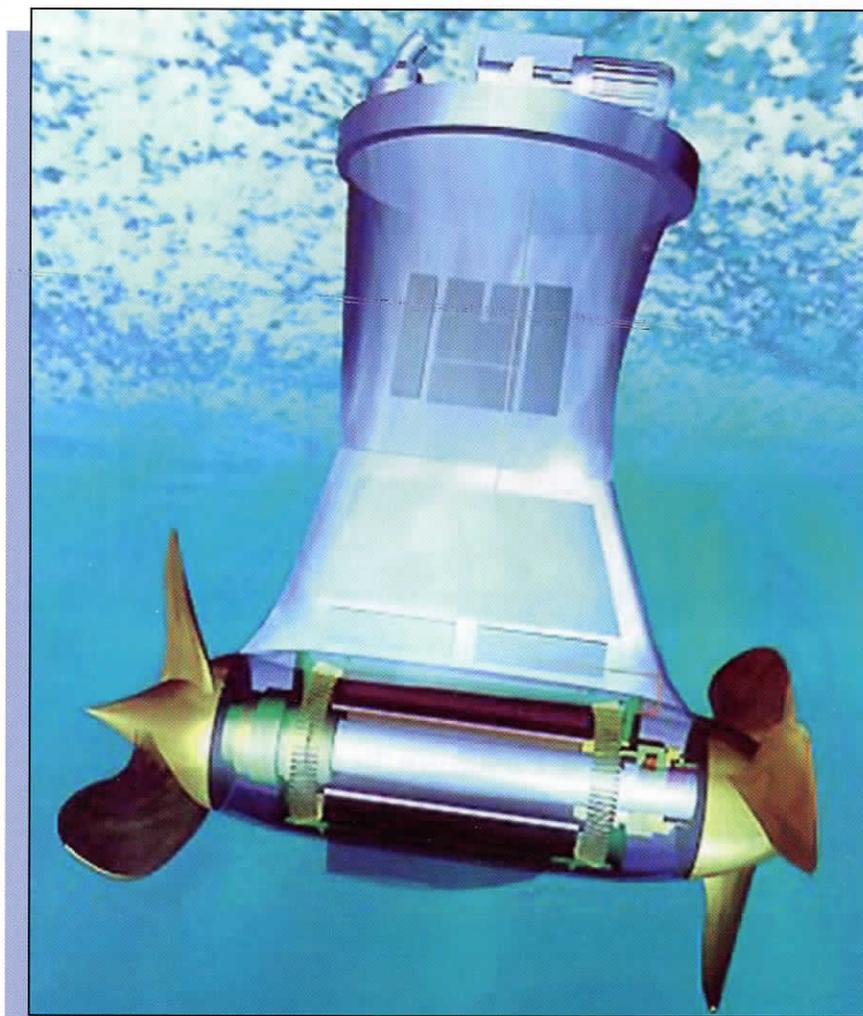


Revue du Génie maritime

LA TRIBUNE DU GÉNIE MARITIME AU CANADA

**Bulletin
de l'AHTMC à
l'intérieur!**

automne 2001/hiver 2002



En plus :

- **UN ÉCHANGE MILITAIRE :**
Construction des destroyers DDG-51 avec la marine américaine
- **COIN DE L'ENVIRONNEMENT :**
Une installation de traitement des déchets innovatrice, qui protège l'environnement — et économise de l'argent!
- **NOUVELLES DE L'AHTMC :**
Le défi de la conception des DDH-280

La propulsion par nacelles :
Une option viable pour la Marine canadienne

Un échange militaire :

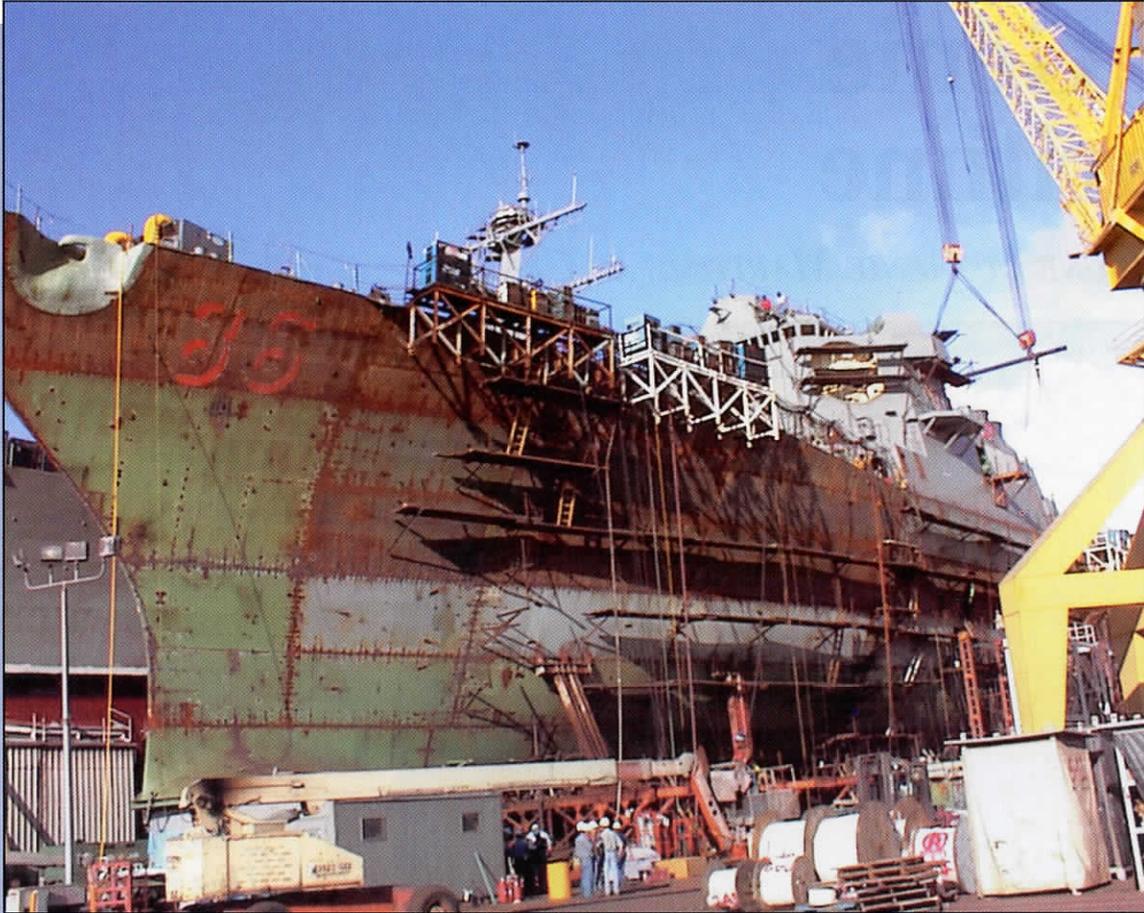


Photo courtoisie de Ingalls Shipbuilding

Un ingénieur naval canadien participe à un programme d'échange avec la marine américaine à Pascagoula (Mississippi)

— page 14



Revue du Génie maritime

AUTOMNE 2001/HIVER 2002

Vol. 20, N° 2 (Établie en 1982)



Directeur général
Gestion du programme d'équipement maritime
Commodore J.R. Sylvester, CD

Rédacteur en chef
Capv David Hurl, CD
Directeur - Soutien naval (DSN)

Conseiller à la rédaction
Bob Weaver
Officier des projets spéciaux du DGGPEM

Directeur de la production / Renseignements
Brian McCullough
Tel. (819) 997-9355
Télécopieur (819) 994-8709

Services de la production par
Brightstar Communications, Kanata (ON)

Rédacteurs au service technique
Capc Peter Hartley (Mécanique navale)
Capc Marc Lapierre (Systèmes de combat)
Capc Chris Hargreaves (Architecture navale)
PMI S. Tomson (Militaires du rang)
(819) 997-9328

Coordonateur des photos
Harvey Johnson (819) 994-8835

Gestion des services d'impression par
Directeur général des affaires publiques –
Services créatifs

Services de traduction par Bureau de la
traduction, Travaux publics et Services
gouvernementaux Canada
M^{me} Josette Pelletier, Directrice

Coordonateur des service de traduction
SMA(Mat)
M. Clément Lachance

La Revue est aussi disponible sur le site Web de
la DGGPEM, sur l'Intranet (RID) du MDN à
l'adresse : <http://admmat.dwan.dnd.ca/dgmepm/dgmepm/publications/>

DÉPARTMENTS

Collaboration spéciale <i>par le capv Rick Payne</i>	2
Chronique du Commodore <i>par le commodore J.R. Sylvester</i>	3
Lettres	4
Tribune libre: L'instruction d'un ingénieur mécanicien de marine — La suite <i>par Gordon F. Smith</i>	4

ARTICLES

La propulsion par nacelles : une option viable pour la Marine canadienne <i>par le capf Marc Batsford</i>	6
La gestion des risques et les gestionnaires de projets <i>par M. M.F. Dervin</i>	11
Un échange militaire : Construction des destroyers DDG-51 de classe <i>Arleigh Burke</i> avec la marine américaine <i>par le capf Paul Catsburg</i>	14
Coin de l'environnement : Une installation de traitement des déchets innovatrice, qui protège l'environnement — et économise de l'argent <i>par M. Gordon Hardy</i>	18

BULLETIN D'INFORMATION 24

Nouvelles de l'AHTMC :

Bulletin de l'Association de l'histoire technique de la marine canadienne	<i>Insert</i>
--	---------------

Photo couverture :

Le SSP Propulsor de Siemens-Schottel est un type de nacelle qui offre un système de propulsion plus simple et plus économique que des dessins de propulsion diesel-électrique classiques. (Photo courtoisie Siemens-Schottel)

La Revue du Génie maritime (ISSN 0713-0058) est une publication des ingénieurs maritimes des Forces canadiennes. Elle est publiée trois fois l'an par le Directeur général - Gestion du programme d'équipement maritime. Les opinions exprimées sont celles des auteurs et ne reflètent pas nécessairement les politiques officielles. Le courrier doit être adressé au **Rédacteur en chef, La Revue du Génie maritime, DSGM, (6LSTL) QGDN, 101 Ch. Colonel By, Ottawa (Ontario) Canada K1A 0K2**. Le rédacteur en chef se réserve le droit de rejeter ou modifier tout matériel soumis. Nous ferons tout en notre possible pour vous renvoyer les photos et les présentations graphiques en bon état. Cependant, la Revue ne peut assumer aucune responsabilité à cet égard. À moins d'avis contraire, les articles de cette revue peuvent être reproduits à condition d'en mentionner la source. Un exemplaire de l'article reproduit serait apprécié.



Collaboration spéciale

Nous travaillons ensemble avec une ténacité formidable

Texte : le capitaine de vaisseau Rick Payne, CD
Sous-chef d'état-major, Génie maritime et maintenance, Forces maritimes de l'Atlantique

À peine quelques heures suivant les attaques terroristes du 11 septembre, le personnel combattant du FMAR(A) était aux postes de combat et, avec les personnels centraux, participait à ce que l'on nomme, depuis, l'Opération de contingence Chinook. Cette opération a examiné toutes les options réalisables concernant la participation possible du Canada à une coalition contre le terrorisme. L'appel ne tarda pas; le dimanche 7 octobre, l'ordre d'avertissement pour le déploiement de la force opérationnelle d'intervention rapide du FMAR(A) dans le cadre de l'Opération Apollo, fut reçu. Dix jours plus tard, soit le mercredi 17 octobre, la force canadienne, prête à l'action, prenait la mer à Halifax – un moment glorieux qui fut partagé par tous les Canadiens, d'un océan à l'autre, grâce à la couverture médiatique en direct.

Pour moi, les jours entourant le départ de la force opérationnelle semblaient presque relever du surréalisme. Par exemple, le jour précédant ce déploiement, le navire *Nipigon*, retiré de service, avait gracieusement été remorqué hors du port, inaperçu presque, pour aller remplir son dernier devoir – celui de servir de Récif au

large de Rimouski, au Québec. Puis, deux jours après le départ de ces deux navires, les Haligoniens ont été témoins d'un autre événement historique : l'arrivée au pays du NCSM *Windsor*, le second de nos quatre nouveaux sous-marins canadiens. Pendant tout ce temps le NCSM *Sackville*, une corvette datant de la Seconde Guerre mondiale, prenait place sur son portique synchronisé et, en toute dignité semblait-il, donnait l'air de présider sagement à cette tranche de notre histoire.

Le symbolisme était manifeste; c'est le moins qu'on puisse dire. La force opérationnelle partante des navires *Iroquois*, *Charlottetown* et *Preserver* représentait la gamme complète de notre capacité navale moderne. Et le *Nipigon*, ayant fait son devoir durant les décennies de la guerre froide, se rendait maintenant à son lieu de repos. De son côté le NCSM *Windsor*, faisant son entrée au port en « petit dernier » de la flotte, soulignait clairement l'intention du Canada : maintenir une force maritime forte et souple. Vous voyez le tableau.

Contre cette superbe toile de fond, la communauté technique de la marine figurait manifestement au premier

plan. Le personnel militaire, civil et contractuel – une équipe dévouée d'ingénieurs, de techniciens, de gens de métier et de logisticiens – a travaillé ensemble tous les jours, 24 heures sur 24, bien précisément fixé sur la seule tâche intensive d'assurer le succès des préparatifs de l'Opération Apollo. Sans exception, leurs réalisations individuelles et collectives portaient la marque indéniable de leur esprit d'équipe et de leur professionnalisme. Comme en fait preuve de nouveau l'actualité, le prélude de l'action n'est jamais achevé. (Cf. Nota.) Bravo!

À nos camarades de bord et collègues déployés, nous souhaitons une mission remplie de succès, et bon retour au bercail.



Les objectifs de la Revue du G Mar

- promouvoir le professionnalisme chez les ingénieurs et les techniciens du génie maritime.
- offrir une tribune où l'on peut traiter de questions d'intérêt pour la collectivité du génie maritime, même si elles sont controversées.
- présenter des articles d'ordre pratique sur des questions de génie maritime.
- présenter des articles retraçant l'histoire des programmes actuels et des situations et événements d'actualité.
- annoncer les programmes touchant le personnel du génie maritime.
- publier des nouvelles sur le personnel qui n'ont pas paru dans les publications officielles.



Chronique du commodore

Opération *Apollo* — Réponse de l'équipe des matériels et défis de demain

Texte : le commodore J.R. Sylvester, CD
Directeur général - Gestion du programme d'équipement maritime

Vous êtes tous au courant des événements du 11 septembre 2001 et de la décision du gouvernement de lancer l'opération *Apollo* visant l'affectation de forces pour appuyer la coalition antiterroriste dirigée par les États-Unis. J'aimerais saisir cette occasion pour parler de la réaction de la collectivité du génie maritime et de l'appui matériel face à ces événements.

Peu après les attaques des terroristes, on a commencé la planification de contingence et envisagé diverses interventions. Les intervenants du génie maritime se sont grandement impliqués dans cette phase préliminaire de planification et de préparation, un facteur qui a rendu notre réussite possible. Le 7 octobre, le gouvernement a annoncé que les Forces canadiennes se joindraient à la coalition contre le terrorisme. Ces dernières se sont donc engagées à offrir entre autres six navires de guerre et une force opérationnelle d'intervention rapide prête à partir en mer dans les 10 jours. Même si la force opérationnelle était déjà placée en état de disponibilité rapide, il restait beaucoup à faire pour préparer la mission. Les efforts requis pour cette préparation tout en respectant le délai de 10 jours étaient énormes; la réaction des principaux intéressés est une réelle leçon d'humilité.

Sur les côtes, plus de 450 activités se sont déroulées sur les navires. Beaucoup d'heures supplémentaires y ont été investies, et de nombreuses organisations ont dû fonctionner tous les jours 24 heures sur 24. On a exécuté des tâches de maintenance laissées en suspens ou courantes, apporté des modifications techniques, accompli les travaux de génie sur place qui s'imposaient, et procédé à des tests et des essais. Les unités à terre et les équipages des navires restant au port ont prêté des techniciens pour participer à la maintenance et aux services de quart. Au bureau du DGGPGM, on a approuvé rapidement la conception, le financement

et les contrats de fournisseur exclusif en vue des changements techniques nécessaires. Des conseils en matière de conception et un appui aux polygones de tir ont été offerts; les pièces de rechange essentielles ont été obtenues et les besoins opérationnels immédiats satisfaits; la situation pour les pièces de rechange à l'échelle nationale a été vérifiée et les « bas de laine ont été remplis »; des contrats ont été conclus; des radoubs ont été effectués; enfin, le personnel clé a été rassemblé sur les côtes. Et cette longue énumération n'englobe pas toutes les activités mises de l'avant par la collectivité des matériels. Il est aussi évident que tout cela aurait été impossible sans un dévouement semblable de la part des opérateurs.

