.3 Pré-requis à l'admission

- 1) Les pré-requis sont laissés à la discrétion des directeurs des collèges, mais ils doivent tenir compte de l'étendue du niveau d'éducation préparatoire nécessaire pour permettre aux candidats de répondre à la norme de technologie inhérente des cours. Normalement, un diplôme d'études secondaires avec un contenu en mathématiques et en sciences devrait être considéré comme le minimum requis pour être accepté au programme.

Exigences

3.1 Règlement sur la délivrance des brevets et certificats (marine)

- 1) Le Règlement sur la délivrance des brevets et certificats (marine) prévoit que les programmes reconnus de formation des candidats mécaniciens de marine peuvent mener à la certification de mécanicien de marine conformément à la Loi sur la marine marchande du Canada. La présente publication définit les exigences d'un tel programme. Les diplômés des programmes de formation des apprentis mécaniciens de marine ont droit à certains crédits et exemptions au-delà du certificat de mécanicien de 4^e classe, selon le contenu et la durée du programme spécifique suivi.
- 2) Les versions préalables des programmes de formation de ce document mentionnaient la nécessité d'incorporer les fonctions d'urgence en mer (FUM) et une formation en premiers soins dans le programme. Les FUM et la formation en premiers soins maritime étant définies dans des publications séparées de Transports Canada, le contenu de ces cours n'apparaît pas dans ce document. Cependant, les candidats au certificat de mécanicien de 4^e classe devront posséder, en plus du diplôme, les certificats de formation pour les cours de FUM, de premiers soins, et de formation sur simulateur d'appareil de propulsion. Les exigences de formation pratique et le registre de formation étant compris dans le programme, les candidats au certificat de mécanicien de marine n'auront pas à produire de certificats de formation distincts pour ces pré-requis.

- 3) Les instituts maritimes dotés d'un simulateur d'appareils de propulsion approuvé par Transports Canada peuvent intégrer la formation obligatoire sur simulateur dans leur programme, mais ils devront prendre les dispositions nécessaires pour administrer les examens de la Direction générale de la Sécurité maritime et émettre les certificats de formation applicables aux simulateurs, en plus du diplôme.
- 4) Les instituts maritimes choisissant intégrer les cours de FUM et de premiers soins de marine dans leur programme devront fournir des certificats de formation pour ces deux cours en plus du diplôme.

Conditions d'approbation des programmes

4.1 Accès aux locaux de formation et installations jugées acceptables

- 1) Pour être admissible à une approbation, le collège ou l'institut doit être desservi par les transports en commun et disposer de résidences pour étudiants suffisamment près des endroits où les cours sont donnés pour qu'ils puissent s'y rendre facilement, ou
- 2) Le collège ou l'institut peut offrir sur place des logements pour les candidats et des installations de restauration à une distance atteignable à pied depuis le principal établissement d'enseignement.

4.2 Instructeurs approuvés par Transports Canada

- 1) Les instructeurs donnant le cours de mécanique de marine doivent détenir un brevet canadien de mécanicien de 1^{ère} classe délivré conformément au Règlement sur la délivrance des brevets et certificats (marine) valide pour usage en mer (des restrictions médicales peuvent s'appliquer). Les instructeurs détenant un certificat canadien de mécanicien de 2^e classe doivent être approuvés par la Direction de la Sécurité maritime de Transports Canada (AMSP), Ottawa, tous les ans.
- 2) Les instructeurs enseignant les domaines de mécanique non spécifiques peuvent être qualifiés comme indiqué ci-dessus ou détenir des qualifications reconnues par la province dans le domaine enseigné.
- 3) Les sujets de nature plus générale doivent être enseignés par des instructeurs détenant une expertise dans ces domaines en plus d'une qualification acceptable dans leur domaine.
- 4) Le personnel enseignant et les instructeurs doivent détenir des qualifications d'enseignement et/ou une expérience pertinente reconnue par la Direction de la Sécurité maritime de Transports Canada (AMSP), Ottawa.

4.3 Environnement et installations d'enseignement acceptables

- 1) Les instituts souhaitant voir leur programme approuvé doivent à tout le moins fournir les installations et services suivants à leurs candidats :
 - a) Salles d'enseignement, de conférence et d'étude acceptables pour l'enseignement des domaines techniques,
 - b) Ateliers disposant de suffisamment de matériel moderne pour assurer la partie pratique du programme,
 - c) Centre de ressources d'apprentissage et bibliothèque disposant de suffisamment de

textes du domaine maritime pour permettre l'étude individuelle des domaines reliés à la mécanique de marine,

- d) Installations récréatives sur place ou à proximité pour permettre aux candidats de se détendre entre les cours ou après,
- e) Accès facile à des navires permettant de renforcer les aspects pratiques du programme et la matière enseignée.

4.4 Conformité avec le contenu du programme détaillé dans la présente publication

- 1) Les collèges et les instituts souhaitant être approuvés par la Direction de la Sécurité maritime de Transports Canada pour leur programme de formation de l'apprenti mécanicien de marine doivent considérer le contenu du programme détaillé ci-après comme le minimum requis en ce qui a trait au nombre d'heures de cours et aux divers domaines enseignés. Bien que plusieurs objectifs de cours soient une exigence réglementaire, les collèges et les instituts doivent considérer le contenu de chaque cours comme un guide et faire appel à un processus d'amélioration continue et à la rétroaction de leur clientèle pour maintenir leurs cours à jour.

4.5 Critère réussite/échec

- 1) Tous les cours du programme doivent prévoir une évaluation suffisante de chaque candidat. Comme norme minimale, une note de passage d'ensemble de 60 % est requise dans chacun des sujets.
- 2) Des examens finals doivent être administrés dans chacun des domaines suivants :
 - a) Mécanique appliquée
 - b) Thermodynamique
 - c) Électrotechnique
 - d) Architecture navale
 - e) Interprétation de plans et exécution de croquis, ou dessin
- 3) La note de passage pour ces examens est de 60 %. Les candidats ayant moins de 60 % lors des examens finals ne pourront recevoir de diplôme.

4.6 Présence au cours

- 1) Le collège ou l'institut doit appliquer une politique stricte en ce qui a trait au temps passé en classe par les candidats. Selon cette politique, les candidats devraient assister à un minimum de 90 % de tous les cours, exposés et ateliers du programme. Les candidats dont la présence est moindre ne pourront se présenter à l'examen menant au certificat de mécanicien de 4^e classe de la Direction générale de la sécurité maritime. Du temps supplémentaire au collège, à l'institut ou en mer peut être assigné par la Direction générale de la sécurité maritime aux candidats qui se sont trop absentés, avant qu'ils ne soient autorisés à se présenter à l'examen menant au certificat de mécanicien de 4^e classe.

4.7 Système de qualité

- 1) Le collège ou l'institut doit appliquer un système de qualité conforme aux normes identifiées au paragraphe A-I/8 de la Partie A du Code STCW tel que modifié.

Crédits et exemptions pour les diplômés

5.1 Crédits et exemptions pour les diplômés

- 1) Les diplômés pourront être exemptés de certains examens de la Direction générale de la sécurité maritime de Transports Canada portant sur des domaines d'étude jusqu'au niveau de 2^e classe. Moyennant une période de service en mer de six mois et en autant qu'ils satisfassent aux autres exigences du Règlement sur la délivrance des brevets et certificats (marine), les diplômés peuvent se présenter à l'examen menant au certificat de mécanicien de 4^e classe.
- 2) Les diplômés auront également droit avant la remise du diplôme (et jusqu'à trois mois après) de se présenter une fois à certains examens de la Direction générale de la sécurité maritime (mécanique appliquée, thermodynamique, électrotechnique et architecture navale) au niveau de 1^{ère} classe. La réussite dans un domaine sera considérée comme une exemption sans date d'expiration.

Points divers

6.1 Formation sur simulateur d'appareils de propulsion

- 1) Les collèges ou instituts intégrant l'utilisation d'un simulateur d'appareils de propulsion approuvé par la Direction générale de la sécurité maritime de Transports Canada dans leur programme doivent respecter les conditions suivantes :
 - a) Les candidats de troisième année peuvent être évalués par un examinateur de la Direction générale de la sécurité maritime. Cette évaluation sera au niveau de mécanicien de quart. Le certificat de formation émis par le collège ou l'institut au candidat reçu sera un certificat PPS de niveau 1.

6.2 Autres exigences du Règlement sur la délivrance des brevets et certificats (marine)

- 3) Bien que non couvertes spécifiquement dans cette publication, voici les exigences à satisfaire avant qu'un certificat de mécanicien puisse être délivré au candidat :
 - a) Preuve de citoyenneté canadienne ou de statut de résident permanent tel que défini à l'alinéa 2(1) de la *Loi sur l'immigration*,
 - b) Certificat médical conformément au *Règlement sur l'armement en équipage des navires*,
 - c) Réussite des cours de sécurité applicables tels que Fonctions d'urgence en mer et de premiers soins en marine,
 - d) Pour les instituts sans simulateur d'appareils de propulsion approuvé, la réussite au niveau de mécanicien de quart du cours de simulateur (PPS1) et de l'examen de même niveau administré par la Direction générale de la sécurité maritime.

6.3 Programmes d'une durée de plus de 36 mois

- 1) Sur demande, les collèges et instituts présentant un programme de formation pour apprenti mécanicien de marin d'une durée de plus de 36 mois peuvent recevoir plus d'exemption ou de crédits de service pour leur programme.

Plan de programme et durée minimale (heures)**7.1 Programme de mécanicien de marine – Minimum d'heures d'enseignement**

<u>MATIÈRE</u>	<u>MINIMUM D'HEURES D'ENSEIGNEMENT</u>
Compétences pratiques	600
Matériaux	90
Mathématiques	180
Mécanique appliquée	300
Réfrigération et conditionnement de l'air	45
Architecture navale, comprenant la stabilité et la construction des navires	165
Chimie	70
Électrotechnique	250
Automatisation, commandes et instrumentation	120 (voir remarque 1)
Application de l'informatique et des réseaux informatiques en marine	100 (voir remarque 1)
Loi maritime et exploitation des navires	70
Thermodynamique	180
Interprétation de plans et exécution de croquis, ou dessins	150
Connaissances en mécanique, moteur, vapeur et générales	300
Aptitudes à la communication	100
FUM (A1, B1, B2 et C) et premiers soins avancés	119 (voir remarque 2)
Formation PPS	60 (voir remarque 2)
Nombre total d'heures	2 720

REMARQUE 1 : Les instituts peuvent combiner le cours Automatisation, commandes et instrumentation avec celui d'Application de l'informatique et des réseaux informatiques en marine, pouvant ainsi entraîner une réduction du nombre total d'heures.

REMARQUE 2 : Les cours FUM et PPS peuvent être pris séparément. Le nombre d'heures n'étant indiqué qu'à titre de référence pour ces cours, ces dernières ne sont pas exigées dans le programme. Cependant, les collèges et instituts proposant cette formation comme une partie intégrante de leur programme doivent augmenter de façon correspondante le nombre total d'heures de leur programme.

7.2 Expérience de formation en mer

- 1) Afin être accepté à l'examen menant à l'obtention du certificat de mécanicien de 4^{ème} classe, les candidats doivent compter 6 mois d'expérience sous supervision dans la salle des machines d'un navire de puissance suffisante et avoir complété le manuel de formation en mer.

Formation pratique

8.1 Introduction

- 1) L'objet du cours pratique est d'enseigner au candidat des compétences pratiques correspondant à la formation professionnelle globale. Le stage de formation pratique en mer qui fait partie intégrale du programme de formation des mécaniciens de marine doit être utilisé pour consolider les compétences académiques du candidat.

8.2 Compétences techniques de base en mécanique de marine 200 heures

- 1) Ajustage
 - a) Sécurité
 - i) Prévention des accidents et sécurité dans l'atelier
 - ii) Dangers
 - iii) Premiers soins
 - b) Outils manuels
 - i) Limes
 - ii) Pincés
 - iii) Tournevis
 - iv) Scies à métaux
 - v) Ciseaux à froid
 - vi) Poinçons
 - vii) Mèches (forets, perceuses à colonne)
 - viii) Outils de coupe
 - ix) Marteaux
 - x) Compas
 - xi) Meules
 - xii) Clefs
 - xiii) Alésoirs
 - xiv) Filières
 - xv) Fraises
 - xvi) Outils de traçage :
 - A) Marbres
 - B) Pointes à tracer
 - C) Compas diviseurs

- D)** Équerres à combinaison
 - E)** Cales parallèles
 - F)** Équerre de montage
 - G)** Calibre de surface
 - H)** Trusquin à vernier
 - I)** Pied à coulisse
 - J)** Sauterelle
 - K)** Micromètre intérieur et extérieur avec divers indicateurs à cadran
- c)** Outils électriques
 - i)** Perceuse à colonne et affûtage des forets
 - ii)** Meules et sélection des pierres
- d)** Articles de fixation métalliques
 - i)** Crampons
 - ii)** Boulons
 - iii)** Tendeurs
 - iv)** Vis à métaux
 - v)** Vis auto-taraudeuses
 - vi)** Goupilles coniques
 - vii)** Rivets
 - viii)** Clavettes Woodruff
 - ix)** Goupilles fendues
 - x)** Vis
 - xi)** Boulons de carrosserie
 - xii)** Goujons
 - xiii)** Écrous
 - xiv)** Rondelles
- e)** Adhésifs et colles
 - i)** Méthodes de réparations temporaires
- f)** Projet
 - i)** Pendant la phase d'ajustage, le candidat devra compléter un projet d'ajustage en atelier en faisant appel à toutes les compétences enseignées en classe. Ce projet d'ajustage en atelier viendra compléter les instructions en classe relatives

aux divers outils d'ajustage. Par exemple, un serre-joint pourra être produit à l'intérieur des 40 heures allouées à cette phase.

- 2) Entretien à bord des navires
 - a) Clés dynamométriques
 - b) Pistolets graisseurs et raccords
 - i) Types de graisse
 - ii) Raccords
 - c) Raccords de conduites tubulaires
 - i) Par compression
 - ii) Évasés
 - d) Réparation de soupapes et joints étanches
 - i) Garniture
 - ii) Siège
 - iii) Brides
 - iv) Essais
 - v) Joints d'étanchéité
 - vi) Tige
 - vii) Disque
 - e) Projet
 - i) Les candidats doivent pouvoir remettre en état des soupapes marines en utilisant les méthodes d'entretien courantes à bord des navires. De petits projets courts de formation pratique semblables devraient porter sur les raccords de conduites tubulaires.
 - f) Compétences fondamentales – Électricité de marine
 - i) Mise en parallèle et fonctionnement en parallèle des génératrices c.a. et c.c.
 - ii) Éclairage – vérification, réparation et remplacement des composants des systèmes d'éclairage à lampes fluorescentes et incandescentes
 - iii) Équipement de vérification – utilisation des appareils de mesure suivants :
 - A) Voltmètre (numérique)
 - B) Multimètre
 - C) Voltmètre à mâchoires
 - D) Mégohmmètre en pont
 - E) Mégohmmètre Wee

- e) Mesures de sécurité au travail
- 2) Tournage
- a) Sécurité
 - b) Meulage des outils
 - c) Dressage
 - d) Tournage court
 - e) Tournage long
 - f) Tournage entre pointes
 - g) Tournage conique
 - h) Perçage
 - i) Fraisage
 - j) Coupe
 - k) Effilement progressif
 - l) Alésage
 - m) Filetage externe
 - n) Filetage interne
 - o) Affûtage des forets, mèches etc.
- 3) Projets – atelier de mécanique : dans la partie du cours sur le tournage, le candidat doit fabriquer deux objets pratiques nécessitant diverses opérations de tournage.
- a) Projet de tournage : une tige filetée, deux manchons coniques, trois écrous moletés et une pièce d'écartement. Temps alloué : 35 heures.
 - b) Fabrication des tiges de soupapes suivantes :
 - i) Tige en acier avec deux types de filetage
 - ii) Tige en laiton avec filetage ACME
 - iii) Tige en acier à filetage carré à double entréeTemps alloué : 40 heures
- 4) Révisions mineures
- a) Paliers porteurs
 - i) Dépose :
 - A) Roulement à rouleaux coniques ajusté sur un arbre
 - B) Roulement à billes ajusté sur un arbre
 - C) Roulement à billes ajusté dans un boîtier
 - D) Palier lisse

- ii)** Ajustage
 - A)** Roulement à rouleaux coniques
 - B)** Roulement à billes
 - C)** Palier lisse
 - D)** Méthodes de calage – chauffage, pression...
- b)** Réparation des robinets et soupapes
 - i)** Dépose
 - ii)** Démontage
 - iii)** Inspection des composants
 - iv)** Fabrication (tige, presse-étoupe, etc.)
 - v)** Usinage (disque, siège, bride, etc.)
 - vi)** Montage
 - vii)** Essais hydrostatiques
- c)** Pompes
 - i)** Identification
 - ii)** Démontage et révision :
 - A)** Jeux et tolérances des paliers
 - B)** Bagues d'usure
 - C)** Rotors
 - D)** Pistons et segments
 - E)** Usure de l'arbre
 - F)** Alignement et équilibrage
 - iii)** Assemblage et vérification
- d)** Échangeurs de chaleur
 - i)** Démontage et inspection
 - ii)** Détection des fuites
 - iii)** Obturation et garniture de l'extrémité des tubes
 - iv)** Assemblage et vérification
- e)** Instruments de mesure
 - i)** Étalonnage (manomètre, appareil d'essai à contre-poids, etc.)
 - ii)** Tubes de niveau :
 - A)** Dépose

