

Revue du Génie maritime

Avril 1991



**Le professionnalisme des officiers
du G MAR dans le
monde d'aujourd'hui**

Propulsion électrique —
Assez bonne pour briser les glaces, mais
est-elle suffisamment silencieuse pour les
navires de lutte anti-sous-marine?



(Photo de Transports Canada, par Paul Heath)

Le brise-glace *Henry Larsen* de la Garde côtière canadienne

... page 11



Revue du Génie maritime



Directeur général
Génie maritime
et maintenance
Commodore M.T. Saker

Rédacteur en chef
Capt(M) David Riis, DMGE

Rédacteurs au service technique
Cdr Roger Cyr (Systèmes de combat)
Lcdr Doug Thoreson (Systèmes de combat)
Cdr Dave McCracken (Mécanique navale)
Lcdr Bob Jones (Mécanique navale)
Lcdr Darcy Byrtus (Architecture navale)
Lcdr Cliff Johnston (Architecture navale)

Directeur de la production
Lcdr(R) Brian McCullough
(819) 997-9355

Graphiques
Ivor Pontiroli, DSEG 7-2

Traitement de textes
par DMAS/CTM 4M
Mme. Terry Brown, Superviseur

Services de traduction :
Bureau de la traduction, Secrétariat d'État
M. Alain Wood, Directeur

PHOTO COUVERTURE

Le NCSM *Algonquin*, en décembre dernier, qui rentre au port d'Halifax pour compléter ses travaux de modernisation. (Courtoisie BP TRUMP)

AVRIL 1991

DÉPARTEMENTS

Notes de la rédaction	2
Chronique du commodore	3

ARTICLES

Professionalisme de l'officier du G Mar dans le monde d'aujourd'hui <i>par Lcdr Serge Garon</i>	4
La nécessité de l'évolution des ordinateurs et des logiciels à bord des navires <i>par Cdr Roger Cyr</i>	7
Étude des vibrations sur un brise-glace de type 1200 <i>par R. Jacobs et J.R. Storey</i>	11
Étude préliminaire sur la fiabilité des modules du réseau AN/SQR-19 <i>par Lcdr (retraité) Leo Smit et Lt(M) Chris Putney</i>	15
L'information, la clé du succès <i>par Janet Cathcart</i>	23
RÉTROSPECTIVE : Le NCSM <i>Fundy (I)</i> 1938-1945 <i>par Lcdr Brian McCullough et m1 Jim Dean</i>	24
BULLETIN D'INFORMATION	26

La Revue du Génie maritime (ISSN 0713-0058) est une publication autorisée et non-officielle des ingénieurs maritimes des Forces canadiennes. Elle est publiée quatre fois l'an par le Directeur général du Génie maritime et de la maintenance. 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, DMGE, Quartier général de la Défense nationale, Édifice MGen George R. Pearkes, Ottawa, Ontario, Canada K1A 0K2**. Le rédacteur en chef se réserve le droit de rejeter ou d'éditer tout matériel soumis. Nous ferons tout en notre possible pour vous retourner les photos et les présentations graphiques en bon état. Cependant, la Revue ne peut assumer aucune responsabilité à cet égard. À moins d'avis du contraire, les articles de cette revue peuvent être reproduits tout en tenant compte des mérites de l'auteur et de la Revue.



Notes de la rédaction

L'obligation de rendre compte et l'expérience de la mer : Quelques réflexions sur la profession d'ingénieur

Dans notre édition de juillet 1990, nous avons publié une lettre fort intéressante de MM. Clunis et Gingras à propos des ingénieurs du MDN qui sont dispensés d'un brevet d'ingénieur. Ils craignent, en raison de la situation existant au sein de la fonction publique fédérale, que des ingénieurs incompetents et négligents puissent continuer d'exercer leurs fonctions sans avoir à répondre de leurs actions.

Les associations d'ingénieurs provinciales appliquent des normes très élevées en matière de rendement, de conduite et d'éthique professionnelle, mais cela ne veut pas nécessairement dire qu'elles sont les seules à s'assurer que ces normes sont respectées. Le MDN est libre de "s'auto-réglementer", et peut-être même le devrait-il, étant donné sa vocation particulière. Les ingénieurs du MDN *doivent* rendre compte de leur travail, et cette responsabilité incombe à tous les employés, y compris le ministre de la Défense nationale qui doit répondre de l'exécution de sa charge au public, par l'entremise du Parlement. Le MDN a prévu des mesures disciplinaires à l'endroit des ingénieurs militaires et civils qui feraient preuve d'incompétence.

Le débat à ce sujet se poursuivra indubitablement, et c'est tant mieux. Tout compte fait, l'efficacité de notre système dépend de l'intégrité et du professionnalisme qui caractérisent les ingénieurs du MDN.

Vous constaterez en listant l'article vedette que le lcdr Serge Garon examine cette question dans l'optique du Génie maritime; il précise que les personnes exerçant cette profession sont bien plus que des ingénieurs en uniforme. À cet égard, j'écrirai quelques lignes sur l'importance

de l'expérience acquise en mer pour les ingénieurs de marine. Faute d'espace, je limiterai mes observations aux deux groupes suivants : la mécanique navale et les systèmes de combat. Enfin, je voudrais souligner que le DSCN, le capitaine Brown, partage l'opinion que j'ai bien voulu exprimer dans cet article.

Au dire de certains, l'expérience en mer n'est pas indispensable à quiconque voudrait embrasser une carrière d'ingénieur de marine ou de spécialiste des systèmes de combat, et ces employés n'aspirent pas à devenir chef de section à bord d'un navire. Ces énoncés, quoique strictement corrects, semblent avoir minimisé l'importance de l'expérience en mer aux yeux des ingénieurs subalternes. En théorie, le poste de chef de section n'est pas indispensable à l'exercice d'une carrière à la fois exigeante et stimulante. Par exemple, il n'existe aucune politique officielle selon laquelle je ne puis m'acquitter de mon travail de DMGE sans une expérience préalable à titre d'ingénieur-mécanicien. *Mais*, il n'en demeure pas moins que le génie maritime est centré sur le personnel, l'équipement et les systèmes installés à bord des navires de guerre déployés en mer. Par conséquent, il appartient à la Marine et aux officiers du Génie maritime de veiller à ce que les ingénieurs acquièrent une bonne expérience de la mer.