J'ai été particulièrement impressionné par le degré de collaboration dans toute la collectivité des matériels. Il était manifeste dès le début que vous visiez le même objectif, et que l'engagement de chacun d'entre vous à faire sa part pour appuyer ses pairs était à toute épreuve. Grâce à une communication transparente, vous avez créé une synergie qui vous a permis d'accomplir une tâche semblant insurmontable a priori.

Les défis à venir ne seront pas plus faciles à relever. Même si des félicitations sont les bienvenues et méritées, comme d'habitude nous ne pouvons pas nous arrêter suffisamment longtemps pour les savourer. Maintenant que les navires voguent en mer, nous devons les approvisionner pendant une longue période et à une grande distance de leurs ports d'attache, en plus de préparer d'autres navires à éventuellement les remplacer. Simultanément, nous devons continuer de nous acquitter de nos obligations courantes et faire progresser les projets importants pour l'avenir de la marine. Le tout dans un climat de prudence financière et de pénurie de personnel. Je suis convaincu toutefois que la collectivité des matériels est toujours là,

toujours prête à relever ces défis avec succès, comme elle l'a montré dans le passé.

Il est aussi temps d'examiner notre réponse à l'opération *Apollo*. Bien sûr, les navires ont été prêts à temps, mais seulement après des travaux de maintenance considérables, un approvisionnement en pièces de rechange fait à la hâte, et un transfert accéléré de l'équipement nécessaire à partir des navires non sollicités. Nous devons examiner les processus ou politiques en place pour savoir s'ils ont facilité ou non la tâche de satisfaire aux exigences de l'état de disponibilité opérationnelle. La politique actuelle sur l'état de disponibilité opérationnelle et sur le maintien en puissance dote-t-elle la marine d'une capacité de réagir rapidement en cas d'intervention nationale? Si c'est le cas, avons-nous des ressources suffisantes à l'application pertinente de la politique? Disposons-nous de politiques de maintenance adéquates? Doit-il y avoir des politiques de maintenance différentes pour les périodes de paix et de conflit? Disposons-nous des bonnes pièces de rechange pour les navires? Les processus et politiques sont-ils adéquats, mais leur application inappropriée? Voici une occasion précieuse pour la marine de valider ses politiques en matière d'appui matériel.

Enfin, je tiens à vous exprimer à quel point je suis fier de votre solidarité, de votre travail acharné et de la façon dont vous avez relevé ces défis. Encore une fois, vous avez offert un service de qualité supérieure au public et à la flotte. Bien que les témoignages de reconnaissance pour vos efforts ne soient pas toujours visibles, soyez assurés que votre dévouement, votre professionnalisme et vos efforts sont appréciés à leur juste valeur. Beau travail et bravo zulu!



L'article sur le véhicule aérien télépiloté suscite un intérêt marqué

Je suis un opérateur de détecteurs électroniques (Marine) (OPDEM) qui travaille au QG FMAR (N34) et j'ai lu l'article de la page couverture du numéro du printemps 2001 du *Maritime Engineering Journal* qui s'intitulait « *A potential Unmanned Aerial Vehicle for Canadian Navy Electronic Warfare.* »

La guerre électronique (GE) est un sujet que nous, à OPDEM, prenons au sérieux, et cet article a suscité mon intérêt. J'avoue que ce sujet a donné lieu à des discussions très intéressantes au bureau. C'est pourquoi j'ai l'intention d'envoyer une copie sur écran à mes collègues qui ne reçoivent pas régulièrement le *Journal*. Merci – **PM 2 Dan Myers, Quartier général des Forces maritimes de l'Atlantique, bureau d'état-major de la guerre en surface, Cellule d'analyse des besoins opérationnels (Est).**

Il y a plusieurs années, j'étais ingénieur civil au quartier général du service naval; j'ai par la suite terminé ma carrière au gouvernement en travaillant de concert avec l'industrie à promouvoir les produits de défense canadiens. J'étais déçu de constater que les auteurs de l'article « *A Potential Unmanned Aerial Vehicle for Canadian Navy Electronic Warfare* » ne semblaient



L'arachide volante. (Photo © Canadair.)

pas au courant, lors de leurs premiers efforts restreints dans le domaine des VAT, de l'existence d'un système entièrement canadien qui avait été mis à l'essai par la marine américaine en compagnie d'observateurs canadiens.

L'appareil Sentinel CL-227 de Canadair, surnommé « l'arachide volante » (Flying Peanut), a été mis au point en tant que VAT par Canadair au cours de la période pré-Bombardier. Si je me souviens, cet engin utilise des hélices contrarotatives mues par un moteur de la William Research. Je ne me rappelle pas quel genre de logiciel électronique pouvait être installé sur ce petit dispositif, mais à cette époque, c'était sans doute très

avant-gardiste. Le CL-227 a été mis au point par la même équipe de Canadair qui a conçu et produit le AN/USD-501 et le drone à longue portée AN/USD-502 pour les armées britanniques et allemandes. — **Alan Rackow, Ottawa.**

Je peux comprendre qu'Alan Rackow fut déçu puisque nous avons omis de mentionner le Sentinel CL-227 alors que nous savons que le Sentinel et le Eager sont dotés de certaines similitudes (par ex. la forme, les rotors), sans compter que le dispositif Sentinel est d'origine canadienne. Cependant, l'introduction générale du VAT dans notre article fut brève car nous voulions que notre reportage porte principalement sur les avantages du VAT, lequel est en mesure de recevoir son alimentation électrique du navire par le biais d'un câble. Le Sentinel transporte sa propre réserve d'alimentation électrique en quantité limitée. En ce qui a trait à l'application CME/MRE à laquelle l'article réfère, la plate-forme à grande autonomie VAT alimentée par un navire semble éminemment appropriée. — **Barbara Ford, Centre de recherche pour la défense Ottawa.**



Tribune libre

L'instruction d'un ingénieur mécanicien de marine — La suite

Texte : Gordon F. Smith

Je voudrais proposer une suite pour l'article paru au printemps 2001 dans la *Revue du Génie maritime*, « *L'instruction d'un ingénieur mécanicien de marine – Séjour à l'UCL* ». La lecture de cet article m'a fait remonter 40 ans dans le temps à l'époque où je suivais le cours Dagger, qui était alors offert au *Royal Naval College*, à Greenwich, en Angleterre.

Le désignation « Dagger » (dague) vient de la liste des officiers de la Marine

royale. Une petite dague (†) était inscrite dans la liste des officiers à côté du nom de tout officier qui réussissait le cours avancé de mécanique de marine. J'ai été en mesure de trouver les noms de 63 Canadiens ayant réussi le cours, dont quatre qui ont suivi le cours en tant qu'officiers de la Royal Navy avant de se joindre à la Marine canadienne. Vingt-et-un de ces officiers ont suivi le cours à Greenwich, 29 à Manadon et 13 à l'University College London. Le premier officier canadien à suivre le cours Dagger a été le feu

Cam Jack Caldwell en 1938-1939, et le deuxième a été le Vam Bob Stephens, qui l'a suivi à Greenwich en 1946-1948 et qui habitait l'Angleterre. À l'heure actuelle, le LtV Rob McColl est inscrit à l'UCL.

De mon temps, nous suivions également un cours de conception navale, et j'imagine qu'il était semblable au cours offert aujourd'hui à l'UCL. Cependant, nous ne disposions pas d'ordinateurs à l'époque. Pour faire une simulation du groupe de propulsion, par exemple, nous

devions concevoir et construire notre propre ordinateur en utilisant des câbles, des résistances et des condensateurs. Cela va sans dire que sur ce plan, les choses ont beaucoup évolué. Dans mon cas, cet enseignement supérieur a été véritablement «...un outil d'apprentissage et un moyen de mettre en pratique ce que nous avions appris...» en vue d'une utilisation future.

À mon retour au Canada en 1963, je me suis joint à la section des avant-projets sommaires de la Direction générale des navires, au quartier général du service naval, à Ottawa. J'étais l'ingénieur mécanicien de navire au sein d'une équipe de six personnes responsable de la conception de navires répondants aux diverses exigences de l'État-major. Le projet de la frégate polyvalente venait tout juste d'être annulé et la section des avant-projets sommaires a été chargée de concevoir un destroyer d'à peu près la même taille, mais en apportant de nombreuses modifications au dessin de la frégate polyvalente. Pour accroître la surface de pont, il a été décidé d'allonger le destroyer de classe Tribal en ajoutant une trentaine de pieds (~ neuf mètres) au niveau de la cloison entre la chaufferie et la salle des machines. Cependant, en raison de l'augmentation du tirant d'eau (entre autres choses), le groupe de propulsion de 30 000 s.h.p. aurait été incapable de répondre aux exigences en matière de vitesse du navire. Il nous fallait accroître la puissance sur arbre. Le seul plan de turbine à vapeur que j'ai pu trouver était celui d'un groupe de propulsion de 75 000 s.h.p. de l'US Navy. Ce modèle fonctionnait à une température et à une pression très élevées, avec tous les problèmes que cela suppose, et la puissance était trop élevée. J'ai me suis demandé pourquoi on ne choisirait pas plutôt un système de propulsion turbine à gaz d'environ 50 000 s.h.p., ce qui correspondait à la puissance souhaitée par les architectes navals.

La Direction du génie maritime et électrique, le Bureau d'expertises de dessin industriel pour la Marine et d'autres intervenants ont examiné les divers systèmes de propulsion turbine à diesel, turbine à vapeur et turbine à gaz. Le choix qui semblait s'imposer alors était la turbine fonctionnant au gaz uniquement. Grâce à mon cours Dagger et à mon séjour au R.-U., je savais que la Royal Navy était en train de concevoir les systèmes de propulsion COSAG, CODAG et COGAG. Par

ailleurs, le HMS *Nubian* était déjà doté d'un groupe de propulsion COSAG G-6 « industriel », et la turbine à gaz du type aviation était en train d'être adaptée aux navires.

Une fois de nombreux changements apportés aux plans (p. ex., pour embarquer deux hélicoptères plutôt qu'un seul, etc.), l'avant-projet détaillé du destroyer DDH-280 a été envoyé au Conseil de la marine aux fins d'approbation. La décision a été prise de construire quatre destroyers dont la propulsion serait assurée par des turbines fonctionnant au gaz uniquement. Voici un cas où les connaissances et l'expérience acquises dans le cadre du cours Dagger ont été mises à profit dès la fin du cours.

Après avoir passé deux ans à la section des avant-projets sommaires, j'ai quitté le quartier général pour me joindre à l'équipage du NCSM *Provider* à titre d'officier du génie. J'ai retourné au programme des DDH-280 en 1967 en tant qu'Officier supérieur d'état-major - Génie, préparant les dessins d'exécution au bureau central de dessin de la marine à Vickers Canada, à Montréal. J'ai quitté la Marine en 1969 avant d'y revenir en tant que civil lié par un contrat. Je suis alors devenu le premier ingénieur en chef des NCSM *Iroquois* et *Huron* chargé de la mise en marche des installations ainsi que des essais. Mon association avec les DDH-280 a repris une dizaine d'années plus tard lorsque j'ai supervisé, pour le compte de Litton Systems Canada Ltd, la partie du contrat du Projet de modernisation des navires de classe Tribal confiée à Pratt & Whitney Aircraft. J'espère bien que je serai encore en vie au moment du désarmement des DDH-280!

Je suis entièrement d'accord avec l'auteur de l'article sur l'UCL, quand il affirme que « les Forces canadiennes ne peuvent que bénéficier de la participation de leurs officiers à des programmes du genre [le cours Dagger], car elles continueront d'en récolter les fruits pendant bien des années encore ». Dans mon cas, à tout le moins, on peut dire que c'est vrai.



Gordon Smith est à la retraite et demeure à Ottawa et dans le Vermont.

La liste canadienne « Dagger »



cam Jack Caldwell	G 1938-39
vam RStG (Bob) Stephens	G 1946-48
capf Pat Nash	G 1948-49
capv EJ (Derry) Dawson	G 1951-53
capv SE (Stan) Hopkins	G 1953-55
capv DH (Doug) Benn	G 1953-55
capv J (Jim) Knox	G 1955-57
capf VG (Gary) Ernst	G 1958-60
capc BF (Bryan) Allen	G 1958-60
capv GM (George) Bolt	G 1959-61
capc GF (Gord) Smith	G 1961-63
capf Keith Davies	G 1962-64
capc PHD (Peter) MacArthur	G 1964-66
capf JM (Jack) Littlefair	G 1964-66
capf KG (Ken) Harrison	G 1964-66
capf DH (Don) Smith	G 1965-66
capf RA (Bob) Douglas	G 1967-69
cmdre Eion Lawder	G 1967-68
capf M (Mike) Brett	G 1967-69
capf JRF (Dick) Hodgson	G 1968-70
cam M (Mike) Saker	G 1970-71
capf LT Taylor	G 1971-72
capf John Pirquet	M 1972-73
capf George Godwin	M 1973-74
capv DW (Dave) Riis	M 1973-74
capv S (Sandy) Sutherland	M 1974-75
capv Bruce Baxter	M 1974-75
capf R (Ron) Rhodenizer	M 1976-77
capc Peter Ross	M 1976-77
capf R (Bob) Weaver	M 1976-77
cam ID (Ian) Mack	M 1977-78
capf DH (Darryl) Hansen	M 1978-79
capc Larry L'Ecuyer	M 1978-79
capc Karel Heemskerck	M 1978-79
capv S.B. (Sherm) Embree	M 1979-80
capf PJ (Peter) MacGillivray	M 1981-82
capv Dave Marshall	M 1982-83
capc RA (Richard) Wall	M 1982-83
capf Glenn Trueman	M 1982-83
capv Doug Dubowski	M 1983-84
ca[fr Ken Winch	M 1983-84
capc Carr Hallett	M 1984-85
capf Gilles Hainse	M 1985-86
capf R (Rick) Sylvestre	M 1986-87
capf R (Rob) Gair	M 1987-88
capf N (Nick) Leak	M 1987-88
capc R (Bob) Dunlop	M 1988-89
capf J (Jim) Jollymore	M 1989-90
capc R (Bob) Jones	M 1989-90
capc KQ (Kam) Fong	M 1989-91
capc Andrew Finlay	M 1989-91
capc RES (Rob) English	L 1992-93
capc D (Don) Demers	L 1993-94
capc M (Mike) Campbell	L 1993-94
ltv C (Cliff) Wardle	L 1993-94
capc Brian Murray	L 1995-96
capc R (Rick) Perks	L 1995-96
capc Glenn Walters	L 1995-96
capc Pierre Demers	L 1998-99
capc Derek Hughes	L 1998-99
ltv Dan Riis	L 1998-99
ltv Kirby McBurney	L 1999-20
ltv R (Rob) McColl	L 2000-01

G = Greenwich
M = Manadon
L = UCL

La propulsion par nacelles : une option viable pour la Marine canadienne

Texte : le cap f Marc Batsford (Images courtoisie l'auteur, sauf où noté)

Les pétroliers ravitailleurs d'escadre et les destroyers de guerre antiaérienne et de commandement et de contrôle de la classe *Iroquois* approchent de leur fin de vie. Pour que la Marine canadienne franchisse le cap du XXI^e siècle, les nouveaux programmes de mises en chantier devront prévoir des navires qui répondent ou dépassent les normes actuelles en matière de vitesse, de manœuvrabilité, de profils acoustique et magnétique, de survivabilité et de maintenance. Mais les ressources financières limitées exigent de trouver des moyens novateurs et moins coûteux pour les nouveaux navires. Les nouvelles technologies maritimes, telle la propulsion par nacelles, peuvent constituer des solutions réalistes.

La propulsion par nacelles est une technologie de propulsion navale relativement nouvelle de plus en plus répandue et utilisée avec succès dans des applications commerciales. Basée sur un système de production et de distribution d'électricité, cette technologie offre des avantages uniques sur la propulsion électrique classique par moteurs électriques internes, ligne d'arbres, appareil à gouverner et gouvernail. La propulsion par nacelles fait appel à un moteur électrique encapsulé dans une nacelle hydrodynamique montée sur la coque externe. Une hélice est reliée mécaniquement au moteur qui est alimenté par l'électricité du navire. La *figure 1* illustre un modèle de nacelle. Pour l'instant, les nacelles sont disponibles dans des modèles de 1 à 30 mégawatts (MW) pour satisfaire aux divers besoins de puissance imposés par la forme de la coque, la taille et la configuration de l'hélice. Cette technologie offre une option de propulsion valable pour la Marine canadienne.