- B)** Ajustage
 - C)** Vérification
 - f)** Moteurs à combustion interne
 - i)** Démontage d'un petit moteur à combustion interne de façon à se familiariser avec les composants suivants :
 - A)** Injecteurs
 - B)** Pompes
 - C)** Culasses
 - D)** Pistons et segments
 - E)** Vilebrequin
 - ii)** Remontage du moteur en observant :
 - A)** Les jeux
 - B)** Les tolérances
 - C)** Les procédures de montage
- g)** Projets de révision: les projets suivants sont utilisés pour consolider les compétences en révision :
 - i)** Projet d'ajustage :
 - A)** Bloc de métal usiné comportant des trous alésés, filetés et taraudés
 - B)** Bouchon rond percé, fileté, fraisé et contre-alésé
 - ii)** Retrait de 4 goujons brisés d'un bloc de métal avec les outils suivants :
 - A)** Perceuse
 - B)** Extracteur
 - C)** Ciseau
 - iii)** Usinage des pièces suivantes d'une soupape d'arrêt à basse pression
 - A)** Disque
 - B)** Siège
 - C)** Faces des brides
 - iv)** Fabrication d'un joint à brides haute pression
 - A)** Usinage
 - B)** Ajustage manuel
 - C)** Assemblage
 - v)** Révision d'injecteur de combustible
 - A)** Démontage

- B)** Révision et remplacement des pièces
 - C)** Remontage
 - D)** Calibrage et essai final
 - h)** Systèmes électriques et distribution
 - i)** Câblage et filage. Localisation et isolation des fuites à la masse. Enlèvement et remplacement des câbles à bord des navires.
 - ii)** Production et distribution de l'électricité. Révision mineure et réparation des contacts électriques, des interrupteurs, des fusibles et des disjoncteurs.
- 5)** Entretien des navires et atelier de mécanique
 - a)** Usinage en atelier
 - i)** Fraisage
 - A)** Possibilités des machines
 - B)** Préparation
 - C)** Opérations de coupe
 - D)** Usinage vertical et horizontal
 - ii)** Mise en forme
 - A)** Possibilités des machines
 - B)** Préparation
 - C)** Opérations de coupe
 - D)** Outils
 - iii)** Meulage des surfaces planes
 - A)** Possibilités des machines
 - B)** Types
 - C)** Dressage et rectification
 - iv)** Sciage mécanique
 - A)** Scies mécaniques
 - B)** Choix des lames
 - C)** Scies à bande
 - D)** Lames de scie à bande

REMARQUE : les exercices pratiques devraient se limiter à une démonstration des possibilités des machines plutôt qu'à la réalisation d'un projet pratique quelconque puisque ce type de matériel ne se trouve habituellement pas à bord des navires.

8.4 Entretien des navires

200 heures

- 1) Pratiques et procédures d'entretien mettant l'accent sur le démantèlement, l'examen, la réparation, les tolérances, l'ajustage, les jeux, le remontage et la vérification des appareils et systèmes installés sur les navires :
 - a) Machines à mouvement alternatif – compresseurs d'air, pompes, etc.
 - b) Pompes à engrenages
 - c) Turbines
 - d) Engrenages
 - e) Purificateurs
 - f) Télémoteurs
 - g) Alternateurs
 - h) Systèmes de réfrigération
 - i) Moteurs diesels
 - j) Évaporateurs
 - k) Entraînement des machines auxiliaires – courroies, arbres, chaînes...
 - l) Machinerie hydraulique
 - m) Machines de pont – bossoirs, treuils, guindeaux, grues
 - n) Accessoires des réservoirs d'air
 - o) Systèmes de tuyauterie – soudée, à brides, jointe, etc.
 - p) Ligne d'arbre porte-hélice
 - q) Portes étanches et dispositifs de fermeture d'écoutes
 - r) Séparateurs et détecteurs d'eau mazouteuse, installations de rétention
 - s) Systèmes de traitement, de rétention et de contrôle des eaux usées
- 2) Entretien des chaudières
 - a) Nettoyage intérieur et extérieur
 - b) Accessoires
 - i) Souffleurs de suie
 - ii) Surchauffeur
 - iii) Soupapes et robinets – de sécurité, d'alimentation, etc.
 - A) Vérification des robinets et des soupapes
 - iv) Jauges et dispositifs de commande
 - c) Maçonnerie
 - d) Ouverture dans les chaudières (trous de visite, etc.)
 - e) Inspections des chaudières

- f) Essais hydrostatiques des chaudières
- 3) Entretien électrique à bord des navires
 - a) Moteurs à courant alternatif. Le candidat doit démonter et remonter un petit moteur à courant alternatif de façon à se familiariser avec les composants suivants :
 - i) Stator
 - ii) Rotor
 - iii) Roulements
 - iv) Flasques
 - b) Moteurs et génératrices à courant continu. Le candidat doit démonter et remonter un petit moteur à courant continu de façon à se familiariser avec les composants suivants :
 - i) Enveloppe
 - ii) Induit
 - iii) Inducteur
 - iv) Commutateur
 - v) Balais
 - vi) Blocs-balais
 - c) Révision : les projets pratiques devraient favoriser les compétences d'entretien électrique suivantes :
 - i) Identification des défauts électriques au niveau du système, des unités et des composants
 - ii) Connexion et déconnexion des moteurs et des génératrices
 - iii) Vérification de l'efficacité et de l'état des tresses de mise à la terre
 - iv) Remplacement des balais (moteurs et génératrices)
 - v) Rodage des balais
 - vi) Vérification et réglage de la pression des balais de carbone
 - vii) Vérification et réglage du jeu des porte-balais
 - viii) Inspection, nettoyage et dressage du commutateur
 - d) Entretien électrique et électronique divers
 - i) Démonter et remonter des contrôleurs de moteurs avec une attention particulière aux systèmes de démarrage à tension réduite
 - ii) Maintenance générale des composants des panneaux de distribution électriques :
 - A) Indicateurs
 - B) Déclenchement de haute et basse tension

- C) Déclenchement d'inversion de puissance
 - D) Indicateurs de synchronisation
 - E) Dispositifs d'auto-synchronisation
 - F) Disjoncteurs automatiques
 - G) Indicateurs de mise à la masse
 - iii) Remplacement et réparation de cartes de circuits imprimés
 - A) Manipulation des cartes de circuits imprimés – dommages causés par l'électricité statique
 - B) Procédures de démontage et de remplacement
 - C) Connexions, commutateurs DIP et ajustement des composants
 - D) Techniques de brasage tendre et utilisation des drains thermiques
- 4) Arrimage
 - a) Nœuds
 - b) Épissures des cordages et des câbles d'acier
 - c) Manilles et crampons
 - d) Utilisation des élingues
 - e) Palans à chaîne et treuils manuels
 - f) Charge sécuritaire des appareils de levage et points de levage
 - g) Crics et palans
 - h) Échafaudages
 - i) Dispositifs antichute
 - j) Techniques de levage manuel
- 5) Alignement de machinerie
 - a) Méthodes d'alignement pour divers types d'accouplements
 - i) Poulies/courroies
 - ii) Chaîne
 - iii) Brides
 - iv) Supports – utilisation de cales d'épaisseur et de supports élastiques
- 6) Matériaux d'isolation et leur utilisation
 - a) Calorifugeage de tuyaux
 - b) Blindage des tuyaux d'échappement
 - c) Sensibilisation aux problèmes potentiels de l'amiante et son élimination

- 7) Entrée dans les espaces clos
 - a) Mesures de sécurité au travail – Code du travail
- 8) Nettoyage, inspection et tests des réservoirs

Matériaux

9.1 Introduction

- 1) Matériaux utilisés à bord des navires
- 2) Exigences de service, de fabrication et de coût de revient
- 3) Procédés de fabrication élémentaires

9.2 Production des métaux ferreux et non ferreux

- 1) Extraction du minerai de fer
- 2) Production de fonte brute – haut fourneau
- 3) Production de l'acier – procédés électrique et au convertisseur
- 4) Raffinage de l'alumine
- 5) Production de l'aluminium

9.3 Structure des métaux

- 1) Structure atomique, tableau périodique, liaison
- 2) Propriétés des liens métalliques
- 3) Structure cristalline
- 4) Solidification – croissance dendritique, cristallisation
- 5) Formation des dislocations
- 6) Le rôle des dislocations dans la déformation plastique
- 7) Surface de glissement – indices de Miller
- 8) Atomes interstitiels et atomes de substitution dans les structures cristallines

9.4 Diagrammes d'équilibre

- 1) Courbes de refroidissement
- 2) Diagrammes d'équilibre – systèmes binaires simples
- 3) Diagramme fer – carbure de fer
- 4) Diagramme aluminium - cuivre

9.5 Fonte

- 1) Types de fonte
- 2) Effets des alliages sur la fonte

9.6 Traitement thermique de l'acier

- 1) Vitesses de chauffage et de refroidissement – diagrammes T.T.T.
- 2) Durcissement et trempe
- 3) Recuit, normalisation, recuit de détente
- 4) Trempe superficielle
- 5) Procédures de traitements thermiques

9.7 Alliages et effets des alliages sur l'acier

- 1) Chrome, cobalt, manganèse, molybdène, silicium, nickel, phosphore, tungstène, titane, vanadium, aluminium

9.8 Classification des aciers

- 1) Système unifié de numérotation (UNS)
- 2) Comparaison de différents systèmes avec le système UNS

9.9 Métaux légers non ferreux

- 1) Traitement thermique en solution, durcissement par vieillissement, recristallisation
- 2) Alliages d'aluminium
- 3) Magnésium – production et alliage
- 4) Titane

9.10 Métaux lourds non-ferreux

- 1) Cuivre – production et propriétés
- 2) Alliage de cuivre – laiton, bronze, etc.
- 3) Nickel
- 4) Plomb
- 5) Zinc
- 6) Étain
- 7) Métaux précieux

9.11 Les plastiques

- 1) Structure chimique des polymères
- 2) Thermoplastiques et résines thermiques
- 3) Propriétés chimiques et mécaniques des plastiques
- 4) Propriétés du polyéthylène, chlorure de polyvinyle, acryliques, polyesters, silicones

9.12 Inspection et essai des métaux

- 1) Normes et procédures d'essai – A.S.T.M., ACNOR, etc.
- 2) Propriétés physiques des métaux
- 3) Examen microphotographique
- 4) Essai physique – essais de traction, de dureté, d'impact
- 5) Essais non-destructifs – pénétration de colorant, magnaflux, ultrasoniques, rayons X

9.13 Corrosion

- 1) Types de corrosion
- 2) Métaux résistants à la corrosion
- 3) Réactions d'oxydation et de réduction
- 4) Série électrochimique
- 5) Protection contre la corrosion
 - a) Protection cathodique
 - b) Finis protecteurs (peintures, revêtements)

9.14 Procédés industriels

- 1) Coulée
 - a) Coulée dans le sable
 - b) Coulée sous pression
 - c) Coulée de précision
- 2) Travail à chaud
 - a) Forgeage
 - b) Laminage
 - c) Étirage
- 3) Travail à froid
- 4) Laminage à froid
- 5) Estampage

TOTAL : 65 heures

En plus des 65 heures de cours, la présente section comprend 25 heures de laboratoire pour un total de 90 heures

9.15 Expériences de laboratoire recommandées

- 1) Essai de tension destructeur
- 2) Essai de résistance au choc – Essais d'Izod et de Charpy

- 3) Essai de dureté – Rockwell, Brinell
- 4) Préparation des échantillons microphotographiques
- 5) Examen des structures granulaires
 - a) De divers aciers au carbone
 - b) D'aciers après des trempes de diverses températures
 - c) D'alliages au cuivre
- 6) Corrosion de l'acier
- 7) Recuit, durcissement et trempe de l'acier
- 8) Traitement thermique des alliages aluminium
- 9) Travail à froid du cuivre

(Total de 25 heures à raison de 2 à 3 heures par sujet)

Mathématiques

10.1 Calcul

- 1) Puissances de 10 et notations scientifiques
- 2) Solution approximative pour produits à nombres complexes et quotients

10.2 Concepts fondamentaux et opérations

- 1) Lois fondamentales de l'algèbre
- 2) Addition, soustraction, multiplication et division d'expressions algébriques
- 3) Équations et formules

10.3 Fonctions et graphiques

- 1) Fonctions
- 2) Système de coordonnées rectangulaires
- 3) Graphique de fonction
- 4) Solution graphique des équations

10.4 Trigonométrie

- 1) Fonctions trigonométriques
 - a) Introduction, angles
 - b) Définition des fonctions trigonométriques
 - c) Valeur des fonctions trigonométriques
 - d) Application des triangles droits
- 2) Fonctions trigonométriques d'un angle
 - a) Signes des fonctions trigonométriques
 - b) Fonctions trigonométriques d'un angle
 - c) Radians
 - d) Applications des mesures en radians
- 3) Vecteurs et triangles obliques
 - a) Vecteurs
 - b) Application des vecteurs
 - c) Triangles oblique, loi des sinus
 - d) Loi des cosinus
- 4) Graphiques des fonctions trigonométriques
 - a) $y = a \sin x$, $y = a \cos x$

- b) $y = a \sin bx$, $y = a \cos bx$
- c) $y = a \sin (bx + c)$, $y = \cos (bx + c)$
- d) Graphiques des autres fonctions
- e) Applications des graphiques en trigonométrie
- f) Courbes trigonométriques composées

10.5 Nombres complexes

- 1) Nombres imaginaires et complexes
- 2) Opérations fondamentales avec les nombres complexes
- 3) Représentation graphique des nombres complexes
- 4) Forme polaire d'un nombre complexe
- 5) Forme exponentielle de nombres complexes
- 6) Produits, quotients et puissances des nombres complexes
- 7) Applications des nombres complexes aux circuits à courant alternatif

10.6 Déterminants et matrices

- 1) Déterminants, expansion par mineures
- 2) Propriétés des déterminants
- 3) Matrices, définitions et opérations de base

10.7 Rapport, proportion et variation

- 1) Rapport
- 2) Proportion
- 3) Variation

10.8 Exposants et radicales

- 1) Exposants intégraux
- 2) Exposants fractionnaires
- 3) Forme radicale la plus simple
- 4) Addition et soustraction des radicales
- 5) Multiplication des radicales
- 6) Division des radicales

10.9 Logarithmes

- 1) Définition d'un logarithme

- 2) Graphique de $y = b^x$ et $y = \log_b x$
- 3) Propriétés des logarithmes
- 4) Logarithmes base 10
- 5) Calcul à l'aide des logarithmes
- 6) Logarithmes naturels
- 7) Rapport entre les logarithmes naturels et les logarithmes ordinaires

10.10 Permutations et combinaisons

- 1) Concepts de base

10.11 Géométrie analytique plane

- 1) Définitions élémentaires
- 2) La ligne droite
- 3) Le cercle
- 4) La parabole
- 5) L'ellipse
- 6) L'hyperbole
- 7) L'équation de second degré

10.12 Progressions

- 1) Progressions arithmétiques
- 2) Progressions géométriques
- 3) Séries géométriques

10.13 Théorème du binôme

- 1) Théorème du binôme
- 2) Expansion de la puissance intégrale positive d'un binôme
- 3) Terme général
- 4) Calcul des puissances et des racines

10.14 Fonctions

- 1) Variables et constantes
- 2) Signification d'une fonction
- 3) Fonctions explicites et implicites
- 4) Domaine et portée

- 5) Évaluation des fonctions
- 6) Notation de sommation

10.15 Limites

- 1) Bases de différentiation
- 2) Signification de limite
- 3) Limite d'une fonction
- 4) Règles d'évaluation des limites

Sujets facultatifs – (10.16 à 10.26)

10.16 Différentiation – introduction

- 1) Pente d'une ligne – notation $\Delta y/\Delta x$
- 2) Pente d'une courbe – dérivée
- 3) Signification graphique – premier principe
- 4) Différentiation des polynômes simples à l'aide du premier principe
- 5) Applications simples
- 6) Différentiation des polynômes simples de forme u^n , u étant une fonction de x
- 7) Règle du produit
- 8) Règle du quotient
- 9) Différentiation successive

10.17 Différentielles

- 1) Base d'intégration
- 2) Définition
- 3) Différentielle d'une fonction
- 4) Approximations et erreurs minimales

10.18 Intégration – introduction

- 1) Intégration est l'inverse de la différentiation
- 2) Évaluation de $\int u^n du$, u étant une fonction de x
- 3) Constante d'intégration
- 4) Intégrale définie $\int_a^b u^n du$
- 5) Signification graphique

- 6) Méthodes numériques d'intégration
- 7) Théorème fondamental du calcul intégral
- 8) Applications simples – surfaces sous les courbes