Les qualités requises pour toutes les sous-catégories d'emploi militaire (sous-classification) ont récemment été revues en conséquence. Dans le cas des ingénieurs de marine et des spécialistes des systèmes de combat, l'expérience en mer au-delà du niveau 44B/44C pose un problème à court terme, étant donné que les officiers qui sont formés dans une sous-classification ne seront pas tous en mesure d'accéder immédiatement aux postes de sous-chefs de section. La sélection de candidats pour ces postes se fera principalement au mérite, et ceux qui ne seront pas retenus au départ le seront peut-être ultérieurement, compte tenu du rendement au travail de chacun.

Par ailleurs, je voudrais insister sur le fait que l'expérience acquise en mer comme chef de section constitue le meilleur apprentissage qui soit pour bien comprendre l'utilité de l'équipement, des systèmes et du personnel. C'est en assumant cette responsabilité que les officiers acquerront petit à petit les qualités qui leur permettront de faire figure de proue dans les multiples facettes de la mécanique navale et du génie des systèmes de combat à terre. La sélection de candidats pour les postes de chefs de section se fera principalement au mérite, là aussi.

La Marine continuera d'inculquer des qualités de chef aux ingénieurs en augmentant le tronc commun des connaissances requises, en améliorant leurs aptitudes et en leur permettant d'acquérir l'expérience de la mer. Le but de chacun au sein du Génie maritime est de développer ses talents en vue d'atteindre son plein potentiel en tant qu'ingénieur de marine et de rendre son curriculum vitae le plus attrayant possible pour les conseils de promotion au mérite et les commandants éventuels. À cet égard, l'expérience de la mer doit toujours rester un élément vital de notre profession.

J'espère que cette livraison de la *Revue* saura vous intéresser et que vous continuerez à nous faire parvenir vos lettres et vos articles.

Capitaine (M) David W. Riis
Directeur — Génie maritime et électrique

Chronique du commodore

*Par le commodore M.T. Saker,
DGGMM*

Au moment d'aller sous presse, les nouvelles venant du golfe semblent des plus encourageantes et on peut se permettre de croire que les forces de la coalition ont réussi leur mission. Je sais que vous vous joindrez à moi pour remercier et féliciter de tout votre coeur ceux qui ont contribué de façon directe à ce succès. D'un point de vue naval, la performance de nos navires et de nos hélicoptères dans le golfe a été des plus impressionnante, particulièrement durant le déroulement rapide des événements au début des hostilités. Le succès de ces derniers est grandement dû aux membres qui ont servi à leurs bords, à ceux qui les ont gardé en bonne condition toute ces années, et à tous ceux qui ont contribué à les garder prêt et qui les ont supporté dans le théâtre d'opération. Bravo Zulu!

Ceux d'entre nous qui sommes restés au Quartier général de la Défense nationale menons un combat bien différent mais aussi important. Comme de nombreux autres pays, le Canada doit faire face à de graves difficultés financières et s'efforce de trouver des moyens de réduire ses dépenses et, par le fait même, la dette du pays. Juste avant Noël, l'examen des activités du QGDN a pris fin et les décisions prises ont entraîné une réduction d'environ 9 % des années-personnes du Quartier général. Cette réduction a été rendue possible par la réévaluation des priorités et par l'abandon d'un certain nombre d'activités moins importantes, ou du moins, par la diminution des efforts qui leur sont consacrés. À mon avis, il s'agit là de la première d'une série de coupures qui devront être appliquées à l'ensemble des Forces canadiennes afin de



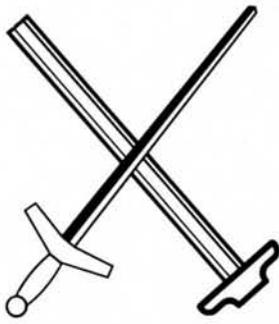
rajuster l'effectif en fonction des ressources disponibles. La réduction de l'effectif ne fait que commencer, elle nous touchera tous au cours des mois qui viennent. Nous réexaminerons tous les aspects de notre travail en vue de le rendre plus efficace et plus économique. Selon le poste que vous occupez, certains d'entre vous serez invités à participer à cet examen. Les autres ne doivent pas hésiter à faire part de leurs suggestions.

Il peut sembler incongru qu'on nous demandait de réduire nos dépenses et nos effectifs au moment même où les Forces armées étaient appelées à combattre. Le Canada n'est pas le seul pays dans cette situation. Les États-Unis et la Grande-Bretagne, pour ne nommer que ces deux pays, ont exigé la même chose de leurs Forces armées respectives. Nous ne devons pas nous décourager. Ce n'est pas le moment de lever les mains en signe de capitulation et de déclinier nos responsabilités. Il faut plutôt relever le défi qui nous est posé et faire les rajustements nécessaires pour doter le Canada des meilleures Forces armées possible compte tenu des ressources mises à notre disposition.



LES OBJECTIFS DE LA REVUE DU GÉNIE MARITIME

- 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.



Professionalisme de l'officier du G Mar dans le monde d'aujourd'hui

Par le *lcdr Serge Garon*

Le présent article est basé sur un exposé qu'il a fait au séminaire du G Mar, Région du Centre, en 1989. Dans ce texte, le masculin est utilisé pour décrire un poste, un titre ou une fonction qui s'applique aussi bien aux femmes et aux hommes.