Avantages de la conception

Le système de propulsion par nacelles est unique par la simplicité de sa con-



Fig. 1. Un système de propulsion par nacelles électrique, tel que les trois unités ABB Azipod® installées sur la navire *Voyager of the Seas* de Royal Caribbean International, offre des avantages uniques dans la simplicité du dessin. Dans cette configuration, les nacelles du tribord et du bâbord pivotent, mais la nacelle du centre est fixe. (Droits d'auteur 2002 ABB)

ception. Les unités de propulsion alimentées à l'électricité peuvent être installées sur les navires commerciaux ou de guerre de toutes les tailles. La nacelle, qui est montée sur l'extérieur de la partie immergée de la coque, est habituellement située vers l'arrière ou à la poupe. Elle renferme un moteur électrique c.a. avec bobinage simple ou double relié mécaniquement à une hélice hydrodynamique à pas fixe. On utilise un moteur c.a. plutôt qu'un moteur c.c. à cause de ses dimensions et de son poids réduits. Alimenté par une source de production électrique (diesel, vapeur ou turbine à gaz), commandé par un convertisseur de fréquence, il produit le couple maximum dans les deux sens, de l'arrêt à la vitesse maximale. L'hélice peut être installée devant ou derrière le moteur électrique, selon que l'on désire que le navire soit poussé ou tiré.

Les unités de propulsion par nacelles nécessitent bien moins de soutien que les systèmes de propulsion diesel-électrique classique. Le système de refroidissement, le moteur et les commandes hydrauliques des systèmes à nacelles sont contenus dans un compartiment de coque unique directement au-dessus de l'unité. Un joint d'étanchéité à l'huile et des pompes de cale assurent l'intégrité de l'étanchéité à l'eau. Le pivotement sur 360 degrés est obtenu par la rotation ou « l'orientation en azimut » de la nacelle. Le poste de commande des nacelles, normalement situé sur le pont, fait appel à des commandes par volant et par manette. Un second poste est situé à un emplacement choisi par l'armateur, et un troisième est logé dans le compartiment de la nacelle avec le matériel auxiliaire. Chaque nacelle abrite un

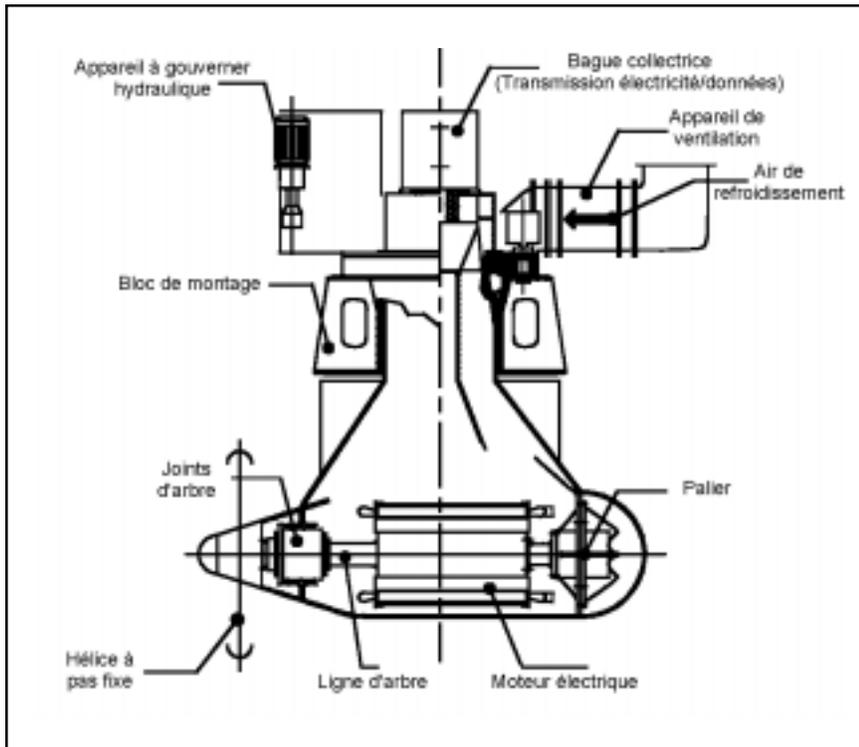


Fig. 2. Coupe transversale de la nacelle motorisée rotative (Azipod®) du ABB. La nacelle incorpore un moteur électrique c.a. qui actionne directement une hélice à tangage fixe. (Droits d'auteur 2002 ABB)

ensemble de pompes multiples pour assurer la commande finale.

Les systèmes à propulsion électrique classique font appel à un moteur électrique interne qui élimine les circuits de lubrification, les engrenages complexes, les embrayages et les longues lignes d'arbre. Les systèmes de propulsion par nacelles sont encore plus simples car ils n'ont pas de lignes d'arbres, de paliers de butée, de propulseurs arrière, de tube d'étambot, de joints, de gouvernail et d'appareil à gouverner. L'élimination de toute cette machinerie auxiliaire permet d'accroître la charge utile, d'avoir plus d'espace pour les locaux de l'équipage et de dégager de la place pour des besoins opérationnels éventuels. Entre la propulsion diesel-électrique classique, diesel à transmission directe et par moteurs électriques en nacelle, l'option nécessitant le moins d'espace est la propulsion par nacelles. Le matériel n'étant pas centré sur la coque ou limité par des lignes d'arbre, les concepteurs de navires sont libres de placer la machinerie et les composants n'importe où dans le navire, facilitant ainsi le doublement et la maintenance de l'équipement (voir le schéma de nacelle de la figure 2).

Bien que non exclusif à la propulsion par nacelles, le doublement de l'équipement est facilité par la décentralisation des emplacements des machines d'entraînement et des circuits électriques du navire, améliorant la disponibilité des systèmes en cas d'avaries de combat. En termes de maintenance, les nacelles électriques sont l'idéal dans le contexte du principe de réparation par remplacement de la Marine canadienne. Les machines d'entraînement peuvent être situées à proximité du pont supérieur afin de faciliter l'accès pour la maintenance, et les nacelles mêmes sont conçues de façon à ce que la nacelle ou l'hélice seule puisse être remplacée dans l'eau, éliminant ainsi des opérations de cale sèche coûteuses et imprévues. Ce type de propulsion offre également la possibilité d'avoir moins de machines d'entraînement différentes, ce qui permet de réaliser des économies au niveau de la formation du personnel, de la maintenance et des pièces de rechange. Enfin, cette technologie permet d'envisager une augmentation significative des besoins opérationnels si on décide d'augmenter la production d'électricité en cours de construction ou de refonte à mi-vie. Avec des groupes électrogènes de di-

verses capacités, le système de production et de distribution électrique peut être sollicité de façon plus souple et plus efficace. Il en résulte une plus grande souplesse opérationnelle et une maximisation de la performance du système et de l'économie de combustible.

Caractéristiques de manœuvrabilité

La manœuvrabilité exceptionnelle des systèmes à nacelles est donnée par leur pivotement sur 360 degrés (azimut), et leur couple disponible tant en marche avant qu'en marche arrière. La vitesse est commandée par un convertisseur de fréquence permettant la pleine puissance dans les deux sens. Les caractéristiques de couple sont excellentes sur toute la plage des puissances, assurant une réaction et une accélération rapides essentielles par mauvais temps ou pour les manœuvres dans des espaces restreints. Le pivotement des nacelles permet d'améliorer la manœuvrabilité à faible vitesse et lors d'opérations critiques telles que le ravitaillement en mer, l'emprunt de passages restreints et l'accostage et l'appareillage.

Un navire propulsé par nacelles peut être arrêté presque immédiatement en inversant la rotation des hélices, ou en faisant pivoter les nacelles sur 180 degrés. L'inversion d'une hélice à poussée maximale en sens inverse ne prend que 10 à 20 secondes. L'inversion de la poussée nette produite par une nacelle munie d'une hélice à pas fixe correspond à environ 60 % à 80 % de la poussée en marche avant. Cependant, 100 % de la poussée en marche arrière est disponible si la nacelle pivote sur 180 degrés — une manœuvre rapide qui ne réduit pas la capacité de direction. Il en résulte une plus grande sécurité et une meilleure manœuvrabilité, tout en éliminant les hélices à pas réversible plus complexes ou un système d'embrayage inversable.

Le changement de direction par pivotement des nacelles améliore grandement la manœuvrabilité du navire par rapport à l'utilisation d'un système à gouvernail classique, surtout à faible vitesse. La performance en virage d'un navire muni de nacelles est supérieure à cause de la possibilité d'avoir une poussée maximale dans tous les sens. Une rotation de la nacelle sur

180 degrés prend entre 20 et 25 secondes, ce qui correspond au temps requis par le gouvernail d'une frégate de classe *Halifax* pour passer de bâbord à tribord toute.

Caractéristiques de performance

La propulsion par nacelles offre des avantages importants, comparativement aux systèmes de propulsion classiques, notamment en ce qui a trait au bruit, à l'efficacité hydrodynamique et à l'économie de combustible. Avec l'élimination des longues lignes d'arbres, des paliers-supports, des tubes d'étambot, des compartiments d'eau de refroidissement et autres volumes en saillie sur la coque qui sont typiques des systèmes classiques, l'écoulement laminaire est plus lisse sur la coque et les hélices. Non seulement la traînée est réduite et les performances des hélices sont améliorées, ce qui se traduit en économie de combustible accrue (ce que confirment les essais de la Carderock Division du US Naval Surface Warfare Center de Bethesda, au Maryland), mais le navire peut atteindre une vitesse significativement plus élevée avant l'apparition de la cavitation. De plus, avec une coque immergée mieux profilée et des systèmes de soutien mécaniques auxiliaires des nacelles moins nombreux dans la coque, les niveaux de bruit interne et externe et les vibrations du navire sont réduits. Tous ces attributs donnent une efficacité opérationnelle plus grande aux navires propulsés par nacelles dans les rôles de guerre anti-sous-marin.

La taille et la configuration de l'hélice influent énormément sur les performances de la nacelle. Les fabricants produisent divers systèmes, avec l'hélice montée à l'avant (variante « tirante ») ou à l'arrière (variante « poussante »). La nacelle « tirante » présente certains avantages sur sa contrepartie. Des essais effectués par le US Naval Surface Warfare Center ont révélé que, selon la forme de la coque, deux nacelles tirantes munies d'hélices contrarotatives à l'avant peuvent faire augmenter la vitesse d'apparition de la cavitation de 7 nœuds et réduire de 28 % la consommation d'électricité. Ces améliorations sont attribuées à l'absence d'arbre et de support d'arbre devant l'hélice, ce qui permet un écoulement constant et ininterrompu de l'eau sur le bord d'attaque de chaque pale.

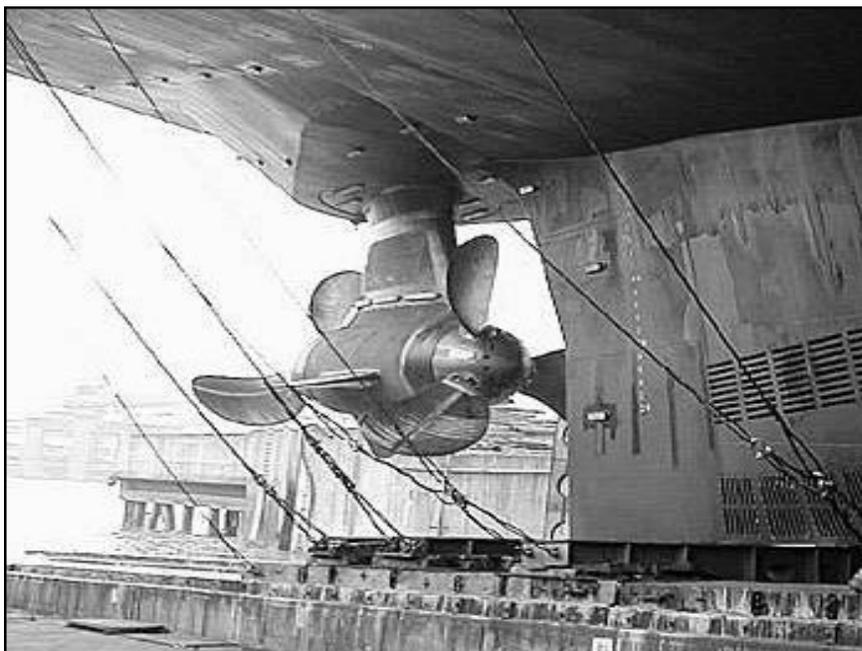


Fig. 3. La nacelle à double bout Siemens-Schottel SSP Propulsor monté sur ce vraquier est peut-être un vu étrange avec une hélice à chaque bout, mais sa consommation d'énergie est de 10 % inférieure à celle des systèmes classiques de propulsion diesel-électrique. (Courtoisie Siemens-Schottel)

Les nacelles sont normalement situées à l'extérieur du sillage de la coque, ce qui assure un écoulement hydrodynamique plus uniforme à travers l'hélice. Une nacelle à deux hélices (fig. 3), avec une hélice montée devant le moteur et l'autre montée à l'arrière, a été testée en bassin et en grandeur réelle. Sa consommation d'énergie est de 10 % inférieure à celle des systèmes de propulsion diesel-électrique classique, ce qui peut se traduire par des économies de combustible ou des vitesses plus élevées. Bien que les données sur la cavitation et les économies d'énergie varient d'une forme de coque à l'autre, les nacelles sont une amélioration importante en comparaison sur la propulsion électrique classique.

La réduction du bruit interne est un autre avantage de la propulsion par nacelles. Sans réducteur principal, lignes d'arbre et propulseurs arrière, les niveaux des bruits internes et des vibrations sont réduits de façon importante. Le système de propulsion par nacelles est alimenté par un système de production électrique qui peut être installé sur un double radier acoustique avec une enceinte acoustique. Les radiers sont isolés acoustiquement de la coque du navire, minimisant ainsi les bruits de machinerie transmis par la coque. Il

peut aussi être monté en hauteur, bien au-dessus de la ligne de flottaison de façon à ce que le bruit produit à l'intérieur de la coque et transmis dans l'eau soit réduit. Le montage enceinte acoustique/double radier est techniquement faisable et a été appliqué avec succès sur plusieurs classes de navires de guerre, notamment les frégates canadiennes de patrouille.

Efficacité éprouvée de la propulsion par nacelles

Plusieurs entreprises produisent des systèmes à nacelles. Bien que les fabricants fassent tout de bien remarquer que la vitesse du navire est proportionnelle à la taille de la nacelle, la performance dépend également de la forme de la coque, de son déplacement, de la conception et du diamètre de l'hélice, de son emplacement (modèles poussant ou tirant) et de la configuration (une ou deux hélices, rotation dans le même sens ou dans le sens contraire).

ABB Azipod, une filiale de Kvaerner Masa Yards de Finlande, fabrique l'Azipod, abréviation de Azimuthing Podded Drive (nacelle motorisée rotative). Le système ABB Azipod est utilisé en navigation commerciale, sur les transbordeurs rouliers et les navires de croisière.



MS *Elation* de Carnival Cruise Lines. Quelques lignes croisières ont choisi la propulsion par nacelles pour leurs navires les plus neufs. (Photo par Andy Newman, Carnival Cruise Lines)

Carnival Cruise Line Inc. a récemment commandé huit paquebots de croisière de la classe *Fantasy*. Les six premiers sont à propulsion classique diesel-électrique avec lignes d'arbres standard, mais les deux derniers ont un système de propulsion par nacelles. Les deux systèmes Azipod de 170 tonnes d'une puissance de 14 MW installés sous les navires de 70 000 tonnes permettent une vitesse de 22 nœuds. Avec des systèmes Azipod de 25 MW, la vitesse maximum aurait été de 27 nœuds.

Le constructeur allemand de navires Meyer Werft a obtenu un contrat de la Royal Caribbean International (RCI) Cruise Lines pour deux paquebots de croisière à nacelles livrables en 2001 et 2002. D'une longueur de 973 mètres (1 054 pieds) et avec un déplacement de 136 000 tonnes brutes, ce seront les plus gros navires de croisière jamais construits. Chacun sera équipé de trois ABB Azipod.