10.19 Différentiation partielle

- 1) Signification de la dérivée partielle
- 2) Signification graphique
- 3) Dérivée totale
- 4) Différentielle totale
- 5) Problèmes reliés aux taux
- 6) Petites erreurs

10.20 Différentiations – suite

- 1) Fonctions inverses simples
- 2) Règle conjointe
- 3) Différentiation des fonctions trigonométriques et de leurs inverses
- 4) Différentiation des fonctions exponentielles
- 5) Différentiation des fonctions logarithmiques

10.21 Maxima et minima

- 1) Points tournants (critiques)
- 2) Points maximum et minimum
- 3) Points d'inflexion
- 4) Traçage des courbes en utilisant la théorie des maxima et des minima
- 5) Problèmes relatifs aux points maximum et minimum

10.22 Intégration – suite

- 1) Intégration des fonctions logarithmiques et exponentielles
- 2) Intégration des fonctions trigonométriques et de leurs inverses
- 3) Évaluation des intégrales indéfinies et définies

10.23 Applications de différentiation

- 1) Taux de variation simple
- 2) Mouvement rotatif et mouvement rectiligne

- 3) Mention des équations différentielles
- 4) Méthode de Newton pour l'extraction de la racine carrée d'une équation

10.24 Surfaces et volumes par intégration

10.25 Méthodes d'intégration

- 1) Intégration par parties $\int u dv - uv - \int v du$
- 2) Intégration par substitution
 - a) Substitutions algébriques
 - b) Substitutions trigonométriques
- 3) Intégration au moyen de fractions partielles

10.26 Équations différentielles

- 1) Définitions
- 2) Classification – ordre, degré
- 3) Solutions générales et particulières
- 4) Séparation des variables
- 5) Équations différentielles homogènes
- 6) Équations différentielles exactes
- 7) Équations linéaires de premier ordre
- 8) Équations linéaires de second ordre
 - a) R.H.S. = 0
 - b) R.H.S. = $f(x)$
 - c) racines réelles, égales et complexes
- 9) Applications aux courbes d'élasticité des poutres

Mécanique appliquée

11.1 Contenu du cours

- 1) Partie 1 Statique
- 2) Partie 2 Dynamique
- 3) Partie 3 Dispositifs à friction et antifriction
- 4) Partie 4 Résistance des matériaux
- 5) Partie 5 Résistance des matériaux – applications
- 6) Partie 6 Circuits hydrauliques
- 7) Partie 7 Circuits pneumatiques

11.2 Partie 1 – Statique

- 1) Concepts et principes de force fondamentaux
 - a) Types de force, caractéristiques et unités, forces résultantes au moyen de méthodes graphiques – triangles et polygones des forces, Équilibre
 - b) Composantes d'une force, force résultante par la méthode des composantes
 - c) Moments et couples, unités
 - d) Conditions d'équilibre
 - e) Équilibre de 3 forces coplanaires (principe des 3 forces)
 - f) Coulisseau de Rapson
 - g) Comparaison entre le coulisseau de Rapson et les machines à gouverner
- 2) Analyse des forces des structures statiques simples
 - a) Diagrammes des corps libres, deux forces, trois forces, câbles et poulies, paliers à roulements et sans friction
 - b) Systèmes simples de forces coplanaires simultanées
 - c) Systèmes de forces coplanaires parallèles, charges en un point, charges distribuées uniformément et non-uniformément
 - d) Systèmes simples de forces coplanaires non simultanées
- 3) Analyse des forces des structures statiques plus complexes
 - a) Méthode des joints
 - b) Méthode des sections

11.3 Partie 2 – Dynamique

- 1) Concepts et principes fondamentaux du mouvement

- a) Relations analytiques et graphiques entre le déplacement, la vitesse et l'accélération. Vitesse
 - b) Rotation, vitesse et accélération angulaires. Unités
 - c) Conversions du mouvement angulaire au mouvement linéaire
 - d) Cames
 - e) Vitesse relative sur un plan
 - f) Vitesse relative et accélération – effets du courant sur la vitesse et la route d'un navire. Vitesse relative de deux corps se déplaçant sur des plans différents
 - g) Mouvement linéaire avec accélération constante
 - h) Accélération centrifuge
 - i) Accélération due à la gravité
 - j) Mouvement angulaire avec accélération angulaire constante
- 2) Analyse des forces et du mouvement des structures, des corps et des éléments mobiles
- a) Lois de Newton sur le mouvement, l'inertie et sa conservation
 - b) Moment d'inertie et forme angulaire de la troisième loi de Newton (équation de couple)
 - c) Force et couple d'inertie appliqués à l'analyse structurale
 - d) Accélération des corps reliés les uns aux autres
 - e) Effet de la résistance de l'air sur le mouvement attribuable à la pesanteur
 - f) Force centrifuge et utilisation dans les régulateurs de vitesse de Watt
 - g) Contraintes dans une jante mince dues à la force centrifuge
 - h) Régulateur Porter avec manchon à friction
 - i) Équilibrage dynamique des masses se déplaçant sur un même plan
 - j) Séparateurs et autres applications
 - k) Dynamique fondamentale du moteur
 - l) Formule de calcul de la vitesse et de l'accélération d'un piston
 - m) Formule de calcul de la cylindrée
- 3) Travail, puissance et énergie
- a) Définitions et relations entre travail, puissance et énergie. Unités
 - b) Énergie cinétique de translation
 - c) Énergie potentielle
 - d) Conservation de l'énergie
 - e) Énergie cinétique de rotation, volants
 - f) Effet des volants ou variation de couple

- 4) Forces périodiques et vibration
 - a) Mouvement harmonique, pendule et vibrations simples
 - b) Oscillateur à harmonique simple, caractéristiques de l'amplitude par rapport à la fréquence, résonance, effet d'amortissement
 - c) Amplitude, vitesse et accélération des vibrations
 - d) Modes de vibration de torsion et de translation dans les poutres et les porte-à-faux, remous des arbres, diagrammes d'interférence et vitesses critiques
- 5) Transmission et équilibrage de la puissance
 - a) Méthodes de transmission de la puissance (mécanique, hydraulique, électrique) et équations de puissance
 - b) Démultiplication, rapport de vitesse, efficacité
 - c) Démultiplication, rapport de vitesse, efficacité de diverses machines d'amplification de la force (syllabus deuxième cours)
 - d) Transmission de puissance avec amplification de force
 - e) Transmissions à équilibrage de puissance, courroie et poulie, chaîne et roue dentée, engrenage de réduction, charges des paliers dans ces transmissions
 - f) Calcul de l'inertie

11.4 Partie 3 – Dispositifs à friction et anti-friction

- 1) Friction
 - a) Valeurs types de forces et de coefficients de friction, travail effectué pour vaincre la friction, angle de friction
 - b) Friction sur un plan incliné
 - c) Friction des filets
 - d) Effet des lubrifiants et de la vitesse de glissement sur la force de friction – couche limite, lubrification avec pellicule mixte et pellicule complète
- 2) Dispositifs à friction
 - a) Embrayages à friction
 - b) Freins à bande et à disque
 - c) Entraînement par courroie plate et courroie trapézoïdale
- 3) Dispositifs antifriction – Roulements
 - a) Roulements à charge radiale et paliers de butée, identification et terminologie
 - b) Possibilités et nécessité d'alignement, séparabilité, charge utile relative
 - c) Disposition statiquement déterminante des roulements, ajustage des bagues et règles de montage

- d) Charge statique nominale, charge dynamique nominale, statistiques de durée de vie des roulements. B_{90} et B_{50} . Relation entre la charge et la durée de vie
- e) Charges radiales équivalentes et choix de roulement
- f) Choix de lubrifiant
- g) Paliers lisses
- h) Expérience d'Osborne et de Reynolds, viscosité, distribution de la pression, paramètres et tableaux de conception, rainures et alimentation en huile. Pression à l'intérieur de la pellicule d'huile
- i) Paliers de butée Michell et Kingsberry

11.5 Partie 4 – Résistance des matériaux

- 1) Contraintes et tension
 - a) Contraintes et tension directes, coefficient d'élasticité, tension et effort de cisaillement, coefficient de rigidité
 - b) Tension sur les plans obliques (tension simple seulement)
 - c) Limite élastique, charge de rupture, charge limite, pourcentage d'allongement
 - d) Fatigue, courbe SN, limite d'endurance
 - e) Relation entre charge nominale, coefficient de sécurité et marge de sûreté
 - f) Rigidité, conformité
 - g) Concentration des tensions
 - h) Contraintes tempérées dans les barres de tension
 - i) Effet des charges directes et des variations de température sur les barres en alliage
 - j) Effort et résilience, tension causée par les charges soudaines (tension simple seulement).
- 2) Forces de cisaillement et moments de flexion
 - a) Diagrammes des forces de cisaillement et moments de flexion des poutres en porte-à-faux et des poutres supportées aux extrémités, avec charges concentrées ou distribuées uniformément
- 3) Centre de masse et moments quadratiques
 - a) Centre de masse pour des coupes transversales simples
 - b) Calcul de la position du centre de masse dans le cas des coupes transversales plus complexes
 - c) Deuxième moment pour coupes transversales simples
 - d) Utilisation du théorème des axes parallèles pour calculer le deuxième moment des coupes transversales plus complexes
 - e) Deuxième moment polaire

- 4) Flexion des poutres
 - a) Fléchissement des poutres
 - b) Critères de fléchissement
 - c) Efforts de cisaillement dans les poutres
 - d) Tension causée par la flexion, axe neutre, coefficient de section
 - e) Utilisation de la formule de Roark pour le calcul des tensions et des efforts
- 5) Torsion des arbres
 - a) Tensions créées par les charges de torsion (y compris la transmission de puissance) dans les arbres massifs et creux. Rigidité de torsion
 - b) Torsion des arbres munis d'une chemise
 - c) Rigidité des ressorts hélicoïdaux à bobinage serré
- 6) Jambes de force
 - a) Déformation des jambes de force, utilisation de la formule de Euler

11.6 Partie 5 – Résistance des matériaux – applications

- 1) Réservoirs sous pression
 - a) Tensions circonférencielles et longitudinales des réservoirs cylindriques minces soumis à une pression interne
 - b) Réservoirs à joints rivetés, utilisation des formules de conception des chaudières
- 2) Joints boulonnés
 - a) Tensions admissibles dans les boulons, tensions de serrage, tensions de serrage recommandées des boulons, analyse de l'élasticité des joints boulonnés, joints métal à métal et joints comportant une garniture, garnitures en matériaux composites, charge de boulon produite par une charge extérieure, condition d'ouverture et importance du serrage initial. Méthodes utilisées pour la précontrainte des boulons (thermique, hydraulique, jauge d'allongement)
- 3) Joints soudés
 - a) Révision des joints soudés, types, symboles et terminologie
 - b) Caractéristiques des soudures sur chanfrein en bout
 - c) Préchauffage
 - d) Méthodes de détermination du filet de soudure
 - e) Règles générales de soudage

11.7 Partie 6 – Hydraulique

- 1) Hydrostatique

- a) Variation de la pression de liquide en fonction de la profondeur, principe d'Archimède, poids dans l'air et dans l'eau, équilibre des corps flottants
 - b) Flottaison dans des liquides de poids spécifique différent
 - c) Forces exercées sur les surfaces immergées verticales et horizontales, centres de pression des plans verticaux rectangulaires et triangulaires, dont une arête est en contact avec la surface du liquide
 - d) Calcul de la force et du centre de pression sur les parois de réservoir et sur les cloisons
 - e) Loi de Pascal, force résultant de la pression sur les surfaces courbes, formule de Barlow, applications (forces des pistons dans les actionneurs à pignon et crémaillère, forces exercées sur les brides des soupapes hydrauliques)
 - f) Applications, comprenant équilibrage de la pression dans les conduites de retour des hélices à pas variable, joints des tubes d'étambot, moteurs et dispositifs d'entraînement submergés
- 2) Hydrodynamique
- a) Débit maximal à pression constante dans les tuyaux, débit dans les orifices, coefficient de vitesse, coefficient de décharge
 - b) Équation de Bernoulli, débit dans les orifices calibrés, débitmètre à tube de Venturi
 - c) Force exercée par un jet sur une surface plane perpendiculaire au jet, diagrammes d'angle d'aubage des pompes centrifuges
 - d) Débit laminaire et turbulent, nombre de Reynolds, variation du coefficient de friction en fonction du nombre de Reynolds
 - e) Viscosimètres à viscosité absolue et cinématique, index de viscosité Redwood, SAE et SUS, débits de fuites
 - f) Utilisation des tubes de Pitot pour la mesure des caractéristiques P-V du débit d'air dans les conduites et les ventilateurs
 - g) Calculs des pertes dans les conduites
 - h) Caractéristiques P-V des ventilateurs, puissance des ventilateurs, caractéristiques des pompes, lois d'affinité, système d'équilibrage des pompes
 - i) Conditions à l'entrée des pompes hydrauliques, cavitation
- 3) Hydraulique
- a) Fluides hydrauliques
 - b) Propriétés, compatibilité et additifs des fluides combustibles et non combustibles
 - c) Joints, fuites, joints statiques et dynamiques, formes et matériaux des garnitures d'étanchéité, compatibilité, causes et mesures correctives des défauts par extrusion et spirale. Joints à face de carbone. Joints à labyrinthe
 - d) Distribution

- e) Utilisation et matériaux de fabrication des tuyaux, des tuyaux flexibles et des tubes, décapage des tuyaux
- f) Mesure du diamètre intérieur, renforcement des tuyaux flexibles et mesure de l'épaisseur des tuyaux et des tubes, facteur de service
- g) Raccords, procédures d'installation des conduites
- h) Calcul des chutes de pression dans les conduites incluant les corrections pour variations de température et débit en fonction de l'application
- i) Conditionnement thermique
- j) Caractéristiques et entretien des réservoirs
- k) Échangeurs de chaleur
- l) Chaleur produite dans les soupapes de sécurité, conséquence de la capacité du réservoir sur l'accroissement de la température, facteurs déterminant la température de stabilisation, méthodes active et passive de diminution de la température de stabilisation
- m) Contrôle de la contamination
- n) Méthodes de contrôle de la contamination, procédures d'installation et d'entretien des systèmes, utilisation des filtres
- o) Niveaux de contamination, niveaux admissibles selon le type de système, techniques de mesure, critères de sélection des filtres, emplacement et fonctions des filtres
- p) Éléments filtrants et types de contenants, dérivation et indication de la pression différentielle, entretien
- q) Pompes et moteurs hydrauliques
- r) Pompes volumétriques à déplacement fixe et variable et types de moteur, caractéristiques de construction (y compris les ouvertures d'aspiration et les raccordements de drain)
- s) Rendements volumétrique, mécanique et d'ensemble des pompes et des moteurs
- t) Soupapes de commande
- u) Soupapes régulatrices de pression, construction et fonctionnement des soupapes pilotes et des soupapes à commande directe, régulation de pression, séquence, décharge, commande de mouvement (commande d'équilibrage et de mouvement, verrouillage), soupapes réductrices
- v) Soupapes directionnelles, raccords et méthodes de contrôle
- w) Construction de diverses soupapes de contrôle de débit, limiteurs de débit, soupapes à pression compensée
- x) Modèles de soupapes intégrées
- y) Actionneurs et composants divers
- z) Types et caractéristiques des actionneurs linéaires et rotatifs, amortissement

- aa)** Dispositifs de montage des actionneurs
- bb)** Multiplicateurs de pression linéaire et rotatif
- cc)** Systèmes hydrauliques de marine
- dd)** Commandes du pas de l'hélice
- ee)** Actionneurs et vibrateurs de portes de trémie
- ff)** Treuils d'amarrage hydrauliques
- gg)** Actionneurs des mâts de navires auto-déchargeurs
- hh)** Appareils à gouverner hydrauliques
- ii)** Accumulateurs
- jj)** Lecture des schémas hydrauliques
- kk)** Procédures de dépannage

11.8 Partie 7 – Pneumatique

- 1)** Comparaison entre les systèmes pneumatiques et hydrauliques
 - a)** Niveaux de pression, compressibilité des fluides, possibilités et sécurité d'entreposage de l'énergie, propreté, autolubrification, utilisation dans les endroits où il y a danger d'explosion, débit dans les tuyaux
- 2)** Principes fondamentaux
 - a)** Propriétés de l'air, SCGM, loi régissant les gaz, travail accompli pendant la compression adiabatique et la compression isothermique
- 3)** Compresseurs
 - a)** Compresseurs à un étage et à étages multiples
 - b)** Réservoirs
 - c)** Calcul des chutes de pression dans les tuyaux
- 4)** Distribution
 - a)** Filtres, régulateurs, lubrificateurs, sécheurs, tuyauteries, pièges à humidité, raccords
 - b)** Coefficient de capacité des soupapes, capacité terminale
- 5)** Commandes des systèmes pneumatiques
 - a)** Types, construction et entretien des soupapes de commande
 - b)** Précautions et mesures de sécurité nécessaires à la prévention des incendies et des explosions
- 6)** Systèmes pneumatiques de marine
 - a)** Systèmes d'air comprimé des navires, compresseurs et réservoirs, air de démarrage, air de commande, mise sous pression de réservoir, indicateurs de niveau