Introduction

Au cours des dix dernières années, il s'est produit des changements importants en ce qui a trait à la formation et à l'avancement des officiers du génie maritime (G Mar) au sein des Forces canadiennes. Pour les ingénieurs du génie des systèmes maritime et des systèmes de combat, même le but ultime de devenir chef de département à bord d'un navire semble avoir perdu de l'importance par rapport à d'autres possibilités de carrière. On passe moins de temps en mer que par le passé; on commence tôt à accomplir des travaux de caractère technique, et ceux-ci sont plus complexes; et, de plus, il semble que, le statut des officiers du G Mar en tant que "professionnels du génie"¹ a été rehaussé. Serait-ce que les officiers du G Mar sont devenus des ingénieurs en uniforme!

Malgré cela, les officiers du G Mar doivent quand même accomplir de nombreuses tâches militaires, passer du temps à des travaux qui n'ont rien à voir avec le génie, et se voir régulièrement obligés d'abandonner des emplois dans lesquels ils sont devenus très compétents. Pourquoi en est-il ainsi? Les officiers du G Mar n'ont-ils pas été engagés pour faire des travaux de génie?

Le présent exposé examine le professionnalisme des officiers du G Mar dans la société technique d'aujourd'hui. Il va tenter de situer les officiers du G Mar par rapport à d'autres professionnels, notamment l'ingénieur qui oeuvre dans la vie civile, et de les animer d'un sentiment d'appartenance à la famille du G Mar. Un objectif professionnel y est proposé pour les officiers du G Mar, et des vues y sont présentées qui, espère-t-on, provoqueront la réflexion et la discussion.

Idées erronées

De nombreux officiers du G Mar parlent d'*emploi* et de *contrat*. Il n'existe toutefois aucun contrat, en ce qui concerne les officiers du G Mar, que l'une ou l'autre partie peut rompre à volonté!² Le

seul document qui soit relié à cette question est le brevet d'officier (engagement à sens unique). Les ingénieurs du G Mar ne sont employés ni engagés pour fournir un produit ou assurer un service particulier propre au génie. Tout au contraire, ils sont recrutés et retenus pour qu'ils servent en tant qu'*officiers du génie*.

En retour de leur service, qu'ils accomplissent à plein temps, et de leur dévouement, les officiers du G Mar jouissent d'une sécurité financière suffisante pour ne pas avoir à chercher d'autres sources de revenus. A ce sujet, on entend dire parfois que les ingénieurs de la vie civile sont mieux payés et ont plus de sécurité d'emploi que les officiers du G Mar. Cependant, selon une enquête sur la rémunération menée par une association d'ingénieurs³, la solde et les avantages sociaux des officiers du G Mar sont comparables à celles des ingénieurs du civil, sauf aux grades les plus bas. De plus, les officiers du G Mar ont en général de meilleurs possibilités d'avancement et jouissent d'une plus grande sécurité d'emploi.

“Peut-être les officiers du G Mar doivent-ils comprendre que ce qu'on attend d'eux, c'est un engagement formel à servir, et non pas une performance dans le domaine exclusif du génie.”

Pour ce qui est du genre de travail qu'accomplissent les officiers du G Mar, on en entend parfois qui expriment ainsi leur frustration : *Pourquoi faut-il que je supporte ça? Pourquoi est-ce que je dois aller en mer? Pourquoi est-ce qu'on ne me fait pas travailler dans ma spécialité?* Ces questions indiquent un malentendu entre, d'une part, ce qu'on attend des officiers du G Mar, et d'autre part, ce qu'eux s'attendent à faire.

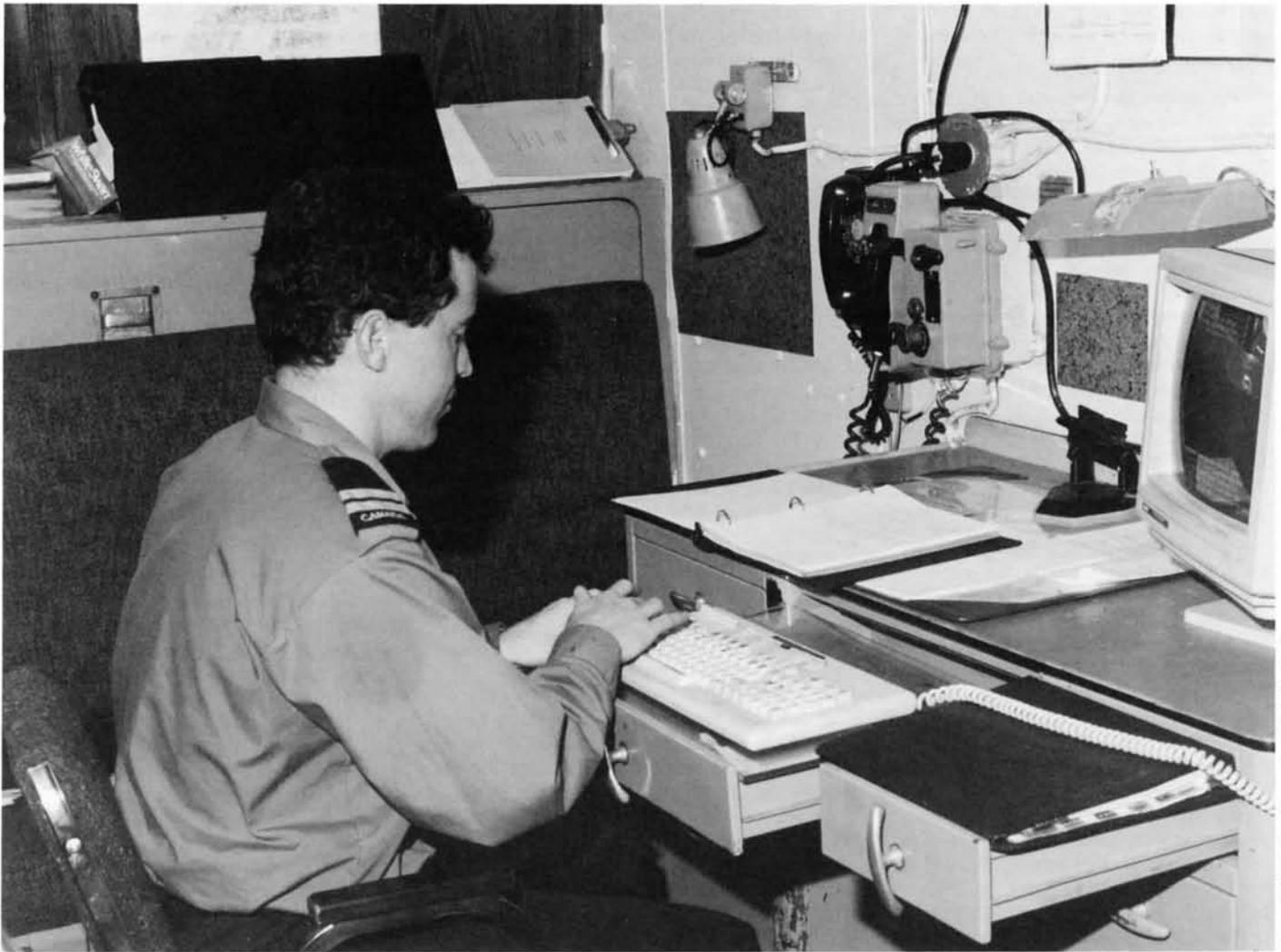
Les officiers du G Mar ne sont pas simplement des ingénieurs en uniforme! Les qualités d'officier qu'ils acquièrent et qu'ils développent pendant leur instruction ne sont pas que des étapes à franchir — elles sont un mode de vie; autrement, à quoi servirait d'entrer dans les Forces canadiennes? Peut-être les officiers du G Mar doivent-ils comprendre et accepter dès le début de leur carrière que ce qu'on attend d'eux, c'est un engagement formel à servir, et non pas une performance dans le domaine exclusif du génie.