Conçu et produit par Siemens AG Marine Engineering et Schottel-Werft Josef Becker GmbH & Co., le propulseur SSP est muni d'un moteur à excitation permanente et d'une seconde hélice à pas constant située à l'autre extrémité de la nacelle (fig. 3). La seconde hélice partage la charge également, maximisant ainsi la productivité des deux hélices. Le moteur à excitation permanente fait appel à des

aimants permanents qui remplacent les pôles de rotor classiques. La propulsion est plus efficace qu'avec des moteurs synchrones classiques à excitation électrique et les moteurs en nacelle sont plus compacts. Les aimants sont également plus efficaces car il n'y a pas besoin d'une excitatrice pour l'alimentation électrique du rotor. Le propulseur SSP est disponible en différents modèles allant de 5 MW à 30 MW.

Des essais de propulsion avec deux propulseurs SSP de 14 MW ont été effectués en bassin à l'Institut SVA de Potsdam, en Allemagne. Le paquebot de croisière *Century* de 70 000 tonnes de jauge brutes construit en 1995 par Meyer Werft a servi de référence pour ces essais. Le *Century* est doté d'un système de propulsion diesel-électrique classique comprenant deux lignes d'arbre de 14 MW et sa vitesse nominale est de 22 nœuds. Les résultats des essais ont montré que la consommation du système de propulsion par nacelles SSP est de 10 % inférieure à celle du groupe moteur du *Century*, ce qui correspond à une économie potentielle d'énergie de 10 % ou une augmentation de la vitesse de 0,5 nœud.

American Superconductor Corporation de Westborough, Massachusetts, a effectué des développements significatifs dans le domaine des moteurs à supraconducteurs qui auront

des bénéfices significatifs sur la technologie des nacelles. Les nouveaux moteurs sont plus efficaces, plus petits et plus légers que les moteurs électriques classiques. Les moteurs à supraconducteurs seront disponibles en c.a. et c.c., et seront probablement des candidats possibles pour le remplacement des moteurs en nacelle actuels plus volumineux.

Il y a cependant un inconvénient à la propulsion par nacelles qui a été récemment identifié lorsqu'un des navires de la Carnival Cruise Line muni de nacelles propulsives a été mis en cale sèche à la suite d'un problème de contamination à l'eau de mer par un défaut de joint à lèvres et qui a entraîné la panne du moteur. ABB Azipod étudie la défektivité afin d'en déterminer la cause et de corriger le problème.

Pour la Marine canadienne, un autre inconvénient est le manque de renseignements sur la modification de la signature magnétique d'un navire par les moteurs en nacelle. Bien que des recherches considérables aient été menées sur certains aspects telles les caractéristiques de cavitation, d'efficacité et d'acoustique présentées par la technologie de la propulsion par nacelles, très peu de travaux ont été effectués sur les effets des nacelles sur la signature magnétique.

Conclusion

La propulsion par nacelles est un système de propulsion intéressant du fait de sa conception souple et de ses caractéristiques de manœuvrabilité et de performance. Elle apparaît comme une technologie éprouvée facilitant une plus grande souplesse de conception en répartissant le système de distribution et de production d'électricité dans le navire. Cette disposition décentralisée de la machinerie améliore le doublement de l'équipement pour contrer les effets des dommages de combat sur les navires de guerre atteints. De plus, la conception du navire n'est pas centrée autour des lignes d'arbres classiques. L'élimination des longues lignes d'arbres techniquement complexes, des gouvernails et d'appareils à gouverner, des tubes d'étambot, des réducteurs et des systèmes auxiliaires réduit les besoins en espace pour la machinerie et l'enveloppe de maintenance. Du point de vue de la

maintenance, une nacelle peut être remplacée même quand le navire est à l'eau, ce qui est en accord avec le principe de réparation par remplacement de la Marine canadienne. Les capacités de direction et de manœuvrabilité sont supérieures à celles des systèmes classiques car les nacelles pivotent sur 360 degrés et permettent une poussée à pleine puissance dans tous les sens.

Les systèmes à nacelles ont un profil de bruit externe réduit car les appendices de coque sont moins nombreux. La réduction du bruit et des vibrations internes est due au nombre

réduit de machines à bord. Le bruit causé par la production d'électricité pour les nacelles peut être isolé dans une enceinte acoustique avec socle antivibratile. Une telle plate-forme navale est idéale pour toutes les opérations navales et particulièrement pour la lutte anti-sous-marine.

La technologie des nacelles a déjà fait des percées dans l'industrie commerciale de construction de navires. Cette nouvelle technologie offre de nombreux avantages par rapport à la propulsion électrique classique. La propulsion par nacelles constitue indéniablement une option

valable pour les programmes de construction des futurs navires de la Marine canadienne.



Le capc Batsford a gradué du Command and Staff Course 27 au Collège des forces canadiennes à Toronto. Son texte a été écrit pour répondre à une exigence du programme d'études. Le capc Batsford est maintenant membre du Département des études stratégiques nationales au collège.

Guide du rédacteur

La *Revue* fait bon accueil aux articles **non classifiés** et illustrés qui lui sont soumis à des fins de publication, en anglais ou en français, et qui portent sur des sujets répondant à l'un ou l'autre des objectifs énoncés. Afin d'éviter le double emploi et de veiller à ce que les sujets soient appropriés, nous conseillons fortement à tous ceux qui désirent nous soumettre des articles de communiquer avec le **Rédacteur en chef, Revue du Génie maritime, DSN, QGDN, Ottawa (Ontario), K1A 0K2, no de téléphone (819) 997-9355**, avant de nous faire parvenir leur article. C'est le comité de la rédaction de la *Revue* qui effectue la sélection finale des articles à publier.

Nous aimons également recevoir des lettres, quelle que soit leur longueur, mais nous ne publions que des lettres signées.

En général, les articles soumis ne doivent pas dépasser 1800 mots et doivent être accompagnés de photos ou d'illustrations. Les articles courts sont bien souhaités. Nous préférons recevoir des textes traités sur MS Word. La première page doit porter le nom, le titre, l'adresse, l'adresse du courriel si disponible, et le numéro de téléphone de l'auteur.

Veuillez envoyer les photos et autres illustrations protégées et insérées sans attache dans l'enveloppe qui contient l'article, ou comme dossiers électroniques individuelles en haute résolution et non condensés. N'oubliez pas d'inclure les informations complètes pour les légendes. Nous vous encourageons à envoyer les grands dossiers électroniques sur disque Zip de 100mb ou sur CD-ROM, et de vous mettre en contact avec nous d'avance si vos illustrations ont été préparées dans un format de dossier hors de l'ordinaire.

Si vous désirez modifier le nombre de revues qui est livré à votre unité ou institution, veuillez s'il-vous-plaît nous en informer en nous indiquant par télécopieur le nombre requis de sorte que nous puissions continuer à vous offrir le meilleur service possible. Les télécopies peuvent être adressées à: **Rédacteur en chef, Revue du Génie maritime, DSN (819) 994-8709**.

La gestion des risques et les gestionnaires de projets

Texte : M.F. Dervin

Les concepts de gestion des risques s'appliquent à presque toutes les activités planifiées, qu'il s'agisse d'organiser un tournoi d'une petite ligue de baseball ou de préparer une mission spatiale de la NASA. Les gestionnaires de projets sont des gestionnaires de risques. Par conséquent, ils doivent se préparer à faire face aux risques et à composer avec eux. Afin d'introduire le vaste sujet de la gestion des risques, nous abordons ici un processus simple qui leur permettra de repérer les risques et d'y faire face.

La criticité et la complexité d'un projet et sa valeur financière connexe déterminent la formalité et la précision des détails nécessaires dans un plan de gestion des risques. Les risques afférents au coût direct et aux échéanciers sont en général ceux auxquels on pense tout de suite quand on songe aux risques que présente un projet. Cependant, il faut aussi prendre en compte d'autres genres de risques et en évaluer les rapports d'interdépendance et les conséquences. Par exemple :

- La « réalisabilité » d'un projet se rapporte à la portée, à la qualité et au rendement, face aux contraintes et au désir d'innover en profitant des technologies nouvelles ou en devenir. (Rappelez-vous que la contrepartie du risque, c'est l'ouverture de nouveaux horizons.)

- Les ressources disponibles : le matériel, l'équipement, les installations, le savoir-faire interne et les outils et moyens techniques dont on dispose pour vérifier la proposition, le travail et le produit d'un entrepreneur, voir si ses effectifs comptent du personnel compétent, évaluer le respect des exigences relatives au contenu canadien, etc.

- Les questions organisationnelles concernent ce qui suit, tant pour le MDN que pour l'entrepreneur : l'entrechoquement des multiples tâches confiées au personnel; les changements de priorités; le moral des effectifs; la probabilité d'une grève; la réorganisation physique ou philosophique; et, dans le cas de l'entrepreneur et de ses sous-traitants, les risques de faillite.

- Le choix des procédés : les ramifications de différentes stratégies en ce qui concerne la conception, la fabrication, l'acquisition, l'adjudication des marchés, le soutien interne, etc.

- Les facteurs externes : l'évolution de la réglementation, les changements de gouvernement, une catastrophe environnementale, etc.

Tous ces éléments influenceront directement ou non sur le coût et le calendrier d'exécution d'un projet, mais au sens large, on peut percevoir ces deux dimensions comme étant des ressources en ar-



gent et en temps entrant dans la catégorie des « ressources disponibles ». Le gestionnaire de projets doit adopter ce point de vue plus large ne serait-ce que pour cerner ce qui peut influencer sur le coût et le calendrier d'exécution de son projet. Il faut examiner attentivement tous les risques inhérents au projet, y compris ce qui peut menacer l'organisation et les conséquences pour le MDN, l'industrie et le pays. Cela ne veut pas dire que tous les risques doivent être traités de la même manière. Afin de décider de l'attention à accorder à chaque risque, il convient d'en évaluer la probabilité et les ramifications.

De nombreuses définitions formelles de la gestion des risques ont été fournies par des organismes tels que le Conseil du Trésor, le Project Management Institute et l'Institut de génie logiciel. Une notion commune se retrouve dans toutes ces dé-

finitions : il faut d'abord évaluer le risque, puis dresser et mettre en œuvre un plan destiné à le contenir.

Évaluer les risques, c'est d'habitude repérer ceux qui influenceront probablement sur le projet (et en définir les caractéristiques), puis quantifier ou mesurer ces risques et les liens entre les événements afin de se faire une idée de la gamme des résultats possibles. Il faut prendre en compte la probabilité de chaque risque et ses implications.

Afin de dresser un plan d'endiguement des risques, il faut planifier un jeu de réponses à l'événement, voire à la menace d'un événement indésirable. Il faut élaborer et mettre à jour des stratégies de prévention et de limitation des risques et y prévoir des solutions d'urgence et de rechange. Le plan comporte aussi un contrôle de la réponse aux événements susceptibles d'accroître les risques pendant la durée du projet. En surveillant les points de déclenchement (signes d'avertissement indirects ou directs) d'un risque imminent, l'équipe de projet peut appliquer les stratégies de réponse afin de prévenir, de bloquer, d'atténuer ou de contourner le risque. Souplesse, sens du compromis et aptitude à profiter des occasions qui se présentent, voilà autant d'éléments essentiels à un contrôle efficace de la réponse face au risque.

Afin de bien gérer et d'expliquer les activités de gestion des risques, il est utile de créer une grille, une base de données ou un registre des risques. Il s'agit d'un document vivant qu'il faut évaluer périodiquement et mettre à jour afin de prendre en compte l'évolution des circonstances et de repérer les nouveaux risques. Dans la grille, les risques connus sont catégorisés; chaque risque y est quantifié, et les mesures de réponse y sont définies. On fait d'habitude face aux risques imprévus, qui sont décrits et détaillés à mesure qu'ils surgissent, en recourant aux marges techniques et aux mesures de contingence prenant la forme d'une certaine latitude prévue dans le calendrier d'exécution et dans les réserves financières.

Identification (Description)	Quantification			Réponse		
	Cote de probabilité	Cote d'effet	Indice de risque (Cote)	Mesures préventives	Points de déclenchement	Solutions

Figure 1. Grille des risques - Modèle proposé

Quand il dresse la grille des risques, le gestionnaire de projet doit prendre en considération les relations entre les divers éléments, dans les cadres du projet et de l'organisation, et les facteurs extérieurs à l'un et à l'autre. Bien que le gestionnaire de projet n'ait à peu près aucune influence sur les facteurs organisationnels et externes, ceux-ci peuvent constituer des risques réels qu'il doit prévoir et dont il doit tenir compte dans ses plans. Un modèle simple de grille est donné à la Figure 1. Naturellement, on peut ajouter des éléments à cette grille, selon les besoins, et y inclure des colonnes ou des champs qui, à l'égard de chaque risque, préciseront : les conséquences pour le respect de l'échéancier; l'attribution des responsabilités; la date du dernier examen; la date du prochain examen; et le reste.

Repérer le risque

Quiconque dresse une grille des risques doit d'abord repérer les risques éventuels. Pour cela, on aura avantage à tenir des séances de remue-méninges avec les membres de l'équipe du projet, à interviewer des experts du domaine et à étudier les leçons tirées de projets antérieurs. Pour s'obliger à examiner le problème sous différents angles, il est utile de s'interroger sur les risques, une catégorie à la fois. Une fois les risques repérés, on peut les grouper de manière à en faciliter la classification, le contrôle et l'organisation selon un ordre de priorité, et à simplifier la rédaction des rapports appropriés. La Figure 2 fournit un exemple de groupement possible des risques.

Un autre groupement est proposé dans le *Manuel du Système de gestion de la Défense* :

- Facteurs de risque extérieurs — risques sur lesquels les gestionnaires du projet n'ont aucune influence; ils comprennent les échéances imposées par des intervenants de l'extérieur, la fluctuation des devises, les obligations relatives au développement coopératif, et les exigences découlant des lois;

- Facteurs de risque internes — risques sur lesquels les gestionnaires du projet peuvent exercer une influence; ils

comprennent l'attribution de ressources suffisantes, les risques concernant le rendement, la fiabilité des estimations des coûts, les risques inhérents à l'échéancier et les risques techniques.

Il incombe aussi au gestionnaire de projet de voir aux risques « stratégiques », c'est-à-dire à ceux qui menacent directement tout le projet et non pas seulement certains de ses aspects. À titre d'exemple, citons une révolution technologique qui élimine la nécessité du produit ou rend vétuste la méthode de mise en œuvre.

Quantifier les risques

La quantification des risques peut se faire de plusieurs façons et elle rend habituellement compte de la probabilité de l'événement et de la gravité des conséquences. Afin de cerner le degré d'attention à accorder à un risque donné, il peut suffire de lui attribuer une cote (faible, moyenne ou élevée). Les méthodes plus perfectionnées compliquent essentiellement les choses, mais elles montrent plus clairement comment la cote a été établie et elles facilitent l'analyse mathématique.

Par exemple, on peut calculer une valeur indicielle du risque en attribuant à ce dernier une cote de probabilité (de 0 = improbable, à 1 = très probable) et en la multipliant par une cote des conséquences (de 0 = effet insignifiant à 1 = effet catastrophique). On peut raffiner ce calcul en intégrant un échéancier (d'imminent à éloigné) pour aider à dresser des stratégies d'endiguement.

Il existe une variante qui établit un lien direct entre le risque et le coût; c'est la *valeur monétaire prévue*, c'est-à-dire la VMP qui est égale au coût multiplié par la probabilité. Cependant, la VMP ne prend les conséquences financières en compte et laisse de côté l'échéancier, la qualité, le rendement, le moral, etc., sauf s'il est possible de donner une valeur financière à ces éléments. Quand des projets vastes ou complexes le justifient, on recourt à des outils de calcul qui comprennent des algorithmes d'analyse statistique pour aider le gestionnaire à quantifier, analyser et combiner les risques afin de cerner le risque global pour tout le projet.

Le gestionnaire de projet doit aussi comprendre que des risques multiples tendent à se combiner et à ajouter ainsi grandement à la probabilité et à la gravité d'un résultat négatif. Par exemple, on peut facilement imaginer le chaos qui pourrait exister si de multiples technologies nouvelles étaient introduites dans le cadre d'un projet assujéti à un calendrier fixe et si, en outre, des pénuries de personnel étaient imminentes.

Réponse aux risques évalués

Règle générale, les mesures de prévention prennent la forme de travaux de recherche-développement accomplis pour faire face à des inconnus. Il peut s'agir tout simplement de faire un appel téléphonique pour vérifier quelque chose, ou ce peut être aussi complexe qu'exécuter de vastes analyses techniques, des essais sur maquettes et des simulations avec maquettes grandeur nature.