Réfrigération et conditionnement de l'air

Remarque : Ce cours doit être donné après le cours de thermodynamique

12.1 Généralités

- 1) Objet
- 2) Classification
- 3) Rappel de certaines notions de physique
 - a) Température
 - b) Chaleur
 - c) Pouvoir de réfrigération
 - d) Efficacité de la réfrigération
 - e) Loi régissant les gaz
 - f) Détente et compression
 - g) Enthalpie
 - h) Entropie
 - i) Qualité de la vapeur saturée
- 4) Réfrigérants modernes

12.2 Principe de fonctionnement d'un système de réfrigération

- 1) Cycle théorique de compression de vapeur
- 2) Cycle réel de compression de vapeur
- 3) Représentation d'un cycle de réfrigération
- 4) Diagrammes
- 5) Caractéristiques de performance

12.3 Fluides réfrigérants

- 1) Classification
- 2) Codification
- 3) Identification
- 4) Détection des fuites
- 5) Sécurité
- 6) Considérations environnementales

12.4 Lubrification des compresseurs de réfrigération

- 1) Choix des huiles

- 2) Soins particuliers à apporter au système en raison de la présence d'huile dans le circuit

12.5 Installations à bord des navires

- 1) Système à détente indirecte
- 2) Saumure
- 3) Système à détente directe
- 4) Aliments réfrigérés
- 5) Cargaisons réfrigérées
- 6) Notions de liquéfaction des gaz à bord des navires

12.6 Description des principaux composants

- 1) Compresseurs
 - a) Compresseur à mouvement alternatif
 - b) Compresseur à vis
 - c) Compresseur centrifuge
- 2) Soupapes d'expansion
- 3) Condenseurs
- 4) Évaporateurs

12.7 Accessoires

- 1) Séparateurs
- 2) Sécheurs
- 3) Filtres
- 4) Indicateurs
- 5) Échangeurs de chaleur
- 6) Soupapes et tuyauterie

12.8 Dispositifs de commande et de régulation

- 1) Pressostats
- 2) Thermostats
- 3) Soupapes magnétiques
- 4) Robinets de restriction
- 5) Soupapes anti-retour

12.9 Utilisation des installations

- 1) Chambre froide
- 2) Cale
- 3) Isolation
- 4) Matériau isolant
- 5) Dégivrage

12.10 Systèmes de conditionnement d'air

- 1) Généralités
 - a) Air extérieur
 - b) Caractéristiques de l'air
 - c) Qualités de l'air
- 2) Tableau psychrométrique
 - a) Réalisation
 - b) Humidité
 - c) Températures
 - d) Point de rosée
 - e) Calcul de l'humidité à partir d'un diagramme de saturation
- 3) Mesure de l'humidité
 - a) Instruments utilisés
- 4) Applications numériques des calculs
- 5) Installations de conditionnement de l'air sur les navires
 - a) Systèmes individuels et collectifs
 - b) Installation de re-circulation de l'air
 - c) Installation avec système de commande centrale de température et d'humidité
 - d) Installations avec commandes individuelles de température et d'humidité

12.11 Exploitation et entretien

- 1) Exploitation et entretien des systèmes de réfrigération
- 2) Exploitation et entretien des systèmes de conditionnement d'air

Architecture navale (stabilité)

13.1 Objectif

- 1) À la fin du cours, le candidat doit pouvoir décrire les conditions de flottaison et de stabilité transversale et longitudinale des navires. Il doit pouvoir estimer la puissance nécessaire à la propulsion de divers navires ainsi que les effets du gouvernail et des influences externes. De plus, le candidat doit pouvoir décrire les divers genres d'hélices et être capable d'estimer les pertes associées à chacune d'elles. Nombre total d'heures : 84

13.2 Hydrostatique fondamentale

- 1) Poids spécifique et densité
- 2) Perte de flottaison
 - a) Principe d'Archimède
 - b) Densimètres
- 3) Tonnes par centimètre d'immersion
- 4) Réserve de flottabilité
- 5) Pression exercée par un liquide
- 6) Charge sur un plan immergé
- 7) Centres de pression
- 8) Diagrammes de charge
- 9) Tirants d'eau, déplacement, franc bord
- 10) Lignes de charge internationales

13.3 Surfaces, volumes, forces et moments

- 1) Coefficients de forme
 - a) Finesse
 - b) Prismatique
 - c) Remplissage à la flottaison
 - d) Remplissage du coupe au maître
 - e) Prismatique vertical
- 2) Surfaces mouillées
- 3) Règles de Simpson appliquées au calcul des surfaces
 - a) Première règle
 - b) Deuxième règle
 - c) Combinaison des règles

- d) Utilisation des ordonnées intermédiaires
- 4) Règles de Simpson appliquées au calcul des volumes
 - a) Première règle
 - b) Deuxième règle
- 5) Règles de Simpson appliquées aux premiers moments
 - a) Première règle
 - b) Deuxième règle
 - c) Détermination du centre de flottaison
 - d) Détermination du centre de carène
- 6) Règles de Simpson appliquées aux moments d'inertie
 - a) Détermination de BM et BMT
 - b) Centres de pression
- 7) Troisième règle de Simpson
 - a) Surface
 - b) Volume
 - c) Règle 3,10,1 relative au moment
- 8) Autres méthodes relatives à la surface, aux moments et aux volumes
 - a) Règle des trapèzes
 - b) Règle des ordonnées moyennes
 - c) Règle de Tchebycheff
 - d) Intégration mécanique

13.4 Centre de gravité des navires

- 1) Définition
- 2) Déplacement de G
- 3) Détermination de KG
- 4) Centres de gravité réel et virtuel
- 5) Effet de surface libre

13.5 Centres de carène et de flottaison

- 1) Centre de carène vertical, KB ou VCB
- 2) Déplacement de B
- 3) Centre de carène longitudinal, LCB

- 4) Centre de flottaison longitudinal, LCF

13.6 Stabilité statique transversale

- 1) Bande et gîte
- 2) Équilibre des navires
- 3) Bras de redressement
- 4) Métacentre et hauteur métacentrique
- 5) Moment de stabilité statique
- 6) Rapport entre GM et GZ
- 7) Stabilité initiale et angle de stabilité
- 8) Calcul de BM
- 9) Essai de stabilité
- 10) Inclinaison ou bande causée par :
 - a) Déplacement de G
 - b) GM négatif
- 11) Effets des poids suspendus
- 12) Facteurs affectant la stabilité
 - a) Largeur
 - b) Franc-bord
 - c) Centre de gravité vertical
- 13) Mise en cale sèche
- 14) Échouement

13.7 Stabilité longitudinale

- 1) Termes utilisés : G, B, F, M_L , G_L
- 2) Hauteur métacentrique longitudinale
- 3) Calculs de BM_L
- 4) Assiette
 - a) Moment nécessaire pour changer l'assiette de 1 cm
 - b) Variation de tirant d'eau causée par la variation de l'assiette
 - c) Correction de la tranche de flottaison
 - d) Effets du chargement ou du déchargement de poids

- e) Assiettes et tirants d'eau spéciaux
- 2) Variation du tirant d'eau moyen en fonction du changement de la masse spécifique
- 3) Variation de l'assiette en fonction du changement de la masse spécifique

13.8 Stabilité à l'état endommagé

- 1) Assèchement et perméabilité
- 2) Gîte causée par des compartiments endommagés
- 3) Variation d'assiette causée par des compartiments endommagés

13.9 Courbes et échelles de stabilité

- 1) Généralités
- 2) Utilisation des informations fournies aux navires
 - a) Courbes hydrostatiques
 - b) Courbes croisées
- 3) Effet de la largeur et du franc-bord sur les courbes

13.10 Stabilité dynamique

- 1) Courbe de stabilité statique
- 2) Critères de détermination pour la stabilité à grands angles
- 3) Calcul de l'aire sous la courbe GZ
- 4) Normes de stabilité de l'OMI

13.11 Vagues et roulis

- 1) Vagues
 - a) Formation
 - b) Période de vagues
- 2) Roulis
 - a) Périodes des navires
 - b) Roulis libre
 - c) Résistances au roulis
 - d) Courbes pour grands angles de roulis

13.12 Résistance

- 1) Résistance totale (R_t)
- 2) Résistance à la friction (R_f)

- 3) Résistance résiduaire (R_r)
- 4) Lois de comparaison
 - a) Modèles – navires
 - b) Puissance efficace
 - c) Facteur de corrélation des navires
 - d) Puissance efficace brute
- 5) Coefficient d'amirauté
- 6) Coefficient et consommation de carburant

13.13 Théorie du gouvernail

- 1) Forces exercées sur les gouvernails
- 2) Couple exercé sur la mèche de gouvernail
- 3) Angle de gîte causé par les forces exercées sur le gouvernail
- 4) Angle de gîte en virage

13.14 Théorie des Hélices

- 1) Définitions
 - a) Diamètre
 - b) Pas
 - c) Angle des pales
 - d) Rapport de pas
 - e) Surface des pales
 - f) Surface projetée
 - g) Surface développée
 - h) Rapport de surface des pales
 - i) Rapport de surface du disque
 - j) Épaisseur des pales
 - k) Dimension du bossage
 - l) Nombre de pales
- 2) Vitesse théorique
- 3) Recul apparent
- 4) Sillage et coefficient de sillage
- 5) Recul réel

- 6) Relation entre les vitesses
- 7) Poussée
- 8) Relation entre les puissances
 - a) i_p
 - b) b_p
 - c) s_p
 - d) d_p
 - e) e_p
 - f) t_p
- 9) QPC
- 10) Coefficient de succion
- 11) Relation entre la puissance moyenne et la vitesse
- 12) Détermination du diamètre et du pas
- 13) Cavitation

13.15 Hélices – Considérations pratiques

- 1) Hélices à pales rapportées
- 2) Hélices solides
- 3) Hélices à pas variable
 - a) Fonctionnement
 - b) Systèmes
- 4) Détermination du diamètre et du pas
- 5) Matériaux
- 6) Entretien
 - a) Inspections
 - b) Dommages
 - c) Corrosion
 - d) Érosion
 - e) Méthodes de réparation
 - f) Montage des hélices
 - i) Avec clavette
 - ii) Sans clavette
 - g) Procédures de dépose des hélices

Nombre total d'heures : 84, comprenant le temps nécessaire à la révision et à l'examen

Architecture navale (construction des navires)**14.1 Termes de marine**

- 1) Éléments de structure des navires
- 2) Divers types de configurations de navires. Exemples :
 - a) Navire à pont découvert
 - b) Navire à trois superstructures
 - c) Navire à long château
 - d) Navire à pont-abri
 - e) Navire à demi-dunette
 - f) Superstructure arrière

14.2 Dimensions et formes des navires

- 1) Ligne de base
- 2) Moment de flexion
- 3) Bouge
- 4) Axe longitudinal
- 5) Port en lourd
- 6) Creux maximal
- 7) Creux sur quille
- 8) Tirant d'eau maximal
- 9) Profondeur de carène
- 10) Déplacement
- 11) Façons de l'avant
- 12) Dévers
- 13) Franc-bord
- 14) Pont de franc-bord
- 15) Milieu du navire
- 16) Longueur hors-tout
- 17) Longueur entre perpendiculaires
- 18) Quête
- 19) Relevé de varangues
- 20) Coulée
- 21) Tonture

22) Rentrée

14.3 Contraintes dans les structures des navires

1) Contraintes statiques

- a) Contraintes produites par la pression de l'eau
- b) Contraintes produites par le poids
- c) Flexion
 - i) Arc
 - ii) Contre-arc, cisaillement, effets thermiques
- d) Forces exercées pendant le carénage

2) Contraintes dynamiques

- a) Flexion
 - i) Arc
 - ii) Contre-arc
 - iii) Déliaison
- b) Effet de soufflet
- c) Cognement

14.4 Profilés et tôles en acier utilisés dans les navires

1) Cornières

- a) Cornières à ailes égales
- b) Cornières à ailes inégales
- c) Cornières à boudin

2) Lame à boudin

3) Profilé en U

4) Poutres en I ou H

5) Fer en T

6) Fer plat

7) Fer rond

8) Fer demi-rond

9) Moulure Tyzack

14.5 Aluminium utilisé dans les navires

1) Utilisations générales

- 2) Alliages d'aluminium

14.6 Protection structurelle contre l'incendie

- 1) Réglementation internationale (OMI)
- 2) Réglementation et normes canadiennes
- 3) Classification des cloisons et des ponts
- 4) Zones d'incendie
- 5) Passe-cloisons

14.7 Rivetage (Référence historique)

- 1) Résistance des rivets (description)
- 2) Types de rivets
- 3) Têtes de rivets
- 4) Pointes de rivet
- 5) Rivetage et espacement

14.8 Procédés de coupage et de soudage

- 1) Soudage
 - a) Équipement
 - b) Méthodes
- 2) Soudage à l'arc électrique
 - a) Soudage à l'arc sous laitier
 - i) Électrode manuel
 - ii) Soudage par gravité
 - iii) Fusarc
 - iv) Soudage à l'arc protégé
 - v) Soudage à l'arc avec percussion (goujons)
 - b) Soudage sous protection gazeuse
 - i) TIG
 - ii) MIG
 - c) Autres méthodes de soudage
 - i) Electro-slag
 - ii) Électrode fusible

- 1) Système transversal
- 2) Système longitudinal
- 3) Plafond de ballast
- 4) Tôles et supports de flanc de ballast
- 5) Précautions anti-cognement
- 6) Cofferdams
- 7) Essais

14.13 Structures de bordé

- 1) Couples et assemblage de couples
- 2) Types de couples
 - a) Soudés
 - b) Porques
 - c) Membrures renforcées
- 3) Écartement des couples
- 4) Construction dans les entreponts
- 5) Numérotation des couples
- 6) Hublots et fenêtres

14.14 Structures de pont

- 1) Barrotage
 - a) Fonctions
 - b) Profilés utilisés
 - c) Systèmes
 - i) transversal
 - ii) longitudinal
 - d) Barrots profonds
 - e) Demi-barrots
 - f) Barrots d'hilaires
 - g) Goussets
- 2) Épontillage
 - a) Fonctions
 - b) Épontille ordinaire

- c) Épontille massif
 - d) Cloisons longitudinales
 - e) Construction et ajustage
- 3) Entremises sous barrots
- a) Fonctions
 - b) Ajustage
 - c) Construction
 - d) Entremises faisant partie des hiloires

14.15 Tôles de bordé et de pont

- 1) Généralités
- 2) Contraintes de bordé
- 3) Plans de développement de bordé
 - a) Identification des tôles
 - b) Tôles spéciales
 - i) Virure de pointe
 - ii) Semelle
 - iii) Tôle de bossage inversée
 - iv) Tôle de bossage
 - v) Tôle de sommier
- 4) Construction des bordés
 - a) Bordés à clins épaulés, membrures rectilignes
 - b) Bordés à doubles clins, membrures rectilignes
 - c) Bordés à clins, couples épaulés
 - d) Bordés à soudure arasée
- 5) Virure de carreau
 - a) Ouvertures
 - b) Joint avec les tôles gouttières
- 6) Arrêt des fissures
- 7) Tôles d'about
- 8) Entrepont au bordé
- 9) Ouvertures dans le bordé
 - a) Pont

- b) Caisse
- 10) Classification Lloyds des bordés
 - a) Largeur
 - b) Épaisseur
- 11) Revêtements de pont
- 12) Écoutilles
 - a) Ouvertures dans le pont
 - b) Hauteur des hiloires
 - c) Hiloires
 - d) Barrots d'extrémité d'écoutes
 - e) Barrotins
 - f) Panneaux longitudinaux aux hiloires
- 13) Écoutilles des pétroliers
- 14) Pavois et sabords de décharge
- 15) Dalots et vannes

14.16 Panneaux d'écoute

- 1) Panneaux d'écoute s'ouvrant par simple traction
- 2) Panneaux d'écoute montés sur charnières
- 3) Panneaux d'écoute à levier direct
- 4) Méthodes de scellage et de fermeture
- 5) Maintenance des panneaux d'écoute mécaniques

14.17 Cloisons

- 1) Cloisons étanches
 - a) Utilisations
 - b) Nombre et emplacement
 - c) Hauteur
 - d) Ajustage
 - e) Bordé
 - f) Cornières de renfort
 - g) Ondulées
 - h) Traversées pour tuyaux, câbles, et ventilation

- i) Raccords de bouture
- j) Essais
- 2) Cloisons non étanches
- 3) Portes étanches
 - a) Portes verticales
 - b) Portes horizontales
 - c) Portes à taquet et à charnières

14.18 Cales à eau

- 1) But
- 2) Construction
 - a) Cales à eau ordinaires
 - b) Cales utilisées pour le transport du combustible
 - c) Cales utilisées pour les cargaisons de combustible
- 3) Utilisation des cofferdams
- 4) Essais

14.19 Coquerons et membrures de renforcement

- 1) Généralités
- 2) Réservoirs de coquerons
- 3) Essais
- 4) Coqueron avant
 - a) Construction
 - b) Membrures de renforcement – en avant de la cloison d’abordage
 - c) Membrures de renforcement – en arrière de la cloison d’abordage
- 5) Coqueron arrière
 - a) Construction
 - b) Membrane de renforcement