Professionalisme et raison d'être

L'ingénieur du civil et l'officier du G Mar sont tous deux des professionnels qui font appel à des compétences et à des connaissances propres au génie. Ils n'ont toutefois pas la même raison d'être, n'ont pas reçu la même formation et leur milieu de travail n'est pas le même.

Afin de comparer ces deux groupes de professionnels, il est utile de commencer par établir certaines définitions. Tout d'abord, les professions sont soit de caractère associatif, soit de caractère bureaucratique. Le génie (comme la médecine, le droit et la profession cléricale) est habituellement de caractère associatif parce que c'est une profession qui repose sur des domaines spécifiques de connaissances, et ceux qui l'exercent sont indépendants les uns des autres et ont des rapports directs (associatifs) avec les personnes-clients⁴. De plus, ces professions laissent supposer l'existence d'associations professionnelles légalement constituées, auxquelles les clients peuvent adresser leurs plaintes s'ils le désirent.

Par contre, la profession militaire (tout comme le service diplomatique) est de caractère bureaucratique. Son existence a une base politique. Ses membres ont des emplois et responsabilités très spécialisés à l'intérieur du groupe; ils rendent en outre un service collectif à l'ensemble de la société⁴. Et, comme les professions bureaucratiques sont propriété du client et



(Photo de la BFC Halifax par le Cpt/C. Mike Dolliver)

sous son contrôle⁴, il n'existe aucune association indépendante à laquelle le client peut se plaindre en cas de service insatisfaisant. Toutefois, ces professions ont habituellement des règles de conduite très rigoureuses (ou un système de police interne) qui ont un certain fondement juridique et qui sont appliquées par les doyens des membres de la profession.

Ces différences mises à part, il y a cinq attributs professionnels communs⁴, dont certains présentent ici un intérêt particulier :

1. une théorie systématique (ensemble de connaissances, le pourquoi et le comment de la sphère de compétence de chacun);
2. une culture professionnelle: un ensemble d'aspects propres à chaque profession (jargon, procédures, etc.);
3. un code déontologique (règles de conduite et discipline personnelle dans l'intérêt de la société);

4. la sanction de la communauté (d'assurer certains services précis et d'être autonome);
5. l'habilitation (c'est-à-dire l'autorité ou le privilège exclusif de fournir un service particulier à la collectivité).

Les connaissances requises d'un professionnel en particulier pourraient être l'objet d'un long débat; mais, pour les fins de cet exposé, il est probablement convenable de dire que l'ingénieur du civil se doit de développer ses compétences principalement dans un domaine particulier du génie (théorie systématique), et que, en ce qui concerne d'autres domaines (juridique, administratif ou autre), il les étudiera s'ils sont pertinents à la pratique de sa spécialité du génie. On peut donc supposer que le degré de professionnalisme de l'ingénieur est fonction du degré d'excellence qui existe dans sa spécialité.

L'officier du G Mar, par contre, doit systématiquement, au début de sa carrière, apprendre à évaluer les capacités et les besoins de l'ingénieur spécialisé et de l'opérateur de marine. Il doit également

savoir tenir compte des réalités de la fabrication, de la maintenance, de l'établissement des coûts, etc., tout en acquérant du savoir-faire en maintenance et opérations dans sa sous-classification. L'officier du G Mar doit en outre, et de façon concurrente, s'acquitter d'un certain nombre d'obligations secondaires, de fonctions de gestion et de tâches purement militaires, tout en ayant à subir des affectations perturbatrices régulières.

Devrions-nous nous attendre à ce que l'officier du G Mar excelle dans de si nombreux domaines? Peut-être est-ce d'un type particulier d'excellence dont il doit faire preuve. La distinction est très subtile, mais elle est fondamentale. C'est là la principale raison pour laquelle les deux carrières progressent de façons différentes.

Les ingénieurs du civil sont embauchés spécifiquement pour assurer des services d'ingénierie qui sont normalement reliés à des produits (production ou maintenance). Ils peuvent rester à un poste d'ingénieur donné jusqu'à la fin de leur carrière et,

s'ils veulent une promotion, ils doivent voir eux-mêmes à acquérir l'expérience requise.