Une liste de points de déclenchement dans la grille oriente le gestionnaire de projet et l'aide à savoir quand une mesure s'impose. On peut parvenir à un tel point quand les marges s'épuisent plus vite que prévu, quand des employés clés font savoir qu'ils comptent quitter l'organisation, ou quand l'OTAN propose de nouvelles exigences d'interopérabilité. On peut même organiser les points de déclenchement suivant le modèle d'un « arbre de défaillance »; ainsi, ce n'est pas un seul événement qui entraîne une mesure de réponse, mais plutôt une série d'événements qui, si l'on ne s'en soucie pas, aboutiront à un résultat non souhaitable.

Les réponses comprennent d'habitude des stratégies d'atténuation et d'évitement — règle générale, trouver des façons de réduire la probabilité qu'un risque donné se manifeste, cerner des solutions possibles au cas où il se présenterait, et modifier l'échéancier après coup, quand c'est possible, pour minimiser les effets du risque sur le projet. Transférer le risque constitue certes une stratégie, mais cela ne règle pas le problème. Transmettre le risque à un entrepreneur n'éliminera pas les conséquences pour le projet. Les polices d'assurance et les poursuites judiciaires peuvent permettre

« Réalisabilité » du projet – But/Portée/Quantité/Faisabilité

- Possibilité de préciser, sans s'en rendre compte, des rendements irréalisables, vu les contraintes physiques fournies (taille, aire de pont, aménagement, etc.).
- Changements des besoins, ou modifications des modèles, des systèmes ou du matériel, qui ne sont pas entièrement compatibles avec la configuration originale.
- Utilisation compétente des marges relatives à l'augmentation du poids (stabilité ou force).

Ressources disponibles – Temps/Fonds/Ressources humaines/Installations

- Conservation des employés clés dans l'organisation.
- Obtention, au début du projet, des fonds suffisants pour faire une analyse des options.
- Pas assez de temps pour planifier le projet.

Questions organisationnelles – Priorités/Moral/Réorganisation

- Entrecroquement des tâches confiées au personnel du MDN.
- Réorganisation/Déménagement des unités du MDN.

Choix des procédés – Stratégies/Méthodologies

- Prix fixe plutôt que contrat à prix coûtant majoré.
- Produit vendu dans le commerce, mais imposition de certaines normes militaires.
- Impartition du soutien technique.

Facteurs extérieurs – Règlements/Environnement/Tierce partie

- Évolution de la réglementation.
- Le matériel que l'on comptait utiliser n'est plus disponible.
- Nouvelle exigence d'interopérabilité imposée par l'OTAN.

Figure 2. Une façon de grouper les risques inhérents à un projet

de récupérer les pertes, mais elles n'aident pas beaucoup à maintenir le projet sur la bonne voie.

Techniques de gestion des risques

En ce qui concerne les facteurs internes, le gestionnaire de projet a à sa disposition plusieurs outils et techniques de gestion qui mettent à profit la grille des risques et l'améliorent. On s'est beaucoup servi des diagrammes de Gantt (ordonnancement des tâches) et des graphiques PERT (réseau de tâches) pour faire ce qui suit :

- cerner et organiser les tâches (ventilation des travaux), fixer les étapes et décider des stades où des décisions s'imposent;
- indiquer à qui incombe l'exécution de chaque tâche;
- indiquer le temps prévu et réel nécessaire pour exécuter chaque tâche;
- définir les relations entre les tâches (le chemin critique important le plus);
- dresser des échéanciers et des budgets pour tout le projet, ou selon les groupes de tâches ou d'activités de divers paliers, pour aider à calculer les ressources humaines et financières nécessaires;
- créer des graphiques et rédiger des rapports qui feront état des prévisions et de la progression du projet.

Dans le cas des projets d'ingénierie, en particulier, plusieurs processus d'ana-

lyse formels peuvent servir à repérer et à évaluer les risques. Parmi les plus courants figurent : les analyses des modes de défaillance et de leurs effets; l'analyse de criticité; la technique de l'arbre de défaillances; la protection contre les erreurs; l'analyse des situations dangereuses; l'évaluation des menaces et des risques; la déclaration des échecs et les systèmes de mesures rectificatrices.

Toutes ces activités peuvent être perçues comme faisant partie de la gestion des risques. La ventilation des tâches et la définition du chemin critique sont des moyens permettant de repérer ce qui risque d'aller mal et où cela peut se produire, et de cerner les conséquences d'une telle éventualité pour le projet. L'analyse des risques aide à faire des estimations optimistes et pessimistes du temps et des fonds qu'il faudra, ce qui contribue à calculer la marge nécessaire dans les calendriers d'exécution et les réserves budgétaires pour imprévus. Des logiciels de pointe conçus à cette fin (p. ex., *ProAct*, *RiskTrack*, *RISKMAN* et le projet de Microsoft *Risk+*) permettent au gestionnaire de projet d'envisager divers scénarios éventuels avec des analyses statistiques et des calculs de probabilités pour mieux situer les points de déclenchement et dresser des stratégies d'atténuation et d'évitement des risques.

Les théories actuelles sur la gestion des projets soulignent que les techniques de gestion des risques sont utiles pour améliorer la qualité des produits, l'utilisation des ressources et les chances que le projet soit achevé à temps et dans les limites du budget établi. Dans l'administration fédérale, tous les projets d'une valeur supérieure à 100 millions de dollars sont considérés comme étant de grands projets de la Couronne. Le Conseil du Trésor estime qu'il s'agit de projets à risques élevés et exige des évaluations formelles et complexes des risques leur étant liés. Cependant, même les plus petits projets comportent des risques; c'est pourquoi les gestionnaires de projets doivent tenir compte des risques dans tout plan de projet qu'ils dressent.

En terminant, disons qu'il importe de faciliter les communications entre les membres de l'équipe du projet et les cadres afin que les renseignements sur les risques circulent librement sans que personne craigne d'être blâmé et sans que des membres de l'équipe ou des cadres exercent des pressions pour réduire l'importance d'un risque quelconque. En outre, le gestionnaire de projet chargé de gérer les risques et les personnes à qui l'on confie le soin de surveiller des risques bien précis doivent avoir accès aux ressources nécessaires (temps, personnel, outils et fonds) pour évaluer judicieusement les risques inhérents au projet et agir ensuite en conséquence.

Remerciements

L'auteur tient à remercier Bernard F. Hough, scientifique cadre chez Sciences informatiques Canada Inc. et auteur et conférencier respecté sur la gestion des risques. Ses commentaires et ses conseils nous ont été des plus précieux pendant la rédaction du présent article.



M. Dervin est gestionnaire de projet, architecte naval et ingénieur naval à la DSN 2/GPEM (Génie des systèmes de navire), à titre d'ingénieur en systèmes hydrodynamiques du Ministère.

Un échange militaire:

Construction des destroyers DDG-51 de classe *Arleigh Burke* avec la marine américaine

Texte : le capf Paul Catsburg

L'égide, dans la mythologie grecque, était le bouclier de Zeus, un bouclier à toute épreuve. Dans le jargon moderne des Forces navales américaines, « l'égide », Aegis en anglais, constitue l'ensemble du système d'armes des croiseurs CG-47 de la classe *Ticonderoga* et des destroyers DDG-51 de la classe *Arleigh Burke* — les principaux éléments défensifs des groupes aéronavals américains.

Le destroyer DDG-51 de 8 900 tonnes est le tout dernier bâtiment de surface des Forces navales américaines. Il a toutes les capacités de son parent, le croiseur CG-47 de la classe *Ticonderoga*, mais un déplacement moindre et un rouf réduit sur l'accastillage. Le résultat est impressionnant: un navire de guerre alliant la puissance maritime, une excellente tenue en mer, une faible détectabilité et une survivabilité élevée. De plus, le projet DDG-51 offre une occasion unique et inestimable à la Marine canadienne de participer à un programme de construction et d'ingénierie navales de niveau international.

Le programme d'échange, dont la direction se trouve à Pascagoula, au Mississippi, constitue une affectation des plus passionnantes pour un ingénieur naval canadien. Le poste requiert un officier G MAR des systèmes de marine au grade de capc, avec de l'expérience à titre de chef de service, pour superviser la gestion du contrat, la construction à quai, la certification du destroyer de la classe *Arleigh Burke* et la mise en activité de l'équipage, pour le compte des Forces navales américaines. Pour un officier G MAR qui aime le travail industriel, faire partie d'une équipe exceptionnelle chargée de l'ingénierie, de la construction, des essais et de la livraison de navires ultramodernes est un rêve.

Le Canada a été amené à participer à ce projet en vertu d'un programme de longue date d'échange d'officiers entre marines canadienne et américaine. En



USS *McFaul* (DDG-74) dans le bassin flottant de l'Ingalls Shipbuilding à Pascagoula, Mississippi. (Photo par Peter Christman, courtoisie Ingalls Shipbuilding)

juillet 1996, la direction du programme d'échange a été déménagée du petit chantier naval de Philadelphie (Pennsylvanie), au chantier de la Northrop Grumman Ingalls Shipbuilding, à Pascagoula (Mississippi), sur la côte du Golfe du Mexique. Pascagoula jouit d'une riche tradition en matière de construction navale, dont celle de nombreuses classes de sous-marins et de navires de surface, y compris le destroyer DDG-51 de la classe *Arleigh Burke*.

Superviseur de construction navale — un autre point de vue

Le quartier général du programme du destroyer Aegis est situé à Washington (DC). Le chantier principal, quant à lui, se trouve chez Bath Iron Works dans le Maine. Le chantier secondaire, The Northrop Grumman Ingalls Shipbuilding de Pascagoula, a jusqu'à présent livré 14 des 25 navires de la classe DDG-51. L'administrateur du programme, qui se trouve à Washington, a un représentant à



Le berceau de construction du USS *McFaul* est monté sur des wagonnets électriques qui serviront à transporter le DDG assemblé dans le bassin flottant où seront effectués le lancement et l'achèvement de l'équipement (voir la photo sur la page précédente. (Photo courtoisie Ingalls Shipbuilding)

Pascagoula, un commandant des Forces navales américaines chargé de s'assurer quotidiennement que les navires sont construits selon les caractéristiques de celles-ci. L'officier canadien stagiaire relève de ce représentant.

En tant qu'officier de la Marine canadienne, j'ai apporté un éclairage différent au programme Aegis, mais je me suis vite rendu compte que je ne bénéficierais d'aucun traitement spécial. Dès le début j'ai été traité en égal et on m'a confié la responsabilité du navire, ce qui était à la mesure de ma formation et de mon expérience. En termes canadiens, mon travail était celui d'un inspecteur de marine ou d'un officier de projet chargé d'un navire particulier. Le responsable du navire relève directement du représentant du gestionnaire du programme pour la construction, les essais en mer, la livraison barre en main d'un destroyer Aegis — dans mon cas, le DDG-74 *McFaul*.

Ma première responsabilité était de faire office de contact central pour toutes les questions de production et de génie touchant le navire. Cela exigeait l'établissement et le maintien d'excellentes relations avec l'entrepreneur, le personnel du bureau du programme à Washington, le personnel local de l'équipe du projet, une multitude de sous-traitants, et l'équipage de mise en

service. L'équipe locale du projet est un groupe très uni de professionnels civils et militaires qui travaillent sur le chantier depuis le début de la construction jusqu'à la sortie de cale. Leur travail consiste à surveiller toutes les activités durant les deux ans et demi et les quelque trois millions d'heures de travail que représentent la construction et la mise en service du navire.

Comme responsable du navire, j'étais chargé de surveiller les travaux et de faire des rapports sur leur avancement, et de m'assurer que la qualité du produit construit était conforme au cahier des charges. Concrètement, je devais recenser les problèmes techniques potentiels, évaluer leur gravité et proposer des solutions coordonnées. Un aspect fondamental de mon travail était d'incorporer, dans les délais et de façon économique, les modifications techniques approuvées. Cela fait un peu penser au rôle du quart-arrière d'une équipe de football, car dans le contexte de la construction navale il faut s'assurer que l'équipe de la Défense et celle de l'entrepreneur travaillent ensemble pour livrer le meilleur produit possible à temps et, si possible, à un coût inférieur au budget. Le résultat final est un destroyer moderne à missiles guidés de 950 millions de dollars US prêt à intégrer la marine américaine.

Surveillance de la construction

La technique de construction de la classe DDG-51 est similaire à celle des frégates canadiennes de patrouille — construction modulaire avec installation de l'équipement aux premières étapes. Comme pour le programme des FCP, le programme Aegis a recours à la préinstallation de l'équipement, car il permet de maximiser l'utilisation de la main-d'œuvre et de faciliter la maintenance à la séquence de l'assemblage. Là encore, dans un procédé qui rappelle la construction des FCP, les ensembles sont intégrés en grands blocs qui sont ensuite montés et assemblés. Une différence importante cependant: alors que les ensembles des FCP étaient descendus dans une cale sèche l'assemblage, les navires Aegis sont construits dans un berceau avec système de transfert au niveau de la rive qui permet de les transporter entièrement assemblés dans une cale sèche flottante pour le lancement et l'équipement final. Le berceau est porté par des wagonnets électriques à déplacement synchronisé sur des voies ferrées d'une verge d'écartement. Le transport au complet du navire dans la cale sèche prend de 12 à 16 heures.

La cale est mise en eau en un jour ou deux et le navire, qui est alors complété à 70 %, est baptisé à l'occasion d'une cérémonie traditionnelle. Les essais en mer ont lieu un an plus tard. L'installation de l'équipement continue, l'intégration des systèmes et les essais s'accroissent. Pendant ce temps, on procède à l'alignement du système de propulsion et on prépare les systèmes de soutien technique pour la mise en route initiale ou le lancement des moteurs. Les essais des systèmes de combat, en particulier ceux de l'Aegis, commencent environ six mois avant le premier essai en mer, à cause de la complexité des systèmes et des exigences de la certification. Après une série d'essais rigoureux en mer, le superviseur de construction navale accepte la livraison du navire pour la Marine et en transfère la charge au commandant. L'équipage qui a été entraîné aux opérations de bord, est examiné par un organisme indépendant, et certifié pour la mise en service barre en main.

Sur le quai

Après avoir complété la construction du *McFaul* en avril 1998, j'ai été promu officier de production de l'Aegis, ce qui faisait de moi le responsable de l'inspection de six destroyers en même temps à différentes

étapes de production. Cette nomination était en partie attribuable à la pénurie de personnel, mais en premier à mon expérience d'inspecteur. Le défi cette fois était de faire appel à mes connaissances acquises récemment pour diriger d'autres inspecteurs de navires et d'autres équipes de production pour la construction et la mise en service des coques.

Une journée de travail typique d'été commençait à 6 h 00. Après un trajet de 20 minutes en voiture de ma résidence d'Ocean Springs tout proche, j'arrivais à mon bureau mobile du chantier naval et commençais par lire les courriers et trier les programmes de travail de la journée. J'avais ensuite une brève rencontre avec les responsables de la production pour discuter des activités ou des questions importantes de la journée. J'avais ensuite une réunion de production avec l'entrepreneur et l'équipage du navire, et je faisais la tournée des aires de production pour surveiller l'avancement des travaux et régler les questions immédiates.

Après le repas, je me consacrais aux activités de liaison avec l'équipage, à l'examen des demandes de modification technique proposées, à la coordination des solutions techniques locales, à la négociation des modifications des contrats avec le personnel de l'entrepreneur, aux examens d'assurance de la qualité, et aux mises à jour hebdomadaires et trimestrielles de production pour la haute direction. Les jours au chantier naval étaient tous différents, et à cause du volume et de la diversité du travail, tout le personnel était activement engagé dans le processus de construction navale. Ma meilleure journée a été lors des derniers essais en mer du DDG-80 *Roosevelt*. Plusieurs sénateurs, membres du Congrès et amiraux étaient à bord, et l'excellent comportement du navire a permis de confirmer la qualité de notre travail. Nous en avons ressenti une immense satisfaction et une grande fierté.

Officiellement le travail prenait fin à 15 h, à cause de l'intensité de la chaleur, mais il était parfois nécessaire de faire des heures supplémentaires pour permettre de bien superviser des tâches pour la deuxième et la troisième équipes. Lorsque des systèmes complexes et de l'équipement perfec-



Par bien des aspects, le programme de construction du DDG-51 de la Marine américaine faisait penser au programme des frégates canadiennes de patrouille. La construction à plat et la préinstallation à grande échelle de l'équipement étaient à l'ordre du jour. (Photo de Robert Cole, courtoisie Ingalls Shipbuilding)

tionné sont en cause, rien n'est gagné d'avance. Et il ne fallait pas oublier les forces de la nature.