14.20 Étraves

- 1) Étrave massive
- 2) Étrave en tôle
- 3) Étrave moulée
- 4) Étrave en bulbe

14.21 Puits aux chaînes et dispositifs de mouillage

- 1) Généralités
- 2) Construction
- 3) Manchons d'écubier
- 4) Conduits de puits aux chaînes
- 5) Dispositifs d'amarrage et d'ancrage

14.22 Poupe

- 1) Généralités
- 2) Poupe ordinaire – à voûte ou ronde
- 3) Poupe de croiseur
- 4) Poupe à tableau
- 5) Jaumières

14.23 Gouvernails et étambots

- 1) Généralités
- 2) Gouvernails
 - a) À safran simple
 - b) À safran double
 - c) Équilibrés
 - d) Construction des gouvernails
- 3) Fémelots
- 4) Aiguillots
 - a) Ordinaires
 - b) À barrure
 - c) Portants
- 5) Accouplements
- 6) Étambots
 - a) À une hélice
 - b) À double hélice
 - c) Varangue d'arcasse
 - d) Supports en A

- e) Bossage

14.24 Tubes d'étambot

- 1) Lubrifiés à l'eau
- 2) Lubrifiés à l'huile
- 3) Ajustage des tubes d'étambot et des arbres
 - a) Rayon lumineux
 - b) Rayon laser
 - c) Fil à piano
 - d) Vérification
- 4) Renforcement des tubes d'étambot

14.25 Hélices en caisson

- 1) Généralités
- 2) Fixes
- 3) Actives

14.26 Salle des machines et chaufferie

- 1) Disposition générale
- 2) Carlingage des machines et des chaudières
- 3) Tunnels d'arbres
- 4) Encaissements

14.27 Superstructures et roufs

- 1) Définitions
- 2) Gaillards
- 3) Dunettes
- 4) Ponts
 - a) Ponts longs et courts
 - b) Revêtements
 - c) Construction des cloisons
- 5) Roufs
- 6) Demi-dunettes

14.28 Détails divers

- 1) Ventilateurs
- 2) Tuyaux d'air
- 3) Tuyaux de sonde
- 4) Décharges par-dessus bord

14.29 Renforcement pour la navigation dans les glaces

- 1) Règlement sur la prévention de la pollution des eaux arctiques par les navires
- 2) Annotations de classe de glace

14.30 Considérations spéciales pour certains types de navires

- 1) Brise-glaces
- 2) Baliseurs
- 3) LPG et LNG
- 4) VLCC et pétroliers à double-coque
- 5) Embarcations rapides
- 6) Navires rouliers

14.31 Organismes de classification et de réglementation des navires

- 1) Généralités
- 2) Lloyds, American Bureau of Shipping, et autres
- 3) Sécurité maritime Transports Canada
- 4) Organisation maritime internationale (OMI)
- 5) Inspection et expertises
 - a) Annuelles
 - b) En cale sèche
 - c) Inspections spéciales
 - d) Inspection continues
 - e) Avaries et réparations

14.32 Chantiers de construction navale

- 1) Disposition de chantier
- 2) Salle de dessin
- 3) Préparation et usinage des tôles
- 4) Préfabrication et construction modulaire

- 5) Lancement
- 6) Carénage

Chimie

15.1 Théorie de la formation de l'univers

15.2 Méthode chimique

- 1) Méthode scientifique
- 2) Matière et énergie
- 3) Chaleur et température

15.3 Constitution de la matière

- 1) Loi de conservation de la masse
- 2) Loi des proportions déterminées
- 3) Loi des proportions multiples
- 4) Théorie atomique
- 5) Poids atomique
- 6) Atome – gramme
- 7) Nombre d'Avogadro

15.4 Les atomes

- 1) Analyses expérimentales
 - a) Expériences de Faraday
 - b) Expériences du tube à décharge
 - c) Expériences de Milikan
- 2) Isotopes
- 3) Radioactivité
- 4) Énergie atomique nucléaire
- 5) Loi périodique
- 6) Niveaux d'énergie électronique
- 7) Niveaux d'énergie et classification périodique
- 8) Symboles électroniques
- 9) Grandeurs atomiques
- 10) Potentiel d'ionisation
- 11) Affinité électronique

15.5 Liaisons chimiques

- 1) Les électrons dans les molécules
- 2) Liaison ionique
- 3) Liaison covalente
- 4) Liaison de polarité
- 5) Électronégativité
- 6) Énergie de liaison et échelle d'électronégativité
- 7) Couches de valence

15.6 Stœchiométrie

- 1) Formules approximatives
- 2) Formules moléculaires
- 3) Formules de masse et moles
- 4) Réactions chimiques
- 5) Oxydation
- 6) Oxydoréduction
- 7) Équation chimique
- 8) Grammes – équivalents
- 9) Chaleur de réaction

Remarque : La présente section complète le premier cours de chimie

15.7 Eau

- 1) Nature de l'eau
 - a) Composition chimique et structure physique
- 2) Propriétés chimiques de l'eau
 - a) L'eau, solvant universel
 - b) Solutions aqueuses et réactions

15.8 Propriétés importantes des solutions

- 1) Acides, bases et sels
- 2) Acidité et alcalinité
- 3) pH
- 4) Conductivité
- 5) Dureté
- 6) Types de solides présents dans l'eau

- a) Solides dissous
- b) Solides en suspension
- c) Quantité totale de solides

15.9 Chimie de l'eau (brève description)

- 1) Nature de la chimie
- 2) Éléments fondamentaux de la chimie dans le traitement de l'eau
- 3) Comment visualiser les réactions chimiques
 - a) Impuretés
 - i) Sodium
 - ii) Magnésium
 - iii) Calcium
 - iv) Potassium
 - v) Chlorure
 - vi) Sulfate
 - vii) Bicarbonate
 - viii) Silicate
 - ix) Hydrogène
 - x) Hydroxyde
 - b) Ions résultant de la corrosion
 - c) Fer ferreux
 - d) Fer ferrique
 - e) Cuivre cuivreux
 - f) Cuivre cuivrique
- 4) Gaz
 - a) Oxygène
 - b) Gaz carbonique
- 5) Autres composés
 - a) Chlorure de sodium
 - b) Chlorure de magnésium
 - c) Chlorure de Potassium
 - d) Chlorure de calcium
 - e) Sulfate de magnésium

- f)** Bicarbonate de calcium
 - g)** Acide silicique
 - h)** Dioxyde de carbone
 - i)** Oxygène
- 6)** Réactions chimiques
 - a)** Réactions d'entartrage
 - i)** Formation de carbonate de calcium
 - ii)** Formation de silicate de calcium
 - iii)** Formation d'hydroxyde de magnésium
 - iv)** Formation de silicate de magnésium
 - v)** Formation de sulfate de calcium
 - b)** Réactions de corrosion
 - i)** Corrosion de l'acier
 - ii)** Corrosion du cuivre
 - c)** Réactions associées au traitement de l'eau
- 7)** Calcul des réactions chimiques

Électrotechnique de marine

Les mécaniciens de marine seront appelés à utiliser le matériel parmi le plus complexe sur le marché; c'est pourquoi ils doivent recevoir une formation pratique et théorique bien équilibrée. Ils doivent donc pouvoir interpréter les informations écrites, verbales, mathématiques et symboliques de l'ingénieur électricien et analyser les problèmes.

Il est impossible de bien comprendre tous les principes d'électricité sans solutionner un grand nombre de problèmes. Le candidat doit prendre l'habitude de noter les solutions aux divers problèmes d'une façon ordonnée, en indiquant autant que possible, le nom de l'appareil en question. L'expérience lui permettra de formuler les réponses de façon à être compris par ses collègues.

Seuls les symboles et la terminologie ayant fait l'objet d'un accord international doivent être utilisés (systèmes SI et MKSA). Le candidat ne doit utiliser que la terminologie correcte puisqu'il s'agit là du seul moyen de communication avec ses collègues. La plupart des gens qui s'intéressent à l'électrotechnique de marine le font pour des raisons pratiques; c'est pourquoi le cours théorique doit être étoffé de plusieurs démonstrations pratiques capables de soutenir l'intérêt des candidats.

Ce cours se donne sur trois ans :

Électrotechnique Première année	Introduction à la terminologie, circuits et théorèmes, y compris l'électrostatique.
Électrotechnique deuxième année	Circuits à courant alternatif (facteur de puissance, vecteurs de phase et mesure de l'énergie) Construction et utilisation des machines et des commandes à courant continu. Vérification des machines à courant continu.
Électrotechnique troisième année	Machines à courant alternatif, notamment alternateurs, machines synchrones et régulateurs de tension. Introduction aux dispositifs électroniques et à la théorie des circuits; polarisation des transistors et circuits amplificateurs simples et utilisation des diodes Zener et rectification. Le traitement des circuits logiques est également compris.

Les instructeurs pourront présenter les divers sujets dans l'ordre qui leur convient, plusieurs facteurs pouvant influencer sur leur choix. L'ordre de présentation et la synchronisation seront choisies en fonction du programme complet.

Références

Introductory Circuit Analysis	R. L. Boylestad
Electric Circuits – Schaum's	J. A. Edminster
Electronic Devices and Circuit Theory	R. Boylestad L. Hashelsky
Electrical Machines DC & AC	D. S. Siskind
Basic Electro Technology Reeds	E. Kraal
Advanced Electro Technology Reeds	E. Kraal

Électrotechnique I

16.1 Circuits électriques

- 1) Différence de potentiel
- 2) Intensité en ampères – Nature du courant électrique
- 3) Loi d'ohm : $V = R I$
- 4) Puissance en watts et énergie en joules
- 5) Résistance spécifique
- 6) Résistance de l'isolant des câbles
- 7) Effet de la température sur la résistance
- 8) Coefficient de température
- 9) Caractéristiques des circuits série
- 10) Caractéristiques des circuits parallèles
- 11) Résistances commerciales – code de couleur des résistances fixes
- 12) Calibre de fil américain (AWG)

16.2 Analyse des circuits

- 1) Loi des mailles (tension) de Kirchoff
- 2) Règle de partage de la tension
- 3) Circuits parallèles
- 4) Loi des nœuds de Kirchoff
- 5) Loi de partage du courant
- 6) Courts-circuits

16.3 Méthodes d'analyse

- 1) Circuits série
- 2) Sources de courant en parallèle
- 3) Sources de courant en série
- 4) Circuits en pont

16.4 Appareils de mesure électriques

- 1) Shunt
- 2) Shunt ampèremètres
- 3) Conversion d'un ampèremètre en voltmètre

16.5 Électrolyse

- 1) Électrolyse de l'eau
- 2) Lois quantitatives de l'électrolyse (loi de Faraday)
- 3) Équivalents électrochimiques
- 4) Conduction du courant dans les solides, les liquides et les gaz

16.6 Batteries

- 1) Piles primaires et secondaires – durée de vie, etc.
- 2) Piles sèches, piles au mercure, piles alcalines et piles à l'eau de mer
- 3) Piles en séries
- 4) Piles en parallèle
- 5) Groupe de piles – résistance interne des piles
- 6) Détails de construction des accumulateurs au plomb et des piles alcalines, caractéristiques et applications
- 7) Chargement des accumulateurs
- 8) Norme de sécurité des navires – salle des batteries à bord des navires
- 9) Entretien des batteries
- 10) Nettoyage des déversements d'électrolyte et premiers soins

16.7 Électromagnétisme

- 1) Champs magnétiques
- 2) Densité du flux
- 3) Force exercée sur un conducteur traversé par un courant
- 4) Perméabilité
- 5) Réductance
- 6) Loi d'Ohm appliquée aux circuits magnétiques
- 7) Force magnétisante
- 8) Hystérésis
- 9) Flux
- 10) Règle de la main droite de Fleming
- 11) Loi de Lenz
- 12) Force des champs magnétiques
- 13) Fuites magnétiques et effet des rebords

14) Attraction magnétique et solénoïdes

16.8 Électrostatique

- 1) Structure de l'atome
- 2) Charges électriques
- 3) Mouvements des électrons dans un conducteur
- 4) Unités d'électricité statique
- 5) Condensateurs en série
- 6) Condensateurs en parallèle
- 7) Force exercée sur les charges isolées dans les champs électriques
- 8) Déviation des électrons traversant un champ électrique
- 9) Énergie emmagasinée dans un condensateur
- 10) Charge et décharge des condensateurs, circuits R C
- 11) Phénomènes transitoires dans les circuits R C circuit – régime permanent

16.9 Inductance

- 1) Auto-inductance
- 2) Inductance des bobines toroïdales
- 3) Inducteur à noyau de fer
- 4) Énergie stockée dans les inducteurs
- 5) Inductance mutuelle
- 6) Phénomènes transitoires dans les circuits R L – état permanent

Électrotechnique II

16.10 Introduction aux circuits à courant alternatif

- 1) Courant alternatif sinusoïdal
 - a) Production de tension sinusoïdale
 - b) Formes d'ondes, amplitude et valeur
 - c) Cycles, période, fréquence et longueur d'onde
 - d) Ondes sinusoïdales et leurs valeurs
 - e) Production de la f.é.m. alternative
 - f) Valeurs moyennes et efficaces
 - g) Représentation d'un courant alternatif par un vecteur de phase

- h)** Addition, soustraction, multiplication et division des vecteurs de phases, représentation graphique des angles de déphasage
 - i)** Circuits comportant des inducteurs, des condensateurs et des résistances en série et en parallèle
 - j)** Circuits résonnants
 - k)** Puissance et facteur de puissance, méthodes d'amélioration du facteur de puissance
 - l)** Puissance apparente
 - m)** Puissance réactive
 - n)** Triangle de puissance
- 2)** Circuits polyphasés
 - a)** Circuit triphasé
 - b)** Tension des circuits triphasés
 - c)** Charges triphasées équilibrées
 - d)** Triangle déséquilibré
 - e)** Étoile déséquilibrée, quatre fils
 - f)** Étoile déséquilibrée, trois fils
 - g)** Puissance dans les charges triphasées équilibrées
 - h)** Wattmètres et charges reliées en étoile, quatre fils
 - i)** Méthode des deux wattmètres
 - j)** Méthode des deux wattmètres appliquée aux charges équilibrées
- 3)** Transformateurs
 - a)** Principe de fonctionnement
 - b)** Équation de f.é.m.
 - c)** Flux utile et flux de fuite
 - d)** Réactance
 - e)** Régulation de tension
 - f)** Pertes et efficacité
 - g)** Transformateur triphasé
 - h)** Transformateur de mesure
 - i)** Application marine des transformateurs triphasés couplés en triangle et des auto-transformateurs
- 4)** Machines à courant continu
 - a)** Induit bobiné

- b) Commutateur
 - c) Enroulements imbriqués et ondulés
 - d) Équation de f.é.m.
 - e) Réaction d'induit
 - f) Commutation
 - g) Principaux champs magnétiques des machines à courant continu
- 5) Génératrice à courant continu
- a) Méthodes d'excitation
 - b) Caractéristiques à pleine charge et à vide des génératrices à shunt, en série, à excitation composée et à excitation séparée
 - c) Fonctionnement des génératrices en parallèle
- 6) Moteurs à courant continu
- a) Caractéristiques de vitesse et de couple
 - b) Méthodes de démarrage
 - c) Contrôle de vitesse à l'aide de rhéostats et de thyristors

Électrotechnique III

16.11 Machines à courant alternatif – Mesures électriques – Électronique

- 1) Machines à courant alternatif
- a) Construction des rotors cylindriques et à pôles saillants
 - b) Enroulements statoriques
 - c) Équation de f.é.m.
- 2) Production des champs magnétiques tournants
- a) Flux magnétique produit par les courants biphasés et triphasés
 - b) Vitesse synchrone
 - c) Inversion du sens de rotation du flux magnétique
- 3) Caractéristiques des moteurs et alternateurs synchrones
- a) Réaction d'induit dans les alternateurs synchrones
 - b) Régulation de tension
 - c) Synchronisation et fonctionnement en parallèle des alternateurs synchrones
 - d) Effets des variations de charge et d'excitation au démarrage des moteurs à induction synchrones
 - e) Discussion sur les régulateurs de tension automatiques

- f) Introduction à l'autorégulation des alternateurs
- g) Systèmes d'excitation statiques
- 4) Moteur d'induction triphasé
 - a) Principe de fonctionnement
 - b) Relation entre le glissement et les pertes de rotor 1^2R
 - c) Caractéristiques couple/glissement
 - d) Contrôle de la vitesse des moteurs équipés de bagues collectrices
 - e) Méthodes de démarrage – étoile, triangle – résistance d'autotransformateur
 - f) Fonctionnement en monophasé
 - g) Schémas unifilaires des démarreurs
 - h) Caractéristiques et théorie – couple, vitesse, principes de fonctionnement des moteurs monophasés
- 5) Appareils de mesure électriques
 - a) À cadre mobile – applications
 - b) À fer mobile – applications
 - c) Ampèremètres et voltmètres électrodynamiques et à redresseur
 - d) Thermocouples – applications
 - e) Ohmmètre
 - f) Mégohmmètre – applications
 - g) Pont d'impédance
- 6) Systèmes typiques de distribution électrique à bord des navires
- 7) Systèmes de propulsion à haute tension
- 8) Systèmes de détection de fuite à la masse
- 9) Appareils à sécurité intrinsèque
- 10) Tableau de distribution
 - a) Démarreurs
 - b) Déclenchement préférentiel
- 11) Systèmes d'alimentation sans coupure (UPS)