Par contre, les périodes d'affectation de l'officier du G Mar sont souvent des stages, ou des trempings, qui sont choisis pour tirer le meilleur profit immédiat des talents d'ingénieur de l'officier du G Mar, et aussi pour l'exposer systématiquement à autant de milieux de travail et à autant de situations que possible. Au moment où il aura atteint un grade élevé, l'officier disposera donc d'une vaste expérience et des connaissances variées qui sont si nécessaires pour exceller au commandement (ou à un poste de chef en tant qu'officier supérieur), expérience et connaissances auxquelles il pourrait faire appel au besoin. Ainsi, l'officier du G Mar doit viser l'excellence, non en tant qu'ingénieur, mais en tant qu'officier du génie.

Le professionnalisme est également, ce qui importe le plus, fondé, juridiquement, sur un engagement à servir et à agir avec droiture, conformément à un code déontologique. Par exemple, dans chaque province, il existe une loi qui assujettit tous les professionnels à un tel code et qui prévoit que celui-ci sera appliqué (pouvoir de discipline personnelle) par une association professionnelle compétente ou par un système de police interne. Ainsi, les ingénieurs perdront leur permis d'exercer leur profession s'ils agissent à l'encontre des exigences applicables aux ingénieurs. Ils ont également l'obligation morale (dont fait état le code) d'informer la société de ce qui, à leur connaissance, compromet les valeurs professionnelles, et ce même au risque de se faire "remercier" par leur employeur.

On peut dire que les principes de déontologie s'appliquent également aux professionnels militaires. Évidemment, pour les militaires canadiens, il n'y a pas à proprement parler de code déontologique écrit, mais nous pouvons dire qu'il en émane un des traditions militaires, du serment d'allégeance, des Ordonnances et Règlements royaux applicables aux Forces canadiennes et des points évalués dans les rapports d'appréciation du personnel.

Les principes qui sous-tendent un tel code militaire doivent être fondés sur⁴: la réalisation des objectifs qui donnent à la profession sa raison d'être (ce qui pourrait inclure le recours à la violence), et l'harmonisation de ces objectifs avec les préceptes des valeurs humaines. Plus précisément, le code doit renfermer cinq principaux éléments⁴: le sens de l'honneur personnel, la discipline et les limites imposées au libre-arbitre, les rapports avec la société en général, les rapports avec les institutions et les forces politiques, et les conséquences morales de la responsabilité que comporte le commandement.

Sans entrer dans les détails, il est évident que le code militaire contient des éléments qu'on ne s'attendrait pas à trouver dans le code civil, des éléments comme le commandement, les limites imposées au libre-arbitre et la possibilité de ne pouvoir concilier les objectifs de la profession avec les valeurs humaines. Ces éléments et cette inconciliable ont trait au fait que les forces armées sont libres d'ôter la vie et d'infliger des dommages importants et, en fin de compte, de faire la guerre lorsque l'État l'exige.

Ainsi, même si les ressources des forces armées sont souvent utilisées à des fins autres que la guerre, la profession militaire (et par conséquent celle du G Mar) ne doit son existence qu'à la guerre ou à la possibilité qu'elle n'éclate. De ce fait, alors que la responsabilité des professionnels civils est limitée à leur droit d'exercer leur profession et au paiement de sommes d'argent (par exemple dommages-intérêts et amendes)⁴, la responsabilité est sans limite dans le cas des militaires (leur profession peut demander le sacrifice ultime).

Une simple et brève définition de l'objectif professionnel du G Mar peut maintenant être proposée d'après ce qui a été dit jusqu'ici. L'officier du G Mar est un membre à part entière du corps d'officiers canadien, dont le rôle principal est de gérer la violence organisée sur la scène internationale⁴, au nom du Canada. La fonction plus immédiate (ou le but en matière technique) de l'officier du G Mar est donc de gérer de vastes connaissances et compétences scientifiques et techniques pour aider le corps d'officiers du Canada à atteindre son but principal. En définitive, l'objectif global (but à long terme) de l'officier du G Mar, tout comme celle de tout autre officier non "spécialiste" (officier du cadre général), devrait être d'exceller au commandement.

Conclusion

Les officiers du G Mar peuvent certainement se considérer comme des professionnels du génie et comme des cadres supérieurs professionnels éventuels. Les officiers du G Mar sont néanmoins très différents (quoique de façon subtile en temps de paix) des ingénieurs qui oeuvrent dans la vie civile en raison de facteurs comme la guerre et la responsabilité illimitée qu'elle entraîne, l'aspect bureaucratique de la profession du G Mar, la subordination à l'État, la diversification des compétences, un avancement professionnel systématique vers l'exercice du commandement (ou d'une fonction de chef en tant qu'officier supérieur) et une commission à servir dans le sens le plus large du terme.

De plus en plus, les officiers du G Mar doivent acquérir et faire usage de vastes connaissances en génie afin de gérer l'application des techniques du génie pour répondre aux besoins de l'élément mer des Forces canadiennes. Dans ce sens, ils sont des professionnels du génie. Cependant, ils sont et demeurent, avant tout, des officiers militaires. 🇨🇦

Remerciements

L'auteur tient à remercier les personnes suivantes pour l'aide précieuse qu'elles lui ont accordée pendant la rédaction du présent article : le cdr R. Westwood, le lcdr R. Greenwood, le lt(USN) S. Surko, le lcdr D. Davis et M^{me} Touchette-Garon.

Notes

1. L'expression "professionnel du génie" est utilisée à dessein par opposition au terme "ingénieur", la première désignant, dans un sens philosophique large, le fait d'être un professionnel (dans un domaine du génie), le second étant une appellation légale.
2. *Questions Juridiques d'Actualité — Lettres Thèmes, Le Concept de Service*, 1455-1 JAG, du 24 avril 1989.
3. "Enquête sur la rémunération des ingénieurs salariés du Québec 1989", publiée par l'Ordre des Ingénieurs du Québec.
4. Programme de perfectionnement professionnel des officiers, n° 7, lectures au programme.