De juin à novembre, il y a la menace omniprésente des tornades. En septembre 1998, Pascagoula a dû subir Georges, un ouragan de catégorie deux qui a dévasté les Antilles et a frappé la côte Est du Golfe. Heureusement que l'alerte avait été donnée suffisamment à l'avance, ce qui avait permis d'organiser une évacuation réussie, et de réduire les dommages au voisinage et aux logements loués. La décision d'évacuer est toujours très subjective à cause de la difficulté de prédire les zones touchées. Dans ce cas cependant, la zone touchée pouvait être très vaste — de Lafayette (Louisiane) à Pensacola (Floride). Environ 500,000 personnes ont quitté la région dans les 24 heures et ma famille a eu la chance de trouver une chambre d'hôtel à Beaumont (Texas). À cause des inondations et des dommages importants causés aux infrastructures le long de la côte, nous sommes restés éloignés pendant cinq jours, et le chantier naval a été fermé deux semaines pour permettre de faire des réparations et un grand nettoyage.

La vie sur la côte du Golfe

Les échanges offraient une excellente occasion d'apprendre ce qui se

faisait dans une autre marine, d'acquiescer de l'expérience professionnelle, et de se plonger dans une atmosphère et une culture différentes. L'hospitalité du Sud n'est par une légende, et on s'habitue à la chaleur après un certain temps. Les étés sont très chauds, avec des maxima dans les trente-cinq degrés Celsius le jour et un taux d'humidité élevé. Les hivers sont beaucoup plus frais, avec quelques rares vagues de froid. Pour les amateurs de golf, les terrains sont ouverts toute l'année.

La vie sur la côte du Golfe est une expérience culturelle unique. Au cours des cinq dernières années, de nombreux casinos et centres de villégiature ont fait leur apparition au Mississippi, et sur la plage toute proche de Biloxi on trouve des spectacles et des restaurants de classe internationale. La Nouvelle-Orléans, qui se trouve à deux heures en voiture, est une destination idéale pour les sorties et les découvertes. La fête annuelle du Mardi Gras, les défilés et les célébrations font partie intégrante de la vie du Golfe, de Mobile (Alabama) jusqu'à la Louisiane. Plus loin vers l'Est, on trouve les belles plages d'Alabama et de la côte Ouest de la Floride, et les attractions de la région d'Orlando sont à dix heures de route.

La côte est aussi célèbre pour ses fruits de mer de toutes sortes: crevettes géantes, sébaste, requin, écrevisses, thon, barbue et autres. Pour les pêcheurs, la moitié du plaisir consiste à partir à la recherche de son dîner tout en surveillant le temps car les orages sont fréquents. Les amateurs de nature doivent aussi être sensibilisés aux risques que constituent les alligators, les serpents venimeux et les araignées. Tout cela fait partie de la richesse du paysage des États du sud et nous avons appris à être sur nos gardes lorsque nous sommes dans les bayous. Heureusement que nos rencontres avec les alligators et les mocassins d'eau ont eu lieu à une certaine distance.

La participation aux activités communautaires tient une place importante dans la politique de bon voisinage de la Marine américaine. Les occasions d'activités paraprofessionnelles étaient variées: œuvres de charité et levées de fonds pour la communauté, encadrement de louveteaux, entraînement d'équipes sportives mineures et organisation de visites pour les écoles et les groupes. Ces activités renforcent la communauté locale et le rôle de la Marine américaine dans la communauté. Toute ma famille s'est impliquée dans ces activités, ce qui a permis de nouer des liens d'amitié forts et nombreux.

Résumé

Je dois cette affectation de trois ans à mon gestionnaire de carrière. Comme j'avais de l'expérience dans les chantiers navals canadiens, en particulier celui de Saint-Jean, ce poste était en plein dans mes cordes et allait dans le sens des demandes annuelles que je faisais par le système de gestion des carrières. À la fin on m'a demandé de rester un an de plus comme officier de production. Cela a permis à la Marine américaine de capitaliser sur mon expérience au moment où nous complétions l'intégration de la conception du hangar pour deux hélicoptères et de la capacité du *Roosevelt* à traiter les hélicoptères, une autre tâche très exigeante mais gratifiante, qui a été un test pour nous tous.

Sur le plan professionnel, le travail de superviseur de construction navale de la Marine américaine au chantier de Northrop Grumman Ingalls, à Pascagoula (Mississippi), fut un défi extrêmement positif. L'équipe de l'entrepreneur gouvernemental à laquelle



Cet échange offrait une excellente occasion d'apprendre ce qui se faisait dans une autre marine. L'équipe de civils et militaires du SUPSHIP, au chantier naval de Ingalls Shipbuilding, à Pascagoula (Mississippi), était un groupe de professionnels dévoués, et ce fut un honneur pour moi d'en être membre à part entière. À ma gauche : le Capc Mark Vandroff, le Capf Steve Metz, tous deux de la Marine américaine ; Pete Christman; M1 Richard Collins, de la Marine américaine; Robert Cole; les pm1 John Mitchell et Jeffrey Young, de la Marine américaine; Cathy Turner; le pm1 supérieur (retraité) Nathan Hale; et Buddy Arnold. (Photo courtoisie Ingalls Shipbuilding)

je me trouvais associé était un groupe d'individus dévoués qui travaillaient dur pour produire les plus beaux navires de guerre du monde. Ayant eu le privilège de faire partie de ce milieu comme membre à part entière de l'équipe fut plus que ce que j'avais espéré du programme d'échange. À cela s'ajoutaient l'enchantement de la côte du Golfe et la population extraordinaire du Mississippi. Je dois dire en toute honnêteté que je me rendais au travail chaque avec plaisir et que j'ai vécu une expérience qui a laissé des souvenirs indélébiles. Si vous recevez un coup de téléphone de vos supérieurs, je suis persuadé qu'un voyage professionnel dans le Sud ne manquera pas de vous plaire.

Remerciements

L'auteur souhaite remercier les nombreuses personnes dont l'aide et l'expérience ont été précieuses, ainsi que les personnel de l'équipe des essais de l'Aegis et ceux des bureaux du quai, qui ont contribué directement ou indirectement à la rédaction de cet article. Plus spécialement, le capitaine Harry Rucker, le capitaine de frégate Steve Metz, le capitaine de frégate (retraité) Kurt Oberhoffer, le capitaine de frégate John

Day, les capitaines de corvette Mike Smith et Vandroff, tous de la Marine américaine; ainsi que MM. Pete Christman et Steve Baxter; le premier maître de première classe supérieur (retraité) Nathan Hale; et le premier maître de première classe (retraité) John Mitchell.



Le capf Catsburg est l'Administrateur de l'Établissement de maintenance de la Flotte Cape Scott, à Halifax.

Coin de l'environnement

Une installation de traitement des déchets innovatrice, qui protège l'environnement — et économise de l'argent

Texte : Gordon Hardy

La question est donc : Comment transformer un atelier de galvanoplastie industriel qui rejette des tonnes d'eau usée dégoûtante en une installation modèle de gérance de l'environnement — tout en économisant des tas d'argent?

C'est exactement ce que voulait faire la Section du génie industriel de l'Établissement de maintenance de la Flotte Cape Breton (EMFCB) lorsqu'elle a conçu et construit l'installation de traitement des déchets qui devait traiter les eaux usées de son atelier de galvanoplastie du chantier maritime d'Esquimalt. L'atelier fait de la galvanoplastie, ainsi que du nettoyage chimique et à la vapeur; tous ces procédés produisent des déchets dangereux qui nécessitent un traitement ou une élimination coûteuse par un transporteur de déchets enregistré (de l'ordre de 2 à 3 millions de dollars par année).

En 1992, l'EMECB a commandé une étude environnementale de base pour avoir une bonne idée de l'importance du problème auquel il serait confronté pour traiter les divers flux de déchets de façon plus économique à l'interne. Le défi était de taille, il va sans dire, mais les problèmes n'étaient pas insurmontables. Il nous fallait seulement faire attention lors de la conception de notre installation de traitement.

En fin de compte, il fallait simplement que cette installation respecte toutes les lois et tous les règlements environnementaux fédéraux, provinciaux et municipaux durant les 20 ans de vie des divers équipements... et à un coût abordable. Le procédé devrait donc être fondé sur un concept éprouvé et être suffisamment robuste pour traiter une quantité considérable mais variable de substances chimiques. En outre, étant donné que l'atelier ne pouvait pas se dé-



Figure 1. L'installation de traitement des déchets de l'atelier de galvanoplastie au chantier de l'Établissement de maintien de la Flotte Cape Breton.

partir de beaucoup d'heures-personnes, le procédé devait être automatisé!

C'était déjà toute une commande en soi, et il restait une autre grande exigence. En raison du danger extrême pour la santé, le procédé de traitement des déchets devait faire en sorte que les cyanures ne se mélangent jamais avec d'autres flux de déchets. Mélangé à de l'acide, le cyanure produit un gaz de cyanure d'hydrogène mortel, ce qu'il fallait absolument éviter.

Quatre des cinq flux d'eau usée sortant de l'atelier de galvanoplastie présentaient un défi différent en matière de traitement. La principale source d'eau usée est l'eau de rinçage. Pour plaquer et préparer la surface d'une pièce de métal, celle-ci est habituellement plongée dans des bains d'acides et de solutions concentrées, et rincée entre chaque bain dans des cuves d'eau de rinçage à écoulement

continu pour éviter la contamination croisée. Le flux d'eau de rinçage usée contient donc des solutions concentrées qui dégouttent des pièces après chaque trempage. Le défi réside dans le grand volume d'eau usée et dans la forte concentration de métaux.

Le deuxième flux d'eau usée est l'eau de rinçage du cyanure, particulièrement dangereuse, qui doit être gardée séparée de tous les autres acides, comme on l'a déjà fait remarquer.

Un troisième flux d'eau usée est constitué des bains d'acides et d'alcalis épuisés qui sont vidés tous les six mois. Concentré et de pH varié, ce flux de déchets présente un défi unique en matière de traitement.

(suite à la page 20)

Les chiffres en disent long :

Substance	Limite réglementaire la plus stricte (ppm)	Influent (ppm) (Moyenne pondérée)	Effluent ppm	Facteur de sécurité [Limite (ppm) divisée par l'effluent (ppm)]
Métaux				
Aluminium	2	21	0,02	100
Baryum	2,5	1,3	0,001	1875
Bore	15	0,4	0,021	722
Cadmium	0,1	31	5x10 ⁻⁴	214
Calcium	n.p.	92	1,50	s.o.
Chrome	1	779	0,014	71
Chrome hex.	0,2	121	0,036	6
Cobalt	0,3	0,36	4x10 ⁻⁴	675
Cuivre	0,3	57	0,043	7
Fer	50	320	0,039	1275
Plomb	0,3	13	0,002	135
Magnésium	n.p.	17	0,3	s.o.
Manganèse	1	3	0,002	443
Mercure	0,01	n.p.	7x10 ⁻⁵	150
Molybdène	1	1,2	0,002	450
Nickel	1	6,9	0,002	429
Phosphore	n.p.	69	0,042	s.o.
Potassium	n.p.	9,6	0,089	s.o.
Silicium	n.p.	22,6	0,467	s.o.
Sodium	n.p.	160	0,91	s.o.
Strontium	n.p.	0,76	0,006	s.o.
Soufre	n.p.	84	0,39	s.o.
Étain	1	0,29	0,007	138
Titane	n.p.	0,56	4x10 ⁻⁴	s.o.
Vanadium	n.p.	0,44	9x10 ⁻⁴	s.o.
Zinc	0,5	91	0,009	53
Hydrocarbures				
Huiles et graisses totales	15		1,03	15
Huiles et graisses minérales	n.p.	77	0,78	s.o.
Hydrocarbures aromatiques polycycliques totaux	0,05	n.p.	2x10 ⁻⁴	s.o.
Benzène	0,1	n.p.	0,002	56
Ethylbenzène	0,2	n.p.	3x10 ⁻⁴	635
Toluène	0,2	n.p.	0,004	49
Other				
pH	6 - 9,5	0,5 - 14	7,7	s.o.
Matières en suspension totales	30	459	5,6	5
Matières dissoutes totales	n.p.	2123	n.p.	s.o.
Demande biochimique en oxygène	500	657	38,4	13
Demande chimique en oxygène	1000	n.p.	28	36
Cyanure	0,2	4,2	0,01	21
Chlore total	1500	238	2,71	553
Sulfate	n.p.	67	0,85	s.o.

Limites permises par les règlements municipaux sur les réseaux d'égout, le *Special Waste Regulation* de la *Waste Management Act* de la Colombie-Britannique, et les « Lignes directrices concernant le contrôle des effluents de traitement de surface » de la *Loi sur les pêches* (n.p. – non précisé). Les résultats des essais sur les influents et les effluents sont extraits d'études faites par le Northwest Environmental Group Ltd., Zenon Environmental Inc., et ENKON Environmental Inc. (s.o. – sans objet)

Figure 2. Une brève comparaison du contenu chimique de l'influent et de l'effluent des eaux usées montre clairement l'efficacité de l'installation de traitement des déchets, notamment en comparaison avec les limites réglementaires les plus strictes.

Le quatrième flux de déchets provient des opérations de nettoyage à la vapeur et de décapage de la peinture. Les pièces peintes, huileuses et graisseuses sont arrosées d'eau chaude à grande pression, traitées chimiquement au besoin, et encore une fois arrosées avec de l'eau chaude. Les eaux usées ainsi produites contiennent de la poussière, des éclats de peinture, de l'huile émulsionnée et des décapants pour peinture.

Le cinquième flux de déchets est produit par un dépoussiéreur qui retire les contaminants dangereux de l'air ventilé des cuves de chromage. Il ne nécessite cependant pas de traitement à l'atelier étant donné qu'il respecte les règlements actuels sur les réseaux d'égout.

Graduellement, la conception de l'installation de traitement des déchets a commencé à prendre corps. Les principaux équipements ont été achetés et, en 1997, West Bay Mechanical and JCR Construction a commencé les travaux sur l'installation de traitement des déchets évaluée à 1,3 millions de dollars. L'installation a été mise en marche à peine un an plus tard, en mai 1998.

Manipulation du flux de déchets

Eau de rinçage usée

Tout ce qui tombe sur le plancher de l'atelier est drainé dans un de deux réservoirs de stockage souterrains (figure 2). Toutes les eaux de rinçage non cyanurées sont déversées sur le plancher et s'écoulent dans le réservoir T-1, qui contient environ l'équivalent d'une journée et demie d'écoulement, afin que l'installation de galvanoplastie puisse continuer ses opérations en cas d'une importante panne de l'équipement de traitement des déchets. En situation normale, les cuves de rétention et les réservoirs de stockage souterrains ont une capacité suffisante pour permettre les opérations de nettoyage et de placage pendant huit jours.

Notre première étape a consisté à réduire l'écoulement global d'eau de rinçage. En vidant les réservoirs toutes les semaines plutôt que de les laisser s'écouler continuellement, le débit d'eau de rinçage a été réduit à de 44 000 à 3 100 litres par jour.

Pour commencer le procédé de traitement des déchets, l'eau de rinçage usée est déversée dans une cuve de rétention (T-13) et envoyée, en lots, dans un évaporateur sous vide pour éliminer la

composante « eau ». Cependant, avant même que l'eau de rinçage n'atteigne l'évaporateur sous vide, le flux est à peu près neutralisé grâce à l'ajout d'acide sulfurique ou d'hydroxyde de sodium. Chimiquement, le radical hydroxyde (OH⁻) se fixe aux ions métalliques, produisant un précipité d'hydroxyde métallique. Afin d'obtenir une précipitation maximum de tous les hydroxydes métalliques présents, le neutraliseur de pH automatique à deux étapes (figure 3) est réglé de façon à ce que le potentiel d'hydrogène (pH) de la solution après évaporation soit légèrement alcalin, à pH 9. (Sur l'échelle de 0-14 acide-à-alcalin, un pH de sept indique que la substance est neutre.) Le neutraliseur a une redondance intégrée pour faire en sorte que l'on obtienne toujours ce pH de la solution.