Automatisation, commandes et instrumentation**17.1 Système binaire et algèbre booléenne**

- 1) Systèmes numériques
 - a) Système décimal
 - b) Système binaire
 - c) Conversion du système binaire au système décimal
 - d) Conversion du système décimal au système binaire
 - e) Table et règles du système binaire naturel
 - f) Additions et tables d'addition binaires
 - g) Soustractions et tables de soustraction binaires
 - h) Multiplications et tables de multiplication binaires
 - i) Divisions binaires
 - j) Avantages logiques du système binaire
- 2) Fonction logique binaire et algèbre booléenne
 - a) Variable binaire
 - b) Fonction logique fondamentale et table de vérité
 - i) Égalité ou affirmation
 - ii) Complément ou négation
 - iii) Fonction OU ou somme logique
 - iv) Fonction ET ou produit logique
 - c) Propriétés des fonctions logiques et de l'algèbre booléenne
 - i) Idempotence
 - ii) Commutativité
 - iii) Associativité
 - iv) Distributivité
 - v) Théorème de Morgan
 - vi) Équations remarquables
 - d) Obtention d'équations logiques et simplification à l'aide de l'algèbre booléenne
 - e) Simplification des équations de logique à l'aide de la matrice de Karnaugh

17.2 Systèmes automatiques et éléments des systèmes de commande

- 1) Éléments constituant des systèmes de commande automatique

- a) Commutateurs électriques
 - b) Boutons poussoirs à contacts électriques
 - c) Interrupteurs et contacts électriques contrôlés
 - d) Relais électromagnétiques et contacts
 - e) Distributeurs pneumatiques et hydrauliques
 - f) Actionneurs pneumatiques et hydrauliques à simple et à double effet
 - g) État des machines
- 2) Réalisation pratique des fonctions de logique
 - a) Fonctions électriques
 - b) Fonctions pneumatiques ou hydrauliques
 - 3) Établissement et réalisation du diagramme d'une équation logique
 - 4) Automatisation à logique combinatoire
 - 5) Automatisation à logique séquentielle

17.3 Éléments électroniques des circuits logiques

- 1) Circuits logiques électroniques
 - a) Éléments constituants
 - i) Résistances
 - ii) Diodes
 - iii) Transistors
 - b) Circuits fondamentaux et leur réalisation en pratique
 - i) Circuit NON
 - ii) Circuit OU
 - iii) Circuit ET
 - c) Circuits complémentaires et leur réalisation en pratique
 - i) Circuit NON OU
 - ii) Circuit NON ET
 - d) Diagrammes logiques

17.4 Conclusion générale et analyse des systèmes

- 1) La présente section porte sur l'analyse de diagrammes réels d'automatisation
Remarque : cette section complète le premier cours d'automatisation et de commandes

17.5 Notions fondamentales

- a) Terminologie
 - i) Variable contrôlée
 - ii) Médium contrôlé
 - iii) Variable manipulée
 - iv) Agent de contrôle
 - b) Types de systèmes de commande
 - i) Système à fonctionnement automatique
 - ii) Système à fonctionnement par relais
- 2) Concepts fondamentaux de mesure
- a) Éléments temps
 - i) Retard
 - b) Erreur dynamique et retard
 - c) Erreur statique
 - d) Erreur de reproduction

17.6 Éléments senseurs

- 1) Pression
- a) Notions fondamentales
 - b) Manomètres
 - c) Jauges de pression
- 2) Température
- a) Théorie de mesure des températures
 - b) Coefficient de retard
 - c) Facteurs influençant la lecture des thermomètres à bulbe et des thermocouples
 - d) Retard de transmission
 - e) Enveloppe de protection et vitesse de réponse
 - f) Thermomètre à bulbe
 - g) Thermomètre bimétallique
 - h) Thermomètre à thermocouple
 - i) Thermomètre à résistance
- 3) Débit
- a) Considérations générales
 - b) Mesure du débit par pression différentielle

- i) Fonction des éléments primaires
 - ii) Types d'éléments primaires
 - iii) Types d'éléments de mesure
 - iv) Transmetteur électrique de débit
- c) Débitmètre mécanique

17.7 Principes des commandes automatiques

- 1) Systèmes non contrôlés
 - a) Perturbations d'alimentation
 - b) Perturbations de consommation
 - c) Perturbations externes
- 2) Commande en boucle ouverte du rapport air/combustible
 - a) Alimentation
 - b) Consommation
- 3) Commande de température en boucle fermée
- 4) Commande en boucle fermée exempte de perturbations
- 5) Commande en cascade
- 6) Commande du rapport air/combustible
- 7) Compensation de consommation

17.8 Éléments de commande non-automatiques

- 1) Éléments pneumatiques et hydrauliques
 - a) Robinets ON-OFF
 - b) Robinets à deux voies
 - c) Soupapes de réduction de la pression
 - d) Robinets anti-retour doubles
 - e) Soupapes à solénoïde
 - f) Soupapes à relais
 - g) Filtres
 - h) Soupapes de commande à voies multiples
- 2) Étude des principales commandes des machines à partir du pont et de la salle de contrôle
 - a) Possibilité de commande
 - b) Fonctionnement des divers types de soupapes

- c) Étude détaillée des diverses possibilités de commande

17.9 Modes de commande

- 1) Commande ON-OFF
 - a) Application
- 2) Commande à effet continu
 - a) Comparaisons
 - i) Effets proportionnels
 - ii) Effet intégral
 - iii) Effet dérivé
- 3) Commande à effet proportionnel
 - a) Bande proportionnelle
- 4) Commande à effet intégral
- 5) Commande à effet dérivé
- 6) Combinaisons possibles
 - a) Commande P + I
 - b) Commande P + I + D
- 7) Réalisation pratique de commandes pneumatiques
 - a) Commande ON-OFF
 - b) Commande à effet continu
 - i) Commande à effet proportionnel
 - ii) Commande P + I
 - iii) Commande P + I + D
- 8) Choix d'une commande
 - a) Commande ON-OFF
 - b) Commande à effet proportionnel
 - c) Commande P + I
 - d) Commande P + I + D

17.10 Mesures de niveau

- 1) Indicateurs visuels
 - a) Indicateurs de niveau
 - b) Indicateurs à distance

- 2) Indicateurs à flotteur
- 3) Indicateurs à déplacement
 - a) Tube de torsion
- 4) Mesure du niveau par la pression
 - a) Réservoir fermé
 - i) Manomètre
 - ii) Tube de torsion
 - iii) Soufflets
 - b) Réservoir ouvert
 - i) Boîtier et membrane
 - ii) Dispositif à air emprisonné
 - iii) Manomètre
 - iv) Indicateur à bulle
 - v) Pneumercator
- 5) Mesures électriques
 - a) Systèmes ON-OFF
 - b) Systèmes continus
 - c) Indicateur ultrasonique de niveau

17.11 Élément de commande final

- 1) Généralités
 - a) Boucle de contrôle
 - b) Éléments des soupapes de commande
- 2) Types de soupapes de commande
 - a) Soupape à tige de commande coulissante
 - b) Soupape à tige de commande rotative
- 3) Actionneurs
 - a) Choix
 - b) Actionneurs pneumatiques
 - c) Actionneurs hydrauliques
 - d) Actionneurs électriques

17.12 Commande des turbines à vapeur

- 1) Commande manuelle
- 2) Commande à distance ou automatique
- 3) Système typique de commande d'une turbine
 - a) Possibilités de commande
 - b) Commande de la passerelle
 - c) Commande de la salle des machines
- 4) Instrumentation
- 5) Circuits d'arrêt en cas d'urgence

17.13 Commande des turbines à gaz

- 1) Aperçu
- 2) Options des commandes manuelles et automatiques
- 3) Applications typiques de commandes de turbines à gaz
- 4) Instrumentation
- 5) Commandes d'urgence et d'arrêt

17.14 Commande des moteurs diesel

- 1) Moteurs à renversement direct
 - a) Systèmes de sécurité
- 2) Commande du moteur à partir de la passerelle
 - a) Systèmes de sécurité supplémentaires
 - b) Fonctionnement
- 3) Commandes typiques d'un moteur diesel
- 4) Instrumentation

17.15 Régulateurs de vitesse

- 1) Revue des pompes à injection
 - a) Régulation
 - b) Réalisation d'une pompe à injection
- 2) Levier de contrôle du combustible
- 3) Régulateurs mécaniques
 - a) Construction
 - b) Fonctionnement
 - c) Exemples d'installation

- d) Interconnexion avec les dispositifs de sécurité
- 4) Régulateurs hydrauliques
 - a) Principe
 - b) Comparaison
 - c) Mécanisme de baisse de vitesse
 - d) Régulateur Woodward SG
 - e) Régulateur Woodward PSG
 - f) Régulateur Woodward UG8
- 5) Régulateurs électroniques
 - a) Blocs d'alimentation
 - b) Capteurs de vitesse
 - c) Actionneurs
 - d) Composantes électroniques

17.16 Commandes automatiques des systèmes à vapeur

- 1) Généralités
- 2) Commandes de combustion
 - a) Qualités essentielles d'un système de contrôle de combustion
 - b) Classification des contrôles de combustion
 - c) Étude des commandes en série logique
 - d) Étude des commandes en parallèle logique
 - i) Commande avec correction du débit d'air
 - ii) Commande de combustible avec retard de l'air
 - e) Étude détaillée d'un système de contrôle de combustion parallèle
 - i) Généralités
 - ii) Principes de fonctionnement
 - iii) Conditions de fonctionnement
 - iv) Modes de fonctionnement
- 3) Contrôle de l'eau d'alimentation
 - a) Niveau d'eau
 - b) Revue des systèmes de commande mécanique
 - c) Contrôle thermo-hydraulique
 - d) Contrôle thermo-mécanique

- e) Contrôle à deux éléments
- 4) Étude logique d'un système moderne
 - a) Commande à un élément
 - b) Commande à deux éléments
 - c) Commande à trois éléments
- 5) Étude détaillée des commandes à deux éléments
 - a) Détection
 - b) Analyse
 - c) Commande
 - d) Mode de fonctionnement
 - e) Construction de certains éléments
- 6) Automatisation des souffleurs de suie
 - a) Souffleur de suie rétractable

17.17 Systèmes d'alarme et de contrôle intégré

- 1) Compartiment moteur sans personnel de quart (UMS)

Application de l'informatique et des réseaux informatiques en marine

18.1 Généralités

- 1) L'arrivée des systèmes de commande informatisés fait disparaître plusieurs tâches traditionnelles du personnel de la salle des machines. Les navires modernes comptent plusieurs systèmes de commande de ce type – des systèmes de propulsion basés sur les commandes munies de microprocesseurs, aux alarmes et fonctions de contrôle, en passant par les circuits complexes faisant fonctionner les grues et autres appareils de pont. De nos jours, les mécaniciens doivent être bien au courant des principes de cette technologie qui fait gagner du temps, et avoir les connaissances et aptitudes nécessaires pour réparer ces types de systèmes
- 2) Bien qu'elle fasse l'objet d'un cours distinct, l'application de l'informatique et des réseaux informatiques en marine peut être intégrée au cours d'Automatisation, commandes et instrumentation puisque plusieurs des sujets couvrent les mêmes éléments de base. Une économie de temps substantielle peut ainsi être réalisée en fusionnant les deux cours.

18.2 Domaines

Les domaines suivants doivent être étudiés:

- 1) Applications informatisées et microprocessorisées à bord des navires – Généralités
- 2) Composants internes et externes
 - a) Blocs d'alimentation électrique
 - b) Cartes de processeur
 - c) Cartes entrée-sortie
 - d) Écrans
 - e) Périphériques d'entrée
- 3) Systèmes d'exploitation et langages informatiques
 - a) Langages communs et leur utilisation
 - i) Commandes typiques
- 4) Réseaux
 - a) Objectif
 - b) Types
 - c) Matériel
 - d) Protocoles de communication
- 5) Dépannage du matériel et des logiciels
 - a) Théorie
 - b) Pratique

18.3 Applications courantes

- 1) Systèmes de communication internes microprocessorisées des navires
- 2) Systèmes de détection des incendies microprocessorisées
- 3) Systèmes d'alarmes, de contrôle et d'activation microprocessorisées et en réseaux
- 4) Système de contrôle de propulsion des navires
 - a) Stations de contrôle multiples
 - b) Contrôle de positionnement dynamique
 - c) Commande par manette
- 5) Systèmes de commande à distance des machines de pont, des grues et autres applications diverses

Droit maritime et exploitation des navires

19.1 Généralités

- 1) Bien qu'il y ait des références à certains règlements et à la loi habilitante dans les autres cours du programme de formation des cadets, ce cours brosse un aperçu du régime des règlements régissant l'exploitation des navires au Canada et à l'étranger. Le cours traite de la façon dont les divers règlements, lois et conventions internationales ont une influence sur l'exploitation de la salle des machines, le personnel qui y est affecté et les navires en général.

19.2 Droit maritime et exploitation des navires au Canada

- 1) *Loi sur la marine marchande du Canada* et règlements connexes, avec des références spécifiques aux points suivants :
 - a) *Loi sur la marine marchande du Canada*, les pouvoirs du gouverneur en conseil et du Ministre des Transports
 - i) Immatriculation des navires et les diverses parties de la loi
 - b) Règlement sur la délivrance des brevets et certificats
 - i) Certification des capitaines, des officiers de pont, des mécaniciens et des matelots, etc.
 - c) Règlement sur l'armement en équipage des navires
 - i) Échelle des effectifs, exigences de formation, certificats médicaux, etc.
 - d) Règlements sur la construction et sur l'inspection des coques
 - i) Aperçu général
 - e) Règlement sur les machines de navires
 - i) Aperçu général
 - f) Règlement sur les exercices d'embarcation et d'incendie
 - g) Règlement sur le logement de l'équipage
 - h) Règlement sur le matériel de détection et d'extinction d'incendie
 - i) Règlement sur la prévention de la pollution par les ordures
 - j) Règlement général sur les lignes de charge et les divers règlements sur les lignes de charge
 - k) Règlement sur la prévention de la pollution par les eaux usées des navires autres que les embarcations de plaisance
 - l) Règlement sur la prévention de la pollution des Grands lacs par les eaux d'égout
 - m) Règlement sur les voyages de cabotage, en eaux intérieures et en eaux secondaires

- n) Règlement sur l'équipement de sauvetage
 - o) Règlement sur la prévention de la pollution par les hydrocarbures
 - p) Règlement sur la pollution de l'air
 - q) Règlement sur les mesures de sécurité au travail
 - r) Règlement sur l'alimentation et le service de table des équipages de navire
 - s) Règlement sur les appareils à gouverner et sur le matériel de navigation
 - t) Règlement sur les locaux d'habitation de l'équipage des remorqueurs
- 2) Code canadien du travail
- a) Règlement canadien sur la sécurité et la santé au travail, général et marine
- 3) Articles du Code criminel applicables à l'exploitation des navires

19.3 Exploitation des navires

- 1) Assurance maritime
- a) Connaissance générale des assurances maritimes et de leurs rapports avec les chartes-parties, les connaissements et les divers règlements, lois et conventions internationales applicables au commerce maritime en relation avec les navires
 - b) Obligations légales et exigences contractuelles en matière de solvabilité en mer
- 2) Organisation maritime internationale (OMI), Organisation internationale du Travail (OIT), Convention internationale pour la sauvegarde de la vie humaine en mer (SOLAS) et de la Convention STCW telle que modifiée.
- a) Connaissances générales des conventions et accords internationaux touchant la navigation internationale
 - b) Connaissance spécifique des diverses parties des conventions internationales touchant le fonctionnement de la salle des machines d'un navire
Exemple : Chapitre VIII, code STCW, partie A, traitant des normes relatives au quart
- 3) Prévention de la pollution et protection de l'environnement
- a) Connaissance des méthodes et des équipements pour prévenir la pollution de l'environnement par les navires
 - i) Règlements canadiens et conventions internationales (MARPOL) à observer pour prévenir la pollution du milieu marin
 - ii) Effets de la pollution marine sur l'environnement
- 4) Code international de gestion de la sécurité (Code ISM)
- a) Connaissance des exigences du code et de l'impact sur le fonctionnement de la salle des machines
 - b) Étude de cas d'un système ISM en fonction

- 5) Achats, contrats et méthodes comptables**
 - a) Contrôle de budget et des finances**
 - b) Gestion de projet – planification et mise en œuvre des travaux de radoub et de cale sèche**
 - c) Supervision des contrats et des entrepreneurs**
 - d) Négociations avec les représentants, les fournisseurs, et les agences maritimes**
 - i) Inspecteurs de Transports Canada**
 - ii) Experts des sociétés de classification**
 - iii) Surintendants**

- 6) Divers**
 - a) Bien-être et formation de l'équipage – système d'évaluation d'entreprise, etc.**
 - b) Relations interdépartementales sur un navire**
 - c) Représentation de l'équipage et droits en vertu de la LMMC**
 - d) Journal de bord réglementaire**
 - e) Méthodes de communication navire – terre**

Thermodynamique

20.1 Cours

- 1) Durée du cours – 180 heures

20.2 Ouvrages recommandés

Basic Thermodynamics, par Bernhardt G. A. Skrotzki – McGraw Hill

Thermodynamics and Heat Power, par I. Granet – Reston

Engineering Thermodynamics with Applications, par M.D. Burghardt – Harper Row

Reeds Heat and Heat Engines for Engineers

Partie I – 90 heures

20.3 Objectifs généraux

- 1) La thermodynamique est une branche des sciences physiques qui étudie les divers phénomènes de l'énergie et les propriétés relatives de la matière, notamment les lois de la transformation de la chaleur en d'autres formes d'énergie et vice versa. La science de la thermodynamique couvre les domaines suivants :
 - a) Système de propulsion à vapeur
 - b) Moteurs à combustion interne
 - c) Compresseurs d'air
 - d) Turbines à gaz
 - e) Propulsion à turbines (jet)
 - f) Réfrigération
 - g) Conditionnement de l'air
 - h) Systèmes de chauffage (vapeur, huile, gaz)
- 2) Cette liste reflète la grande variété de domaines ayant trait à la thermodynamique et démontre l'impossibilité de les étudier en profondeur dans le cadre d'un simple cours. Les candidats n'étudieront donc que les principes fondamentaux, qu'ils utiliseront ensuite dans la résolution de problèmes pratiques lors de l'analyse des cycles de vapeur, des moteurs à combustion interne, des compresseurs d'air et des appareils de réfrigération.