Le lcdr Garon est un architecte naval (44E) et le gestionnaire des systèmes maritimes du projet "TRUMP." Il porte aussi le titre d'ingénieur ("Chartered Engineer") en Grande Bretagne et est membre de l'Institut royal des Architectes navals (Grande Bretagne), de l'Institut canadien de Génie maritime, et de l'Ordre des Ingénieurs du Québec. Le lcdr Garon s'est vu décerner le prix "T.M. Pallas" comme meilleur finissant au certificat de compétence (partie II) du génie des systèmes maritimes en 1983.

La nécessité de l'évolution des ordinateurs et des logiciels à bord des navires

par le cdr Roger Cyr

Introduction

Au cours des années 90, la Marine canadienne prendra possession de 12 nouvelles frégates de patrouille et de 4 destroyers modernisés de classe Tribal, équipés d'armes et de détecteurs modernes et puissants. Cependant, les ordinateurs et logiciels à bord de ces navires seront dépassés et offriront un rendement sous-optimal le jour où ils rejoindront la flotte. Pourtant, ces systèmes étaient à la fine pointe de la technologie au moment de la conception des navires; mais il s'écoule beaucoup de temps entre celle-ci et l'entrée en service des bâtiments.

Il serait aujourd'hui très coûteux de remplacer intégralement tous ces systèmes : il faudra plutôt les améliorer au fil des ans. De la sorte, on pourra implanter les technologies modernes et répondre aux exigences opérationnelles, à un coût minimal.

Historique

Le système de combat des frégates et destroyers prévoit une architecture répartie utilisant le SHINPADS (SHIPBOARD INTEGRATED PROCESSING AND DISPLAY SYSTEM). Conçu par la Marine canadienne, ce système vise à répondre aux besoins de traitement des données tactiques à bord.

Le bus de données SHINPADS assure la circulation intégrale des données à bord, fonction conçue spécifiquement pour permettre la croissance du système. Il s'agit d'un concept révolutionnaire permettant au concepteur du système d'utiliser l'équipement et la technologie existants et d'intégrer les nouveaux équipements et technologies au fur et à mesure qu'ils sont disponibles. Le bus de données SHINPADS interconnecte tous les sous-systèmes de détecteurs et d'armes qui constituent le système de combat du navire, et assure la circulation des données tactiques entre tous ces systèmes. L'interconnexion du bus assure une interface standard permettant d'améliorer rapidement le système de combat du navire lors-

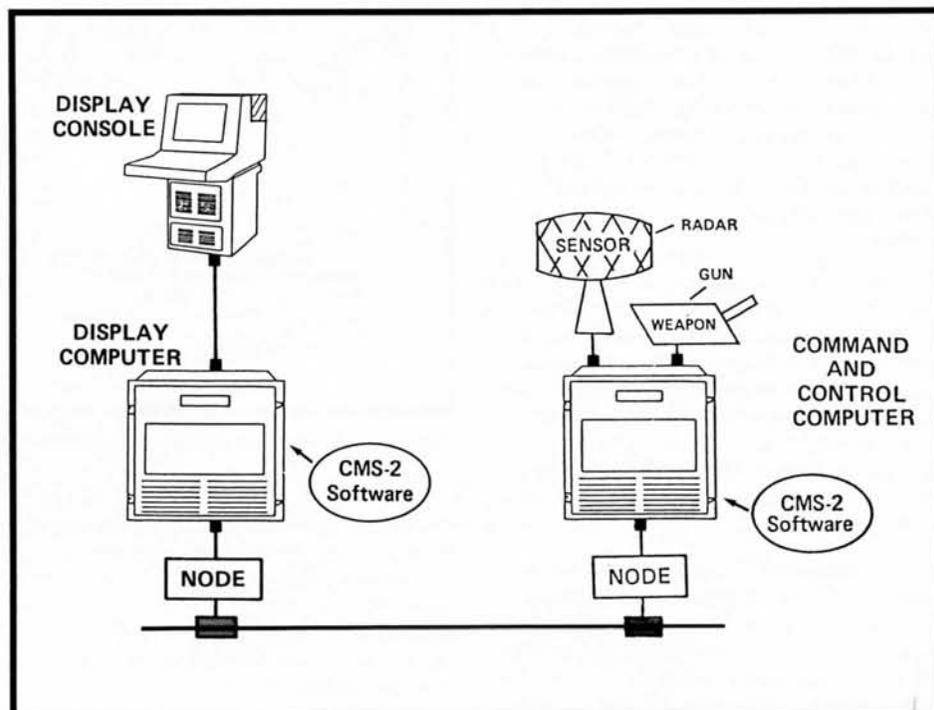


Figure 1. Schéma simplifié du bus de données SHINPADS

que des possibilités d'amélioration de l'équipement se présentent, tout au long de la durée utile du navire.

Il y a deux grands types de connexion au bus de données SHINPADS, comme le montre le schéma simplifié présenté à la figure 1 : il y a les connexions des consoles de visualisation et celles des ordinateurs de commande et de contrôle. Les consoles de visualisation sont raccordées au bus par le biais de calculateurs d'affichage. Ceux-ci sont des ordinateurs UYK militaires dotés du logiciel CMS-2 nécessaire pour commander les écrans. Tous les détecteurs et armes du navire sont raccordés au bus de données par le biais des ordinateurs de commande et de contrôle. Il y a également des ordinateurs UYK militaires dotés du logiciel CMS-2 requis pour la gestion des données tactiques du système de combat. Tous les ordinateurs UYK sont raccordés physiquement au bus de données par le biais de noeuds et de modules d'accès au bus (BAM).

Évolution des besoins tactiques des navires

Les besoins tactiques et opérationnels des navires évoluent constamment. Pour satisfaire aux nouvelles exigences opérationnelles associées aux nouvelles situations opérationnelles, il faut continuellement modifier les besoins des navires en matière de traitement des données. L'architecture ouverte de SHINPADS permet d'accroître les capacités de traitement des données au fur et à mesure que les besoins s'en font sentir et que la technologie évolue et que des processeurs plus puissants sont disponibles. Un système réparti reposant sur un bus de données permet d'améliorer en douceur les capacités ou fonctions de traitement des données de façon évolutive.