L'évaporateur sous vide (figure 4) réduit le volume d'eau de rinçage d'un facteur d'environ 40. L'eau évaporée est condensée, pompée à travers d'un filtre au charbon actif pour en éliminer les composés volatils, stockée dans un réservoir (T-9), et repompée dans l'atelier pour être réutilisée comme eau non potable. Pour ré-



Figure 3. Neutraliseur de pH

duire la possibilité de croissance algale, le réservoir ne stocke qu'environ une demi-journée de production. L'excédent est évacué dans les égouts sanitaires.

Lorsque l'évaporateur sous vide extrait l'eau, la concentration de la solution restante augmente d'un facteur de 40, ce qui précipite une plus grande quantité d'hydroxydes métalliques. Ce concentré est déversé dans une citerne à boues conique (T-8) et, ensuite, pompé dans un filtre presse (figure 5) pour en réduire le volume de moitié. Chaque semaine, le tourteau est gratté de la presse et récupéré dans une trémie placée en dessous. Le liquide est renvoyé dans la cuve de rétention. Le volume du tourteau (visible sur la photo) est lui-même réduit au tiers dans un sécheur de boues (figure 6),



Figure 4. Évaporateur sous vide

après quoi le tourteau séché est pelleté dans des barils en vue de son élimination comme déchet dangereux par un transporteur commercial.

Dans l'ensemble, l'installation réduit le volume d'eau de rinçage de 3 100 litres par jour à 20 litres par jour, ce qui réduit considérablement les coûts d'élimination des déchets.

Eau de rinçage usée cyanurée

On a choisi un oxydeur de cyanure (figure 7) pour retraiter le cyanure, plutôt que la méthode classique consistant à changer le pH et à ajouter des produits chimiques dans le cadre d'un procédé à étapes multiples. On a trouvé que l'oxydeur constituait un système plus fiable, plus simple, plus rentable et nécessitant moins de main-d'œuvre. Étant donné qu'il est interdit de mélanger le cyanure avec d'autres produits chimiques, on utilise un second réservoir de stockage souterrain (T-2) pour recueillir et stocker l'équivalent d'environ trois semaines d'eau de rinçage usée cyanurée. Un opérateur active manuellement une pompe pour transférer 1 000 litres dans l'oxydeur. L'oxydeur fait circuler de l'ozone (produit à partir de l'air) dans la solution pour oxyder le cyanure (CN) et en faire du dioxyde de carbone (CO₂) et des oxydes d'azote (NO_x) relativement inoffensifs. Après quelques jours, l'opérateur analyse la concentration de cyanures de la solution; lorsque la chose ne présente aucun risque, il envoie le lot dans la cuve de rétention hors-sol (T-13) pour traitement avec le flux d'eau de rinçage usée normal.

Eau usées acides et alcalines

Tous les trois mois, les solutions acides et alcalines épuisées sont déversées dans le réservoir T-12, où elles sont à peu près neutralisées par



Figure 5. Filtre presse



Figure 6. Sécheur de boues

mélange avec une quantité d'hydroxyde de sodium. Elles suivent le même traitement que les eaux de rinçage, mais séparément. Dans ce cas, l'évaporateur sous vide ne réduit le volume que de moitié.

Eau usée du nettoyage à la vapeur

Les opérations de nettoyage à la vapeur produisent une eau usée huileuse émulsionnée qui nécessite un prétraitement. Avant, on utilisait un intercepteur de graisse et des crèpines pour retirer la poussière, les éclats de peinture et certains hydrocarbures, mais l'huile émulsionnée de la solution encrassait les capteurs de pH et obturait le filtre presse. Par conséquent, en avril 2000, on a introduit un préfiltre spécial de bentonite argileuse pour retirer même l'huile émulsionnée. Le filtre ajoute automatiquement de la poudre d'argile pour absorber l'huile; on utilise ensuite un filtre

autonettoyant pour retirer l'argile. Le système réduit la concentration d'huile et de graisse de ce flux de déchets de 270 ppm à 3 ppm, pour ensuite l'ajouter au flux d'eau de rinçage normal pour traitement.

Eau usée du dépoussiéreur

Le dépoussiéreur fonctionne 24 heures par jour. Étant donné qu'elle respecte les règlements actuels en matière de réseau d'égout, l'eau usée du dépoussiéreur est rejetée dans les égouts sanitaires et le personnel de l'entrepreneur en vérifie les concentrations de contaminants une fois par mois. Si jamais l'eau devient un problème, on peut actionner un robinet pour la dériver dans l'installation de traitement des déchets, où elle subira le même sort que l'eau de rinçage.

On peut actionner un robinet pour la dériver dans l'installation de traitement des déchets, où elle subira le même sort que l'eau de rinçage.

L'installation de traitement des déchets

L'équipement et les réservoirs dans l'installation de traitement des déchets sont montés dans un bassin



Figure 7. Oxydeur de cyanure

Coin de l'environnement

de confinement des déversements d'une capacité suffisante pour recevoir le contenu du plus gros réservoir plus 10 pour cent. L'équipement est monté sur le pourtour du bassin de confinement, et plus haut que celui-ci, pour permettre le traitement, même si la zone de confinement est inondée. L'équipement de traitement du cyanure a une zone de confinement séparée.

Il y a une ventilation spéciale là où les acides et les alcalis se mélangent, et là où se trouve l'oxydeur de cyanure afin d'éliminer tout l'ozone qui pourrait s'échapper. Le système de ventilation ordinaire rejette l'air à l'extérieur de sorte que les travailleurs qui grattent le filtre presse et pelletent le tourteau dans des trémies reçoivent de l'air frais.

Toute l'installation est contrôlée par une commande numérique directe (CND), précisée après avoir fait une analyse des défaillances de tous les capteurs, pièces d'équipement et réservoirs. Elle est conçue pour assurer un fonctionnement sécuritaire lorsque l'installation est laissée sans surveillance durant une longue fin de semaine. La CND fait la lecture des capteurs, contrôle les pompes et l'équipement, déclenche les alarmes et

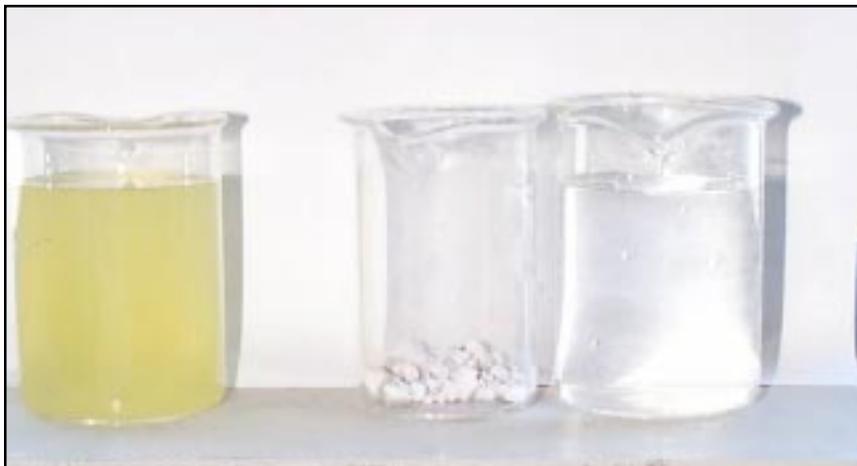


Figure 8. Influent et effluent

ferme automatiquement les zones qui présentent un problème. Il ne faut que 10 heures-personnes par semaine pour faire fonctionner et entretenir l'installation.

S'il y a une panne, un voyant sur le panneau indique où se trouve le problème, et un niveau d'alarme approprié est activé. Par exemple, si le pH du réservoir d'eau finale (T-9) dépasse un niveau pré-établi, deux choses se produisent : d'abord, le neutraliseur de pH et l'évaporateur sous vide sont fermés (ce qui permet

d'arrêter la production d'eau); ensuite, un voyant jaune DEL (diode électroluminescente) s'allume sur l'organigramme du procédé, informant l'opérateur de l'endroit en cause. La CND fait également fonction de système d'alarme pour tout l'atelier. S'il y a un déversement, le liquide se déverse dans les réservoirs souterrains qui font fonction de zone de confinement secondaire. En cas de trop-plein, l'approvisionnement en eau du bâtiment se ferme automatiquement. Si le déversement continue, ou si on détecte

		Alternatives	
		Envoyé à l'extérieur comme déchet dangereux	Installation de traitement des déchets
Coûts			
Mise de fonds	équipement et bâtiment	0 \$	1 315 000 \$
Coûts annuels	main-d'oeuvre	0 \$	30 000 \$
	élimination des déchets*	2 340 563 \$	20 203 \$
	matières consommables*	0 \$	3 796 \$
	électricité*	0 \$	213 881 \$
	dépréciation et réparation équip.	0 \$	40 000 \$
Coûts d'opération annuels		2 340 563 \$	307 880 \$
	• Coûts durant la première année (mise de fonds plus coûts annuels)	2 340 563 \$	1 622 880 \$
	• Coûts annuels après la première année	2 340 563 \$	307 880 \$
Économies (installation de traitement des déchets vs. disposition comme déchet dangereux)			
	• Première année (2 340 563 \$ - 1 622 880 \$)		717 683 \$
	• Années suivantes (2 340 563 \$ - 307 880 \$)		2 032 683 \$
* Les calculs sont basés sur le fonctionnement de l'installation de traitement des déchets à la capacité actuelle de 50 % et sur un coût d'expédition des déchets dangereux de 2,25 \$ par litre.			

Figure 9. Sommaire des coûts-avantages*

une panne d'équipement, la CND déclenche des alarmes sonores et visuelles dans l'installation, dans le bureau de l'atelier et, au besoin, dans la caserne de pompiers voisine.

Rendement

Les résultats de juin 2000 indiquent que l'effluent est inférieur à la réglementation la plus stricte d'un facteur d'au moins cinq pour toutes les substances. La figure 8 montre l'influent et l'effluent réels. La figure 1 résume le rendement chimique de l'installation au cours des deux années de fonctionnement. L'effluent est suffisamment propre pour que l'eau soit réutilisée par l'atelier de galvanoplastie, comme le montre le diagramme de la figure 2. Nous avons trouvé que certains métaux, comme le chrome hexavalent, ne précipitent pas aussi bien que les autres hydroxydes métalliques, et s'accumulent dans la cuve de rétention. À l'heure actuelle, environ 2 500 litres de liquide concentré sont envoyés à l'extérieur chaque année comme déchets dangereux.

Dans l'ensemble, l'installation réduit le volume d'eau usée d'un facteur de 120, ce qui permet de réduire considérablement les coûts d'élimination. La figure 9 compare le coût de construction et d'exploitation de l'installation fonctionnant à sa capacité actuelle de 50 pour cent, avec le coût de l'expédition des flux de déchets comme déchets dangereux. Elle montre que le coût d'exploitation annuel de l'installation, y compris la main-d'oeuvre, l'électricité et même la dépréciation de l'équipement, représente une économie de plus de 2 millions de dollars par rapport à

l'autre solution, soit un rendement annuel de 155 pour cent sur l'investissement initial de 1,3 million de dollars.

Cette installation de traitement des déchets, équipée d'un évaporateur sous vide, a été conçue et construite pour traiter une grande variété de déchets provenant de l'atelier de galvanoplastie de l'Établissement de maintenance de la Flotte Cape Breton (EMFCB) à Esquimalt. Après deux ans de fonctionnement, les mesures indiquent que la concentration de substances dans l'effluent est cinq fois inférieure aux valeurs prescrites par la réglementation la plus stricte. De plus, les registres montrent que l'installation a permis d'économiser plus de 2 millions de dollars annuellement sur l'investissement initial de 1,3 million de dollars, grâce à une réduction des coûts d'élimination.

Références

1. Davis, ML and DA Cornwell, "Introduction to Environmental Engineering," 2nd ed., McGraw Hill, Toronto, 1991, p. 682.
2. Oily water separator test results, Northwest Environmental group Ltd., 10 mai 2000.
3. "Optimization Study for CFB Esquimalt Ship Repair Unit Pacific", Zenon Environmental Inc., 23 mars 1995.
4. Victoria Capital Regional District, règlement municipal no 2231, 1996.
5. « Special Waste Regulation » Waste Management Act, Province de la Colombie-Britannique, règlement 63/88, 1988.
6. « Lignes directrices concernant le contrôle des effluents de traitement, code de bon ordre et bon entretien relatif à l'industrie de finissage des métaux », Loi sur les pêches, Gouvernement du Canada, novembre 1977.
7. Résultats des analyses du dépoussiéreur, ENKON Environmental Ltd., 17 août 1999.



Gordon Hardy est l'agent de développement de la Section du génie industriel de l'Établissement de maintenance de la Flotte Cape Breton (EMFCB) à Esquimalt.

La collectivité du Génie de la côte est rend hommage à son meilleur étudiant

Le commandant des Forces maritimes de l'Atlantique, le Cam Bruce MacLean, a rendu hommage à l'ens 1 Mark Keneford, au cours d'une cérémonie qui a eu lieu au Centre de guerre navale des FC, à Halifax, après l'assemblée publique de la collectivité du Génie maritime, le 30 novembre 2001. Cinq mois auparavant, l'ens 1 Keneford a reçu la Médaille académique du Gouverneur général, dans le cadre d'une cérémonie de remise des diplômes au collège communautaire de la Nouvelle-Écosse (NSCC).

Instituée en 1873 par le Gouverneur général de l'époque, le comte de Dufferin, la médaille souligne la réussite scolaire et est décernée, de nos jours, à

l'étudiant(e) qui obtient la plus haute note parmi tous les étudiants du collège. En effet, l'ens 1 Keneford a obtenu une moyenne générale de 98 % pour l'ensemble des deux années où il a fréquenté le NSCC en étant inscrit au programme de technologie en génie mécanique.

L'ens 1 Keneford a été commissionné du rang en 1999 et il suit actuellement l'instruction pour devenir officier du génie des systèmes de marine, à bord du NCSM *Toronto*.



Le cam MacLean et l'ens 1 Mark Keneford

Félicitations Mark! — Le Itv Dave Benoit 🍀

Les Régates Steiner 2001



Le capv Mike Booth, de la MR, à gauche, (Conseiller, Marine et Force aérienne, du haut-commissariat de G-B, à Ottawa), remet le trophée des Régates Steiner 2001 au capf Eric Bramwell (AP – Capacité de soutien logistique en mer et de transport maritime). Des familles de marins de la région d'Ottawa ont profité d'une journée agréable mettant en vedette des régates entre la MRC et la MR, au Britannia Yacht Club, en juillet dernier. Des Cadets de la MRC ont coordonné les activités sur la rivière des Outaouais. (Photo par CE Camie)

Une fois de plus, les Régates Steiner annuelles entre la marine canadienne et la Marine royale organisées l'été dernier, ont attiré un certain nombre de familles de marins de la région d'Ottawa dans le cadre d'une agréable journée ponctuée de régates et d'activités sociales. Environ 50 personnes ont profité des événe-

ments de la journée au Britannia Yacht Club, sur les rives de la rivière des Outaouais.

Cette compétition annuelle de course de bateaux entre les familles des marins canadiens et celles de leurs homologues de la Marine royale a vu le jour à Ottawa en 1962, date à laquelle le capv O. St. J. Steiner, de la Marine royale, alors Conseiller (Marine et Force aérienne) auprès du haut-commissariat de Grande-Bretagne, a créé l'événement en vue de resserrer les liens qui existaient entre la marine canadienne et la Marine royale. En 1986, la compétition a été élargie par l'introduction de la régate de bale-

nières pour le trophée Manfield, opposant des officiers en activité de service de la marine canadienne à des membres de l'Association des officiers de la marine du Canada. En 1990, le cam Steiner (à la retraite), de la Marine royale, a souligné l'aspect familial des régates en remettant un trophée Steiner Mark II en guise de

récompense pour les activités s'adressant aux enfants. De nos jours, les régates sont organisées par le Mess des officiers du NCSM *Bytown* (Marine).