20.4 Objectifs particuliers

- 1) Énergie et travail
 - a) Diverses formes d'énergie
 - b) Convertibilité de l'énergie en travail
 - c) Loi de la conservation de l'énergie

- 2) Chaleur et gaz
 - a) Chaleur et transfert de la chaleur
 - b) Variations d'énergie
 - c) Loi de Boyle
 - d) Loi de Charles
- 3) Les gaz parfaits
 - a) Équation des gaz parfaits
 - b) Loi d'Avogadro
 - c) Chaleurs spécifiques des éléments principaux et loi de Joule
- 4) Mesure de l'énergie
 - a) Équivalent mécanique
 - b) Équivalent calorifique
 - c) Équivalent électrique
 - d) Calorimétrie
 - e) Première loi de la thermodynamique
 - f) Chaleurs spécifiques et leur rapport
 - g) Conversion thermique-mécanique
- 5) Équation énergétique des gaz
 - a) Utilisation des diagrammes PV
 - b) Réversibilité des procédés
 - c) Expérience de Joule
 - d) Procédés des gaz
 - i) Volume constant
 - ii) Pression constante
 - iii) Température constante
 - iv) Adiabatique
 - v) Polytropique
- 6) Cycle énergétique
 - a) Cycle de Carnot
 - b) Réversibilité thermique
 - c) Procédés du cycle
 - d) Efficacité du cycle de Carnot

- 7) Débit de chaleur
 - a) Deuxième loi de la thermodynamique
 - b) Enthalpie et variation d'enthalpie
 - c) Variation d'enthalpie adiabatique
 - d) Variation d'enthalpie polytropique
 - e) Diagramme TS
- 8) Irréversibilité des procédés
(Se référer au cours de réfrigération et de conditionnement de l'air)
 - a) Irréversibilité interne et externe
 - b) Variations de pression
 - c) Désordre des gaz
 - d) Entropie de l'énergie
 - e) Procédés irréversibles
 - f) Cycles irréversibles
- 9) Cycles de base des moteurs
 - a) Cycle de Stirling
 - b) Cycle d'Ericson
 - c) Chauffage régénératif
 - d) Cycle de Joule
- 10) Cycles de compression de l'air
 - a) Compresseur d'air
 - b) Procédés pneumatiques
 - c) Travail mécanique
 - d) Effets du volume de dégagement
 - e) Variation du débit
 - f) Étages multiples
 - g) Refroidissement intermédiaire
 - h) Moteurs à air comprimé
 - i) Débit d'énergie dans le système
 - j) Facteurs de rendement
- 11) Cycles des moteurs à combustion interne
 - a) Cycle d'Otto

- d) Cycle régénératif
 - e) Réchauffage et refroidissement intermédiaires
- 15) Débit du gaz dans une tuyère
- a) Transfert d'énergie
 - b) Types de tuyères
 - c) États stagnants
 - d) Pressions à la tuyère
 - e) Débit de la tuyère
 - f) Facteurs de rendement
 - g) Vitesse sonique
 - h) Propriétés des étranglements
 - i) Pressions statique et critique
 - j) Efficacité des tuyères
- 16) Propriété des vapeurs et des liquides
- a) États de la matière
 - b) Fusion
 - c) Évaporation et condensation
 - d) Sublimation
 - e) Point critique
 - f) Variations de volume
 - g) Transferts de chaleur
 - h) Relation température / saturation
 - i) Enthalpies latente et sensible
 - j) Relation température / chaleur
 - k) Diagramme de Mollier (rapports température – chaleur)
 - l) Tables de vapeur
 - m) Mélanges humides et qualité
 - n) Liquide comprimé
 - o) Surchauffe
- 17) Procédés de vapeur
- a) Rapports à pression constante
 - b) Rapports à volume constant

- c) Rapports à température constante
 - d) Rapports à entropie constante
 - e) Rapports adiabatique
 - f) Étranglement
- 18) Cycles de base de la vapeur
- a) Cycle de Rankin
 - b) Éléments du cycle
 - c) Efficacité des éléments
 - d) Efficacité du cycle (théorique)
 - e) Efficacité du moteur
 - f) Facteurs touchant l'efficacité
 - i) Pertes en ligne
 - ii) Étranglement
 - iii) Pression et température du condensateur
 - g) Cycle de réchauffage
 - h) Cycle régénératif
 - i) Cycle de saignée
 - j) Combinaisons des cycles
 - k) Analyse du cycle

Partie II – 90 heures

20.5 Objectifs généraux

- 1) L'objectif de la présente partie est de préparer le candidat à appliquer les principes fondamentaux de thermodynamique étudiés dans la première partie aux moteurs de propulsion marine, aux machines auxiliaires à vapeur, aux moteurs à combustion interne et aux turbines à gaz. Cette partie comprend également l'application des principes fondamentaux de thermodynamique aux systèmes de réfrigération et de conditionnement de l'air, aux pompes à chaleur et aux méthodes d'économie de l'énergie.

20.6 Sommaire du cours

- 1) Le cycle de vapeur
- a) Propriétés de la vapeur
 - b) Tables et diagrammes de vapeur
 - c) Vapeur saturée et surchauffée

- e) Étagement
 - f) À simple et à double effet
 - g) Pressions de référence
 - h) Efficacité idéale, thermique et mécanique
 - i) Puissance indiquée et puissance au frein
- 4) Turbines à vapeur
- a) Réaction et impulsion
 - b) Étagement
 - c) Calculs de la vitesse
 - d) Détails de conception significatifs
 - e) Efficacité idéale, thermique et mécanique
 - f) Caractéristiques de débit des tuyères
 - g) Facteurs touchant l'efficacité
 - h) Condensateurs
- 5) Moteurs diesel
- a) Caractéristiques générales du cycle
 - b) Diagrammes PV
 - c) Diagrammes pression – temps
 - d) Théorie de la combustion et de la détonation
 - e) Efficacité des cycles 2 temps et 4 temps
 - f) Facteurs touchant l'efficacité
 - i) Calculs de l'avance de l'allumage
 - ii) Principes de balayage
 - iii) Rapport de compression
 - iv) Rapports d'expansion et de fermeture
 - g) Analyse de l'air
 - h) Effets de la suralimentation
 - i) Analyse des gaz d'échappement
 - j) Calculs des échangeurs de chaleur
 - k) Récupération des pertes de chaleur
- 6) Moteurs à combustion interne (Otto)
- a) Cycle d'Otto pratique

- c) Cycle de compression de la vapeur
- d) Les réfrigérants et leurs propriétés
- e) Analyse du cycle
- f) Calcul de la puissance de sortie du système
- g) Facteurs touchant l'efficacité du cycle
 - i) Méthodes de compression
 - ii) Refroidissement intermédiaire
 - iii) Sous-refroidissement
 - iv) Étagement en cascade
- h) Choix des réfrigérants
- i) Caractéristiques d'expansion
- j) Calculs relatifs aux systèmes à saumure
- k) Types de compression
- l) Systèmes de réfrigération par absorption
 - i) Calcul du coefficient de performance
 - ii) Équations énergétiques et équilibre thermique
 - iii) Limites de cycle
- m) Système frigorifique à jet de vapeur
- n) Pompe à chaleur
 - i) Coefficient de performance (chauffage)
 - ii) Coefficient de performance (refroidissement)
- o) Diagramme psychrométrique
- p) Pressions partielles / humidité
- q) Zone de confort
- r) Calcul de l'équilibre thermique
- 9) Échangeurs de chaleur et isolation
 - a) Modes de transfert de la chaleur
 - b) Lois du transfert de la chaleur
 - c) Résistivité conductive (facteur R)
 - d) Absorption des corps noirs
 - e) Calculs relatifs aux matériaux composites
 - f) Calculs de l'épaisseur critique (isolation)

- g)** Échangeurs de chaleur
 - i)** Efficacité
 - ii)** Calculs relatifs à l'écoulement parallèle par rapport à l'écoulement à contre-courant
 - iii)** Longueurs différentielles
 - iv)** Surfaces différentielles
 - h)** Écoulement constant (analyse)
- 10) Expériences en laboratoire**
- a)** Les expériences en laboratoire réalisées pendant le cours servent à étayer la théorie enseignée. L'utilisation du matériel en laboratoire permet de réaliser des démonstrations, d'obtenir une expérience pratique du fonctionnement des machines à vapeur à piston, des turbines à vapeur, des moteurs à essence (Otto), diesel et rotatifs. De plus, la formation pratique comprend des expériences sur la calorimétrie, le transfert de la chaleur, les méthodes d'isolation, l'analyse des gaz d'échappement, la vérification de l'eau d'alimentation, le débit dans les tuyères, la réfrigération, le chauffage et les cycles des pompes à chaleur.
 - b)** Chaque candidat doit soumettre un rapport technique complet de chaque expérience. Ce rapport doit souligner le but de l'expérience et traiter du matériel utilisé, des procédures suivies, des résultats obtenus, des calculs et des computations, des observations, des conclusions et des sources possibles d'erreur. Les résultats obtenus seront habituellement des lectures d'instruments présentées de façon nette et logique sous forme de tableaux. Les calculs doivent être nets et précis, et chaque détail expliqué. Ils seront étayés par des graphiques au besoin et les descriptions du matériel seront accompagnées de schémas fonctionnels clairs et représentatifs. Les observations doivent être pertinentes à l'expérience et aux conclusions et les sources d'erreur doivent être expliquées et justifiées.
 - c)** Les expériences en laboratoire portent sur les points suivants
 - i)** Fonctionnement d'un système à vapeur
 - A)** Allumage et mise sous pression d'une chaudière
 - B)** Vidange et réchauffage des lignes du système
 - C)** Vidange et réchauffage des moteurs
 - D)** Mise en charge des moteurs
 - E)** Arrêt des moteurs
 - F)** Fermeture des lignes, canalisations, appareils de robinetterie, robinets de vidange, pièges et séparateurs
 - G)** Arrêt sécuritaire de la chaudière

- ii)** Calcul de la puissance de sortie de la chaudière en HP
 - iii)** Calcul de l'efficacité de la chaudière
 - iv)** Fonctionnement d'une turbine à divers niveaux de charge, calculs de l'efficacité sous diverses conditions de charge, de vapeur à l'entrée, de contre-pression, et du débit de vapeur
 - v)** Fonctionnement d'une machine à vapeur à piston à divers niveaux de charge et calcul de la puissance indiquée à l'aide d'un diagramme et de la puissance au frein au moyen d'un frein Prony. Calcul de l'efficacité thermique et mécanique à divers niveaux de charge
 - vi)** Démarrage, arrêt et utilisation d'un moteur à essence et d'un moteur diesel. Application de diverses charges à l'aide d'un convertisseur de couple hydraulique, d'un dynamomètre et d'un frein assisté. Calcul de l'énergie à l'aide des mesures d'écoulement d'air et de combustible, de la puissance de sortie et de la chaleur dissipée dans le circuit d'échappement. Calculs de l'efficacité des moteurs, du rapport air-combustible et des conditions de fonctionnement optimales
 - vii)** Démonstration du fonctionnement du moteur Wankel
 - viii)** Calcul du transfert de la chaleur à l'aide des méthodes d'échanges thermiques parallèles et à contre-courant
 - ix)** Calcul des propriétés, en fonction de l'épaisseur, de l'isolant utilisé pour les conduites de vapeur
 - x)** Calcul des caractéristiques du débit dans les tuyères, à l'aide de tuyères de divers types et calibres et diverses pressions d'entrée et de sortie
 - xi)** Calcul des valeurs calorifiques des combustibles à l'aide d'une bombe calorimétrique
 - xii)** Analyse des composants et proportions des gaz d'échappement au moyen d'un appareil d'Orsat
 - xiii)** Procédures pour la détermination de la présence et de la quantité d'alcalinité, de sel et de phosphates dans l'eau d'alimentation des chaudières et méthodes de traitement pour les éliminer ou en contrôler les réactions
 - xiv)** Cycle de réfrigération par compression de vapeur et analyse de la source de froid (York Trainer)
- 11)** Dans toutes les expériences de laboratoire, mettre l'accent sur les méthodes appropriées d'utilisation, les mesures de sécurité et l'identification des conditions dangereuses pour le personnel et le matériel

Interprétation de plans et exécution de croquis, ou dessin

21.1 Généralités

- 1) Le cours d'interprétation de plans et d'exécution de croquis doit permettre au candidat de lire et d'interpréter les bleus et les dessins techniques :
 - a) En localisant des caractéristiques spécifiques d'objets décrits sur les plans ou les dessins.
 - b) En identifiant les dimensions, les tolérances et les procédés de fabrication indiqués sur les plans ou les dessins, ainsi que les données de fabrication ou d'entretien des composants.
 - c) En expliquant la position de certains articles spécifiques sur le plan ou le dessin et leur relation avec le système ou la machine, le plan ou le dessin comportant des vues auxiliaires ou de section.
 - d) En obtenant les informations nécessaires des plans et des dessins, en utilisant les symboles graphiques, les titres des blocs, la liste des matériaux, les remarques, les révisions, les systèmes de changement.
 - e) En décrivant les formes des filets conventionnels, les paliers, les cordons, les cercles, les trous, la boulonnerie, les clavettes, les engrenages, les ressorts, les cannelures et les crénelages de façon à bien comprendre ces conventions.
 - f) En traçant à main levée des esquisses techniques utilisant des vues multiples, des vues multiples orthographiques, des vues en perspective depuis un ou deux points et des projections isométriques. L'article à être dessiné peut schématiser un composant compris sur un bleu ou une pièce de machine visualisée et mesurée par le candidat. L'esquisse complétée doit être proportionnée correctement à l'échelle choisie par l'étudiant, lettrée et dimensionnée au moyen uniquement d'un crayon, d'une gomme à effacer et sur du papier graphique ou équerré.
- 2) Au moment de l'examen, le candidat recevra une sélection de plans ou de dessins d'objets : dessins des détails, dessins d'assemblage, schémas, schémas d'ensemble et éclatés de pièces de machinerie, diagrammes et symboles de tuyauterie, dessins de distribution électrique de navires, schémas d'éléments, schémas de connexion, d'alimentation, d'instrumentation et de commande, dessins de circuits (hydrauliques et pneumatiques), plans de soudage et de tôlerie ainsi que d'autres dessins de nature spéciale : courbes hydrostatiques, courbes de stabilité, plans de développement de bordé et d'arrangement général.
- 3) Autocad et autres logiciels de dessin
 - a) Le dessin assisté par ordinateur peut être intégré dans le programme et son utilisation doit être encouragée, mais le cours ne doit pas porter que sur ce type de dessin informatisé.
- 4) Cours de dessin traditionnel

- a) Les institutions et les programmes conservant le cours de dessin traditionnel doivent s'assurer de bien couvrir l'interprétation des plans dans le cadre du cours, sinon cette matière doit être intégrée aux autres cours du programme.