Utilisation des produits commerciaux

Les progrès réalisés dans le domaine de l'informatique seront très importants pour la satisfaction des besoins tactiques de nos navires. cependant, étant donné qu'il est très long et très coûteux de développer des systèmes militaires uniques, toute amélioration des équipements de traitement des données tactiques actuels doit tirer avantage des innovations et développements commerciaux. En effet, les innovations commerciales peuvent être militarisées.

Étant donné la réduction des budgets militaires, il ne fait aucun doute qu'il faudra de plus en plus compter sur les produits informatiques commerciaux et que toute évolution de nos systèmes devra faire appel aux nouvelles technologies commerciales. La migration à de tels produits se justifie facilement puisque leur développement est moins long et moins coûteux.

Les produits militarisés ne peuvent suivre le rythme de l'évolution technologique et leurs capacités sont vite dépassées. Par exemple, un ordinateur utilisant un processeur Motorola et tenant sur une simple carte de circuits, et pesant environ une livre, aurait la capacité de traitement de 8 ordinateurs AN/UYK-505 militaires. De plus, ces ordinateurs 505 pèsent environ une tonne.

Les équipements commerciaux présentent un autre avantage : la disponibilité d'outils et de produits logiciels adaptés aux processeurs commerciaux. Le langage de programmation privilégié pour l'avenir, tant dans les secteurs militaire que commercial, est Ada : plus de 300 compilateurs Ada sont déjà disponibles pour les processeurs commerciaux. Cependant, on commence à peine à en voir quelques-uns pour les ordinateurs militaires de la série UYK. En outre, les logiciels destinés aux ordinateurs commerciaux seront beaucoup moins coûteux que les logiciels développés pour les ordinateurs militaires, tout simplement à cause de la plus grande disponibilité d'outils et de compilateurs Ada destinés aux ordinateurs commerciaux.

Lacunes des ordinateurs militarisés

L'évolution dans le secteur du traitement des données est phénoménale. Les ordinateurs militarisés sont aujourd'hui bien en retard comparativement aux produits commerciaux, en ce qui a trait à la vitesse de traitement et à la capacité de mémoire. Comme l'indique la *figure 2*, les processeurs militarisés actuels offrent environ à peine 5 pour cent de la vitesse et de la capacité de mémoire des produits commerciaux disponibles aujourd'hui.

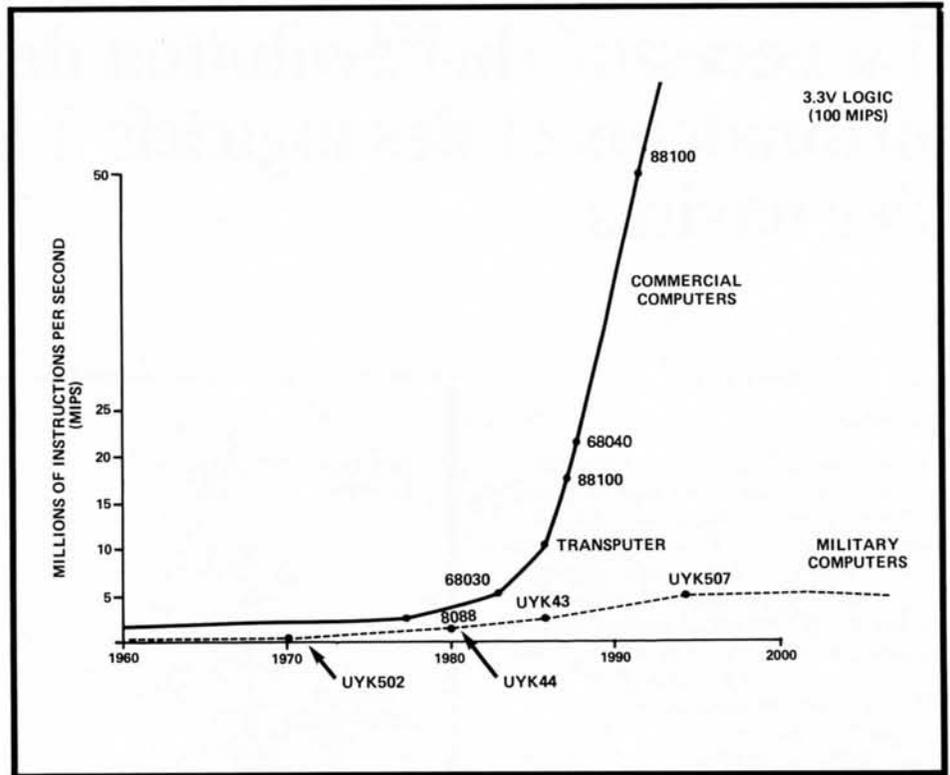


Figure 2. Comparaison des développements militaire et commercial

Ces ordinateurs sous-optimaux coûtent en outre environ dix fois plus cher que les ordinateurs commerciaux renforcés. Alors pourquoi s'encombrer d'ordinateurs militarisés lorsqu'on peut disposer d'ordinateurs commerciaux renforcés plus efficaces et moins coûteux?

La principale raison du recours aux premiers était leur surviabilité dans un environnement hostile. Mais les besoins en matière de traitement de données tactiques de nos navires peuvent être satisfaits avec des produits commerciaux renforcés, sans que l'on ait à souffrir des coûts élevés liés à la surpuissance et à la surveillance des produits militarisés et de leurs capacités de traitement moindres. Il est à noter que les spécifications actuelles des ordinateurs militarisés remontent aux années 60, alors que la technologie informatique en était à ses balbutiements. Les ordinateurs devaient être militarisés étant donné que l'équipement commercial à cette époque était plutôt fragile. Mais tel n'est plus le cas.

L'industrie a changé et grâce à l'expérience et à l'évolution des produits, l'équipement d'aujourd'hui est plus robuste et beaucoup plus fiable. En 1988 dans le Golfe persique, le USS *Stark* a été frappé par un missile Exocet qui l'a mis hors combat. Le missile a en effet frappé les écrans de commande et de contrôle et l'ordinateur UYK militaire. Près de cet ordinateur se trouvait un ordinateur commercial Hewlett-Packard de la série 9000. Après l'attaque, ce dernier fonctionnait encore : en fait, c'était le seul que l'on pouvait encore utiliser.