Au cours des régates de l'année dernière, le Canada a remporté le trophée Steiner ainsi que le trophée Steiner Mk II (enfants). De plus, l'événement a permis de recueillir 200 \$ destinés à l'oeuvre de bienfaisance pour enfants *la Société du timbre de Pâques*. — Le capc Patrick Carnie, RCNC, DSN 2-2 (officier stagiaire du RU) 🍀

RNEC Manadon site Web

www.rnecmanadon.com

Appel à tous les anciens étudiants du RNEC Manadon. Allez visiter ce superbe site Web qui renferme des renseignements au sujet de ceux qui, de partout dans le monde, ont servi à Manadon. Pouvez-vous supporter de regarder les photographies actuelles de ce qu'il en reste? Allez consulter ce site très élaboré, et vous serez agréablement surpris. — Le capv Mike Booth, Marine royale, Conseiller (Marine et Force aérienne) auprès du haut-commissariat de Grande-Bretagne, en visitant le site Web suivant : <http://www.britain-in-canada.org>



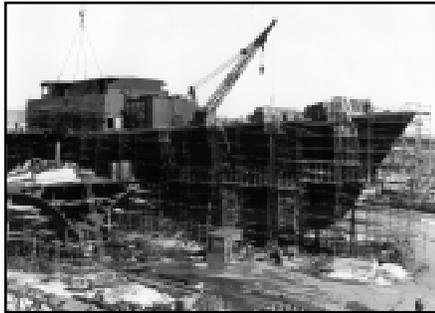


Nouvelles

L'ASSOCIATION DE L'HISTOIRE TECHNIQUE DE LA MARINE CANADIENNE

Un nouveau groupe se penchera sur l'histoire industrielle de la marine

Dans ce numéro :



Le défi de la conception des DDH-280 2

Nouvelles de l'AHTMC Établie en 1997

Président de l'AHTMC
Cam (retraité) M.T. Saker

Secrétaire
Gabrielle Nishiguchi

Liaison à la Direction — Histoire et patrimoine
Michael Whitby

Liaison à la DGGPEM
Le capv David Hurl

Liaison à la Revue du Génie maritime
Brian McCullough

Services de rédaction et production du bulletin, mise en page et conception
Brightstar Communications,
Kanata (Ont.)

Nouvelles de l'AHTMC est le bulletin non officiel de l'Association de l'histoire technique de la marine canadienne. Prière d'adresser tout correspondance à l'attention de M Michael Whitby, chef de l'équipe navale, à la Direction histoire et patrimoine, QGDN, 101 Ch. Colonel By, Ottawa, ON K1A 0K2. Tél. : (613) 998-7045; Télécopieur : (613) 990-8579. Les vues exprimées dans ce bulletin sont celles des auteurs et ne reflètent pas nécessairement le point de vue officiel ou les politiques du MDN.

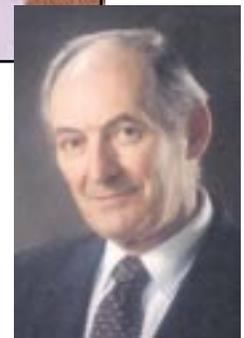
À la fin du mois de novembre, un groupe d'environ 20 personnes s'est réuni au centre-ville d'Ottawa dans le cadre d'une rencontre spéciale de l'Association canadienne de l'histoire technique de la marine (CNTHA). En plus de nos membres habituels, une demi-douzaine de nouveaux participants se sont joints à nous à la demande de Rolfe Monteith afin de discuter du défi que représentait la décision de raconter l'histoire de l'aspect industriel de notre héritage technique naval. Comme bon nombre d'entre vous le savez, Rolfe est l'un des pères fondateurs de notre association, mais il représente à mes yeux notre "conscience." Lorsque Rolfe téléphone de quelque part en Angleterre et qu'il demande – "Comment ça va ?" – les choses ont tendance à bouger ! Cette rencontre était le résultat d'un tel appel.

Bien qu'il soit encore tôt, un noyau de personnes intéressées a commencé à établir les bases de ce qui pourrait permettre de préserver l'histoire de l'industrie navale du Canada. Je suis très heureux de prendre connaissance de cette initiative. Toute personne intéressée à obtenir des renseignements à ce sujet ou à participer au projet est invitée à communiquer avec Jim Williams à jarowill@sympatico.ca. On retrouve aussi au nombre des participants : Don Jones (chef de groupe), Doug Hearnshaw, Colin Brown, Gord Moyer et Brian McNally.

Hélas, un autre de nos membres fondateurs, Phil Munro, a annoncé qu'il quitterait la direction de la CNTHA. Au fil des ans, Phil a accompli un travail remarquable en as-



Rolfe Monteith



Phil Munro

surant la gestion de notre collection toujours croissante de documents. Au nom de l'association, je tiens à remercier Phil de ses services et de la direction qu'il a su donner au projet. Nous espérons qu'il pourra continuer à participer à nos rencontres.

Si quelqu'un est intéressé à reprendre le flambeau et à s'occuper de l'examen et du catalogage des contributions documentaires faites au CNTHA avant qu'elles ne soient envoyées au Directeur – Histoire et patrimoine, communiquez avec moi à michael.saker@gpcinternational.com



Mike Saker
Président CNTHA

Le défi de la conception des DDH-280

Texte : le capf Tony Cond



DDH-280



DDH-281



DDH-282



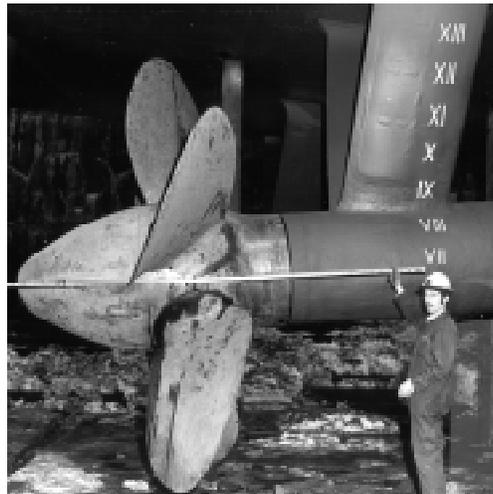
DDH-283

En 1970, le gouvernement donnait à l'industrie de la construction navale canadienne, qui n'était pas très florissante, un petit coup de pouce dont elle avait bien besoin : un contrat pour la conception et la construction de quatre navires de guerre. La concurrence était féroce car les contrats étaient rares.

Ces navires de guerre de nouvelle génération devaient tirer part des importantes innovations envisagées pour les destroyers d'escorte de la classe *St. Laurent*. Ils devaient être propulsés par des turbines à gaz et incorporer un système d'affichage d'informations numériques intégré et automatique pour le commandement et le contrôle. Afin de réduire l'équipage, d'améliorer l'habitabilité et d'avoir plus d'espace pour l'équipement, la Marine avait décidé d'introduire aussi la régulation automatique de la combustion et des machines. Le Canada était sur le point de redéfinir les règles de l'art, et les quatre navires de la classe DDH-280, l'*Iroquois*, le *Huron*, l'*Athabaskan* et l'*Algonquin*, ces « sœurs de l'ère spatiale » allaient vite devenir les joyaux de la flotte canadienne de guerre.

Le développement de la classe DDH-280 a été un grand tournant pour la Marine comme pour l'industrie. L'expérience acquise antérieurement dans le domaine de la sidérurgie, de la

technologie des turbines à gaz et des techniques anti-sous-marines spécialisées fut utilisée au maximum. La Marine canadienne avait besoin d'un navire silencieux qui puisse entreprendre des opérations de grande envergure contre des menaces de surface, sous-marines et aériennes très diverses dans tous les états de mer possibles. De toute évidence, la vieille classe *St. Laurent* (DDH-205) ne pouvait faire l'affaire,

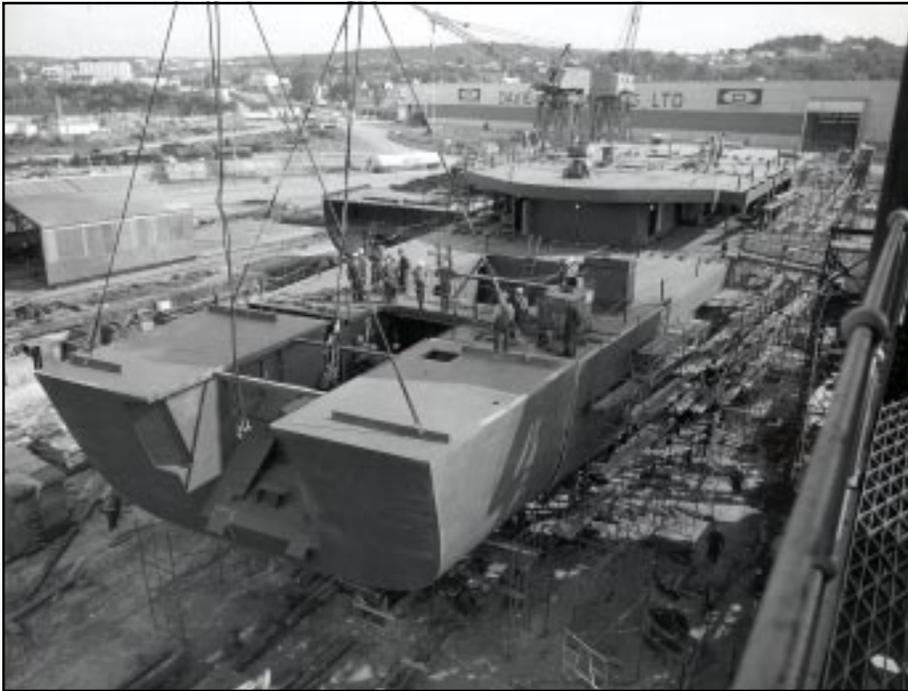


Des ingénieurs navals ont développé une solution innovatrice pour les problèmes inhérents à des hélices à pales manoeuvrables des DDH-280. (L'hélice d'Athabaskan est montrée ici). (Photo courtoisie Davie Shipbuilding Ltée)

pas plus que le petit hydroptère *Bras d'Or* (FHE-400). À cause d'un cahier des charges extrêmement exigeant, la Marine canadienne est devenue la première en Occident à mettre en service un navire exclusivement propulsé par turbines à gaz. Pour une marine de taille plutôt modeste, il s'agissait d'un changement important, avec des consé-

quences au niveau du personnel, des services de soutien et des fournisseurs industriels pour de nombreuses années.

L'expérience de l'intégration du système de commandement et de contrôle sur le *Bras d'Or* avait permis au MDN de développer avec succès le système CCS-280 pour la nouvelle classe de navire. Lorsqu'il fut mis en service au début des années 70, le CCS-280 était le meilleur système intégré de commandement et de contrôle existant pour la taille d'un destroyer. Il combinait les données radar, l'information sonar, les relèvements de guerre électronique choisis par l'opérateur, les calques et les codes alphanumériques sur un



Travail H-670 (NCSM *Athabaskan*) en construction à la Davie Shipbuilding Ltée, Lauzon (Québec) en juillet 1970. (Photo courtoisie Davie Shipbuilding Ltée)

même affichage qui permettait de contrôler le système d'armes. Avec le CCS-280, un seul opérateur pouvait détecter, poursuivre, identifier et au besoin engager le contact avec le canon de 5 po ou le système de missile Sea Sparrow. Cela représentait une capacité énorme.

La grande réduction du niveau sonore fut un paramètre de conception très délicat. Pour améliorer la capacité de détection du sonar et empêcher les sous-marins ennemis de détecter la présence du navire, il fallait réduire au minimum absolu les bruits transmis par l'air et par la coque. Des paramètres de bruits et de vibrations très sévères furent appliqués à toutes les étapes de développement du navire, ce qui était une nouveauté.

Les engrenages constituaient l'une des principales sources des bruits transmis par la coque. Avec le choix de la propulsion combinée turbine à gaz ou turbine à gaz (COGOG), il fallait un embrayage et un réducteur relativement complexes. Comme le Canada ne possédait plus la technologie dans ce domaine, on mit la pression sur les fournisseurs étrangers dans l'appel d'offres pour imposer de bas niveaux de bruits et de vibrations, chose qui n'avait jamais été demandée auparavant.

Après des évaluations rigoureuses la Marine choisit le réducteur qui était conforme aux paramètres qu'elle avait imposés. Pour abaisser encore le niveau sonore, elle exigea que tout le système de propulsion soit monté sur radier avec supports souples, une autre nouveauté à l'époque.

Cette approche complexe présentait un certain nombre de défis intéressants. À cause d'un couple très élevé à basse vitesse, les supports devaient être groupés pour équilibrer la puissance. Il fallut donc élaborer des techniques pour aligner la machinerie de propulsion pendant l'installation, et tenir compte de facteurs tels que le changement de température, et les techniques de construction et de lancement. Les ingénieurs de la Marine et les chantiers navals collaborèrent pour développer des techniques novatrices, et le silence et l'alignement furent un succès.

Comme la propulsion COGOG exigeait des arbres en rotation permanente, les ingénieurs prescrivirent des hélices à pales manoeuvrables pour produire la puissance nominale sur l'arbre la plus élevée du monde à l'époque. Il y eut cependant une contrepartie. En plus des bruits et de la cavitation, ces hélices

(suite à la page 4)

Caractéristiques techniques: Classe DDH-280

Déplacement : 4 200 tonnes

Longueur hors tout : 130 metres

Barrot : 15.2 metres

Tirant d'eau : 4.4 metres

Avions :

- 2 hélicoptères Sea King CHSS-2 A/S

Armes :

- 2 lance-missiles quad Sea Sparrow
- 1 canon simple 5"54 Oto-Melara
- 1 mortier triple Mk 10 Limbo A/S
- 2 tubes triples Mk 32 pour des torpilles autodirectrices Mk 46 A/S

Machines principales :

- 2 turbines à gaz Pratt & Whitney FT-4 (50 000 puissance sur l'arbre)
- 2 moteurs de croisière P&W FT-12 (7 400 puissance sur l'arbre)
- 2 arbres

Vitesse : 29+ nœuds

Rayon d'action : 7 500 km à 20 nœuds

Équipage : 245



Source: « *Jane's Fighting Ships* »

(suite de la page 3)

Ce qu'est l'AHTMC

L'Association de l'histoire technique de la marine canadienne est une organisation bénévole oeuvrant en collaboration avec la Direction — Histoire et patrimoine (DHP) dans le but de préserver l'histoire technique de notre marine. Toute personne s'intéressant peut devenir membre de l'association. Veuillez communiquer avec la DHP.

L'un des principaux buts de la collection est de permettre tant aux chercheurs qu'aux lecteurs occasionnels d'avoir accès à l'information qu'elle contient. Pour le moment, la seule copie de la collection se trouve à la Direction de l'histoire et du patrimoine, au 2429 Holly Lane (près de l'intersection des chemins Heron et Walkley), à Ottawa. La DHP est ouverte au public tous les mardis et mercredis, de 8 h 30 à 16 h 30. Le personnel est à votre disposition pour récupérer l'information et vous fournir toute autre aide requise. Des photocopieurs libre service se trouvent sur place. Pour pouvoir entrer dans l'immeuble, vous avez besoin d'un laissez-passer de visiteur, que vous pouvez facilement obtenir auprès du commissionnaire, à l'entrée principale. Il est possible de se procurer des exemplaires de l'index de la collection en écrivant à la DHP.

Passez nous voir !



présentaient un problème : si elles n'étaient pas bien positionnées, elles pouvaient développer des poussées et des couples extrêmement élevés capables d'endommager lourdement le train d'engrenages et les lignes d'arbres. Pour étudier ce problème, les ingénieurs développèrent un modèle de simulation utilisable avec les moyens analogiques du Conseil national de recherches du Canada. Puis ils modifièrent le système de commande électropneumatique pour que les temps de réaction du navire soient acceptables et ne dépassent pas les limites permises. Le résultat fut une réussite remarquable pour les ingénieurs qui acquirent une grande flexibilité d'approche pour la nouvelle conception et

devinrent très bons pour identifier les problèmes potentiels et développer des solutions novatrices avant que le premier navire ne soit construit.



Le capf Cond est directeur de projet à la Direction générale de la Science et Technologie Maritime (DSTM 2) à Ottawa. Cet article et le suivant ont été extraits et adaptés du document intitulé « A Century of Canadian Marine Technology Development, » qu'il a rédigé pour son Baccalauréat en arts et science militaire obtenu au Collège Royal Militaire du Canada.

Envoyez-nous vos photos !



NCSM Athabaskan au cours de son grand carénage en 1997 à Port Weller Dry Docks, St. Catharines (ON)
(Photo courtoisie Port Weller Dry Docks)

Nouvelles de l'AHTMC est toujours à la recherche de photos de bonne qualité (avec légendes) afin de les publier seules ou pour illustrer des articles. D'intérêt spécial sont des photos de personnes au travail. Pensez à nous si vous désirez exposer vos photographies. Veuillez communiquer avec M. Michael Whitby, Chef d'équipe navale à la Direction de l'histoire et du patrimoine, QGDN, Ottawa (ON), K1A 0K2. Tél. : (613) 998-7045.