Connaissances en mécanique – Généralités**22.1 Pompes**

- 1) Pompes alternatives
- 2) Pompes centrifuges
- 3) Pompes volumétriques à vis et à engrenages
- 4) Injecteurs et éjecteurs

22.2 Systèmes

- 1) Système de pompage des fonds incluant système d'amorçage par vacuum
- 2) Réseau d'incendie principal
- 3) Circuit de service général
- 4) Système de transfert de combustible
- 5) Système de lubrification
- 6) Système d'alimentation d'eau des chaudières
- 7) Systèmes hydrauliques
- 8) Système d'eau potable
- 9) Système de distribution d'eau domestique
- 10) Système de ballasts
- 11) Système de pompage des cargaisons liquides
- 12) Système de réchauffage de la cargaison et du mazout
 - a) Modèles à vapeur et à l'eau chaude
 - b) Chauffage électrique
 - c) Réchauffeur à huile thermique

22.3 Tuyauterie et quincaillerie associée

- 1) Valves et raccords de type divers
- 2) Procédures d'exploitation sécuritaire

22.4 Transmission de puissance

- 1) Arbres de butée, intermédiaire et porte-hélice
- 2) Paliers d'arbre principal de butée, intermédiaire et porte-hélice
- 3) Alignement et accouplements
- 4) Types et systèmes d'engrenages

22.5 Appareils à gouverner

- 1) Types d'appareils à gouverner et tests des appareils à gouverner d'urgence
- 2) Hélice à pas variable
- 3) Propulseur Voith-Schneider

22.6 Raccords sous-marins

- 1) Gouvernails, hélices, presse-étoupe d'étambot, prises d'eau à la mer

22.7 Combustibles

- 1) Types de combustibles
- 2) Entreposage, transfert, chauffage, filtrage et purification du combustible
- 3) Nettoyage des réservoirs et précautions avant d'y entrer
- 4) Source et traitement du pétrole brut
 - a) Procédés de raffinage – distillation par rupture, distillation à la pression atmosphérique, distillation sous vide, rupture du pétrole brut
- 5) Source et traitement du gaz et du gasoil
 - a) Caractéristiques importantes du gaz et du gasoil pour leur utilisation dans les machines
 - b) Délai d'allumage, indice de cétane, détonation et indice d'octane
 - c) Volatilité, viscosité, densité, indice de carbone, contenu en cendres, eau et sédiments, contenu en soufre, point d'éclair
 - d) Additifs pour le gaz et le gasoil
- 6) Source et traitement du mazout lourd
 - a) Caractéristiques importantes pour l'utilisation du mazout lourd dans les chaudières et les moteurs
 - b) Viscosité, densité, point d'éclair, contenu en cendres, contenu en asphalte, contenu en soufre, valeur calorifique, etc.

22.8 Lubrifiants

- 1) Buts de la lubrification et caractéristiques essentielles des lubrifiants – paraffinique, naphtéinique, aromatique
- 2) Types de lubrification – parfaite, hydrodynamique et onctueuse
- 3) Raffinage des lubrifiants – élimination de l'asphalte et de la paraffine, re-distillation de l'huile, filtre sur terre à foulon
- 4) Additifs et enduits, leurs effets
- 5) Huiles synthétiques

- 6) Graisses de lubrification – caractéristiques essentielles et utilisations
- 7) Classification des huiles de lubrification et sélection selon le type de machinerie
- 8) Sélection de lubrifiant pour paliers standard, roulements à rouleaux et à billes, machines à vapeur à pistons, moteurs diesel, compresseurs d'air, moteurs à essence, appareils à gouverner etc.
- 9) Analyse spéciale des lubrifiants, indice de saponification, valeur anti-émulsion, résidus de carbone, etc.
- 10) Trousses simples d'essai pour les lubrifiants
 - a) Analyse spectrométrique en laboratoire
- 11) Contamination et polluants des lubrifiants

22.9 Expériences sur les combustibles liquides et les lubrifiants

- 1) Tests de laboratoire pour déterminer la densité, la viscosité, la solidification et la fonte, point d'éclair, point de mise à feu, point d'auto-inflammation, valeur calorifique, etc.
 - a) Effet de la température et de la pression sur la viscosité, l'indice de viscosité et le mélange des huiles

22.10 Combustion

- 1) Composition du combustible et réactions chimiques produites lors de la combustion
- 2) Analyses qualitative et quantitative de la combustion complète
- 3) Contrôle de la combustion – flamme, fumée
- 4) Effets des variations de température sur la combustion du combustible
- 5) Mesure et contrôle de la température des gaz d'échappement

22.11 Systèmes pneumatiques

- 1) Compresseurs, réservoirs d'air, échangeurs de chaleur, filtres, raccords de tuyaux et dispositifs de contrôle
- 2) Précautions et mesures préventives nécessaires contre les incendies et les explosions

22.12 Pollution

- 1) Connaissances des procédures de prévention de la pollution, séparateurs huile-eau, eaux de cale et de ballast, opérations de mazoutage

22.13 Instruments et commandes

(Voir Automatisation, commandes et instrumentation)

- 1) Principes, construction, fonctionnement des instruments utilisés pour le contrôle et l'exploitation de la machinerie des navires

- 2) Commande des moteurs de la passerelle, contrôle du cargo, positionneurs de vannes
- 3) Jauges de réservoir, instruments de mesure de la température
- 4) Détection d'incendie et injection de gaz carbonique

22.14 Réfrigération

(Voir Réfrigération et conditionnement de l'air)

- 1) Construction et fonctionnement des systèmes de réfrigération
- 2) Types de réfrigérants et dangers
- 3) Système de compression de vapeur
- 4) Saumure, air froid, refroidissement par détente directe
- 5) Températures d'entreposage des aliments

22.15 Systèmes de combat d'incendie

- 1) Système au CO₂
- 2) Système au halon
- 3) Générateur à mousse chimique
- 4) Système à gaz inerte
- 5) Système d'extinction à la vapeur
- 6) Système de gicleurs

22.16 Traitement de l'eau potable

- 1) Chloration, adoucisseur d'eau, ionisation
- 2) Stérilisateurs à rayons ultraviolets

22.17 Traitement des eaux usées

- 1) Systèmes de traitement des eaux usées

Connaissances en mécanique – Vapeur

23.1 Chaudières

- 1) Types de chaudières – tubes à fumée et tubes d'eau
- 2) Construction des chaudières
 - a) Pièces de chaudières et méthodes d'assemblage (rivetage, soudage, filetage, boulonnage et entretoisement)
- 3) Isolation des chaudières – maçonnerie, matière plastique et matériau réfractaire
- 4) Accessoires de chaudières, notamment jauges de niveau d'eau et soupapes de sûreté
- 5) Dispositifs régulateurs d'eau et de vapeur des chaudières
- 6) Souffleurs de suie
- 7) Réchauffeurs d'air – types, construction, exploitation et maintenance
- 8) Économiseurs – types, construction, exploitation et maintenance
- 9) Surchauffeurs – types, construction, exploitation et maintenance
- 10) Exploitation et maintenance des chaudières – veille, montée de la pression, fonctionnement, vidange de fond, arrêt normal et arrêt d'urgence
- 11) Vérification de la précision des jauges de niveau d'eau
- 12) Contrôle du niveau d'eau
- 13) Formation d'écume et emportement d'eau des chaudières
- 14) Contrôles de combustion
- 15) Mesures de sécurité relatives à l'exploitation d'une chaudière
- 16) Inspection de chaudières – préparatifs
- 17) Procédures de fermeture des chaudières – brève période, longue période et hivernage

23.2 Équipement auxiliaire de système à vapeur

- 1) Construction, exploitation et maintenance des systèmes de chauffe au mazout, ventilateurs, séparateurs de vapeur, trappes de vapeur et injecteurs
- 2) Types de pompes d'alimentation
- 3) Réchauffeurs d'eau d'alimentation et filtres
- 4) Systèmes d'alimentation ouvert et fermé
- 5) Éjecteurs d'air et déaérateurs
- 6) Évaporateurs et bouilleurs
- 7) Système de traitement chimique

23.3 Moteurs à piston

- 1) Types, construction, exploitation et maintenance des différents types de moteurs, notamment les moteurs de type "Uniflow"

23.4 Turbines

- 1) Types, construction, exploitation et maintenance des turbines
- 2) Types, construction, exploitation et maintenance des engrenages de réduction et accouplements flexibles
- 3) Construction, exploitation et maintenance des installations turboélectriques
- 4) Dispositifs d'expansion et mesure de l'enveloppe des turbines, rotors, etc.
- 5) Système de lubrification de turbine comprenant un système de purification
- 6) Divers types de régulateurs de vitesse
- 7) Dispositifs d'arrêt de sécurité
- 8) Mesures de sécurité pour l'exploitation et la maintenance des turbines

23.5 Chimie de l'eau des chaudières

- 1) Contaminants d'eau des chaudières
- 2) Corrosion et dépôts dans les chaudières et les tuyaux
- 3) Types de corrosion et de détérioration
 - a) Corrosion électrolytique, fragilité caustique et corrosion par oxydation
- 4) Traitement des eaux de chaudière – utilisation des phosphates, des carbonates, etc.

23.6 Impuretés présentes dans l'eau à bord des navires

- 1) Eau de mer
- 2) Eau distillée de l'évaporateur
- 3) Eau d'alimentation
- 4) Condensat

Connaissances en mécanique – Moteur

24.1 Généralités

- 1) Principes généraux de construction et de fonctionnement des moteurs à deux temps et à quatre temps
- 2) Moteurs diesel à faible vitesse, à vitesse moyenne et à haute vitesse
- 3) Méthodes de suralimentation, de turbo-alimentation et de balayage
- 4) Méthodes de démarrage et d'inversion de marche
- 5) Transmissions, accouplements, embrayages et engrenages
- 6) Installation de moteurs simple, multiple, et diesel-électrique
- 7) Effets des vibrations, amortisseurs de vibrations

24.2 Systèmes de lubrification

- 1) Types de lubrifiants utilisés
- 2) Purificateurs – construction et entretien
- 3) Types de pompes, de filtres et d'échangeurs de chaleur

24.3 Systèmes de refroidissement

- 1) Refroidissement à l'air et par liquide
- 2) Types de pompes, tuyauterie et échangeurs de chaleur
- 3) Contrôle de la température et dispositions pour permettre l'expansion
- 4) Traitement de l'eau de refroidissement du moteur – inhibiteurs de corrosion, etc.
- 5) Corrosion des moteurs

24.4 Régulateurs de vitesse

- 1) Construction, exploitation et maintenance des régulateurs de vitesse hydrauliques, pneumatiques et électroniques (voir Automatisation et commandes)

24.5 Turbines à gaz

- 1) Généralités
- 2) Applications
- 3) Construction
- 4) Fonctionnement et contrôle
- 5) Entretien

24.6 Fonctions de mécanicien de quart

- 1) Vérifications et mesures de précautions
 - a) Chaudières et indicateurs/jauges connexes
 - b) Moteurs de propulsion
 - c) Les appareils auxiliaires comprenant la machine à gouverner et la machinerie à l'extérieur de la salle des machines
 - d) Arrêts d'urgence et dispositifs d'isolement (registres d'incendie, portes étanches, soupapes télécommandées)
 - e) Fonctionnement en mode automatique/manuel de la machinerie, à partir du poste de commande ou de la salle de contrôle

Aptitudes à la communication

25.1 Objectifs

- 1) Développer les aptitudes à la communication (lecture, rédaction, écoute et expression), spécialement dans les domaines de la rédaction des rapports, de la grammaire appliquée et de l'expression en public. L'utilisation des logiciels de traitement de texte est encouragée.

25.2 Première partie – Rédaction de rapports

Durée : 10 heures

Note : 40 %

- | | |
|------------|---|
| (1 heure) | 1. Étapes de la rédaction d'un rapport après choix d'un sujet (recherche, prise de notes, liste des idées de mémoire, idées reliées devenant des sections du rapport, distribution de notes et de cartes bibliographiques; rappel des idées précédemment vues). |
| (3 heures) | 2. Introduction à la bibliothèque (exposé du bibliothécaire, choix d'un titre et d'un livre en bibliothèque, utilisation du catalogue sur fiche et lecture). |
| (3 heures) | 3. Rédaction d'une première ébauche en présence de l'instructeur; emprunt d'un livre; devoir de rédaction de rapport en dehors des heures de classe; première ébauche corrigée en profondeur par l'instructeur. |
| (1 heure) | 4. Rédaction de l'ébauche finale en présence de l'instructeur; première ébauche corrigée se transformant en ébauche finale. |
| (2 heures) | 5. Rédaction de rapports informels, de rapports brefs, de résumés, de notes de service, de rapports provisoires, de rapports d'inspection et de rapports d'enquêtes. |

25.3 Deuxième partie – Révision de la grammaire de la communication technique**Durée : 20 heures****Note : 20 %**

1. Mise en forme des phrases
2. Structuration des phrases
3. Définitions et types de phrases
4. Définitions et types de clauses
5. Explication démontrant les relations entre les mots, les énoncés, les clauses, les phrases, les paragraphes et le rapport final; conjonctions; combinaisons de structures de phrases pour former des paragraphes bien structurés
6. Formes et temps de verbes
7. Pronoms
8. Ponctuation
9. Orthographe
10. Rédaction d'une description
11. Rédaction d'une narration
12. Rédaction d'un exposé
13. Description chronologique d'un événement
14. Description fonctionnelle d'un événement
15. Lettre d'affaires
16. Lettre personnelle
17. Lettre de demande d'emploi
18. Lettre de demande
19. Lettre d'achat
20. Rapports de la flotte :
explosions de chaudière,
rapport du capitaine etc., formulaires utilisés par la flotte

25.4 Troisième partie – Expression en public**Durée : 20 heures****Note : 40 %**

1. Éléments du processus de communication
2. Techniques d'écoute efficaces
3. Principes de la transmission efficace
4. Éléments du rapport oral
5. Échanges impromptus
6. Présentations de deux et cinq minutes
7. Exposé de démonstration
8. Présentation orale formelle au moyen d'aides audio-visuelles
9. Réunion d'affaires
10. Discussion et débats en groupe

25.5 Systèmes de communication radio-téléphone embarqués

- 1) Systèmes de communication interne
 - a) Utilisation appropriée des systèmes de communications internes typiques de navire
 - b) Pratiques exemplaires, phrases et protocoles de communication standards entre la salle des machines, la passerelle et les autres départements
- 2) Communications radio internes et externes au navire
 - a) Utilisation dans la salle des machines de radios VHF et autres outils de communication semblables lors du ravitaillement en combustible, des exercices d'urgence, etc.
 - b) Connaissances générales des communications radio externes au navire
 - i) VHF
 - ii) SMDSM
 - iii) Téléphones satellite et cellulaire

25.6 Examens

- 1) La note du cours est basée sur les notes données pour les rapports écrits, les exercices de grammaire, les présentations et les rapports oraux

25.7 Bibliographie

- 1) Turabian, Kate L. A Manual for Writers of Term Papers, Thesis and Dissertations. Toronto : The University of Toronto Press, 1973
- 2) McGraw-Hill Handbook of English, deuxième édition canadienne, 1970

25.8 Textes de référence

- 1) American Psychological Association, Publication Manual, deuxième édition, 1974
- 2) Eriquas « English Drills and Exercises »

Formation en mer

26.1 Généralités

- 1) La formation et l'expérience acquises en mer font partie intégrante des programmes de développement du candidat mécanicien de marine. Les programmes de formation conçus pour préparer les candidats pour une carrière en mer doivent reconnaître la nécessité de formation pratique au travail, exigée conformément au *Règlement sur la délivrance des brevets et certificats (marine)* et à la convention STCW.

26.2 Exigences

- 1) Approbation du manuel de formation en mer par la Direction générale de la sécurité maritime de Transports Canada.

- a) Le manuel de formation en mer ou le livre de formation utilisé par le candidat mécanicien de marine en mer doit être compris dans la documentation du programme et est sujet à l'approbation de la Direction générale de la sécurité maritime de Transports Canada.
- 2) Représentant du Bureau de première responsabilité (BPR)
 - a) Les collèges ou les instituts doivent avoir un BPR pour les parties de formation en mer du programme.
 - b) Les manuels de formation en mer particuliers doivent être reconnus comme étant satisfaisants par le BPR avant que la Direction générale de la sécurité maritime n'accepte le manuel comme élément relié aux six mois d'expérience obligatoires.
- 3) Intégration aux parties en classe
 - a) Le plus possible, l'expérience en mer doit être intégrée aux parties du programme en classe.
- 4) Conformément au règlement, le service minimum en mer est fixé à 6 mois.
 - a) Les candidats au certificat de mécanicien de 4^{ième} classe devront présenter un certificat de congédiement et des attestations avec leur manuel de formation en mer démontrant clairement qu'ils possèdent 6 mois d'expérience dans la salle des machines d'un navire.
 - b) La période totale « en mer » n'est pas obligatoire en autant que le service ait été fait à bord de navires opérationnels exposant le candidat à une quantité normale de fonctions de quart et de salle des machines. Le service sur les navires en rade n'est pas accepté. Par contre, le service sur des navires amarrés pendant quelques jours le temps de charger ou de décharger de la marchandise ou d'effectuer des réparations est accepté.
 - c) Le diplômé d'un programme approuvé désirant se présenter aux examens menant au certificat de mécanicien de 4^e classe, navire à vapeur et au certificat de mécanicien de 4^e classe, navire à moteur, devra avoir servi au moins pendant 2 mois sur un navire propulsé par la vapeur. Cette expérience peut être comprise dans les six mois de service obligatoire (i.e. 2 mois d'expérience à bord d'un navire à vapeur et quatre mois d'expérience à bord d'un navire à moteur.)

26.3 Contenu

- 1) Le contenu du manuel de formation en mer ou du livre de formation doit être conforme aux « Exigences concernant le registre de formation des candidats au poste de mécanicien de quart » publiées par l'Organisation maritime internationale STCW.7/Circ.3, le 6 décembre 1996.