Amélioration des FCP et du TRUMP

Les matériels et logiciels installés à bord des frégates et des destroyers devront être constamment améliorés, dès l'entrée en service de ces navires. Cette situation est attribuable au fait que les spécifications du CDS (Système de visualisation de la situation tactique) de ces derniers ont été définies il y a une quinzaine d'années. Depuis lors, la situation a évolué et une multitude de changements tactiques et opérationnels devront être apportés par la Marine afin que ses navires puissent fonctionner avec les autres navires de l'OTAN.

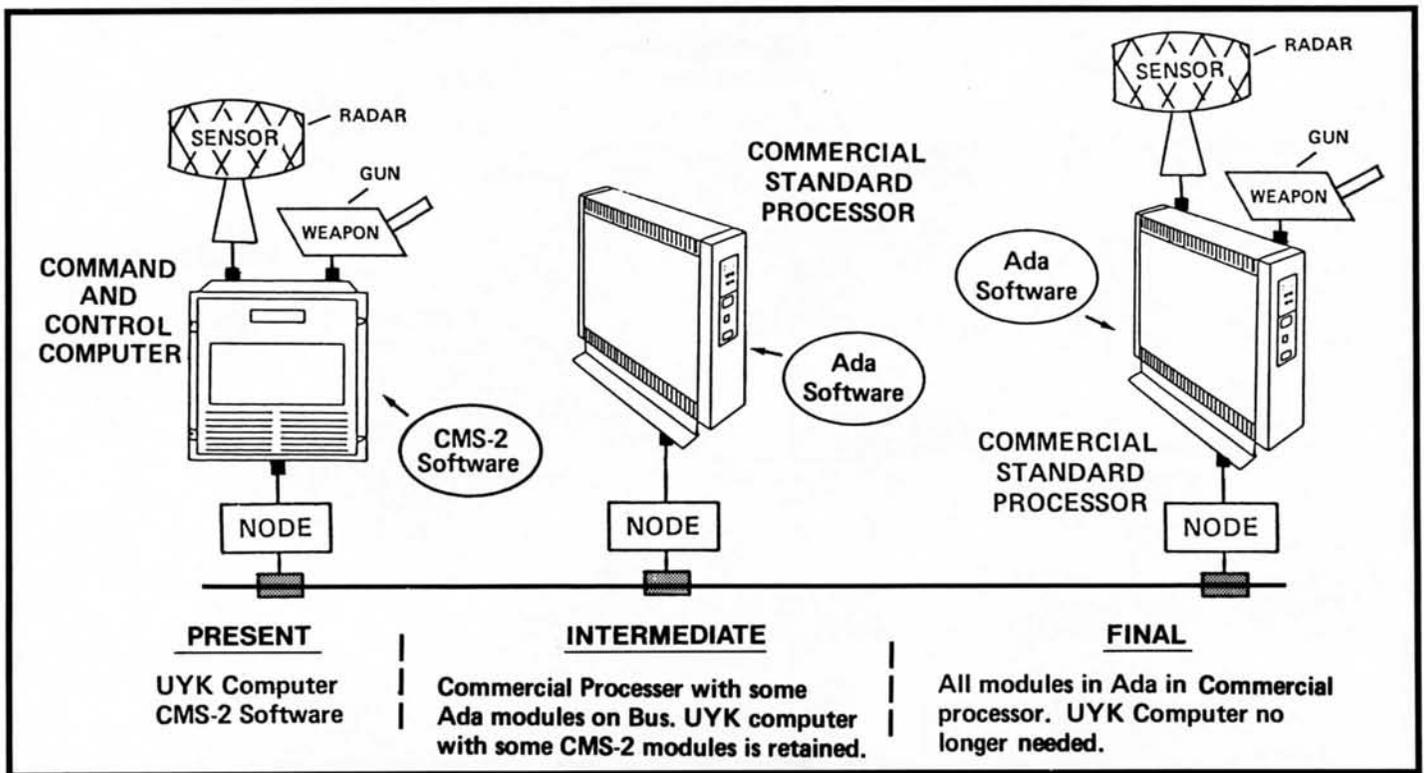


Figure 3. Migration progressive des ordinateurs C² aux processeurs commerciaux

Cependant, étant donné le temps et les coûts afférents au développement des logiciels, il est impossible de réécrire l'ensemble des logiciels de combat de nos navires.

Le logiciel CDS, fondé sur le langage CMS-2, coûtait environ 200 \$ l'instruction. Puisque le logiciel CDS actuel des frégates comprend près de 2 millions d'instructions, sa réécriture coûterait environ 400 millions de dollars.

D'après les dernières données sur l'utilisation du langage Ada, il semble que l'on pourrait réaliser des économies importantes en développant des logiciels à l'aide de langage (coût approximatif de 65 \$ par instruction). Ainsi, la réécriture du logiciel CDS des frégates en Ada coûterait environ 130 millions de dollars. Mais encore là, il s'agit d'une dépense que l'on ne peut se permettre.

Il faudra plutôt réécrire progressivement les sections qui doivent être améliorées de manière à satisfaire aux nouvelles exigences opérationnelles. En outre, cette amélioration progressive devra refléter

l'état courant de la technologie tant au niveau des processeurs que du langage de programmation. Il faudra donc utiliser des processeurs qui correspondent à la technologie commerciale courante, faire appel aux capacités de croissance du bus de données SHINPADS et recourir au langage de programmation le plus courant et le plus économique, soit Ada.

Comment améliorer

Étant donné la nécessité de migrer du langage CMS-2 au langage Ada, toutes les améliorations ou augmentations de puissance du système devront se faire en Ada. Il faudra également recourir à des processeurs conformes à la technologie commerciale courante. On peut y arriver de deux façons :

1. en remplaçant progressivement les ordinateurs UYK utilisés comme ordinateurs de commande et de contrôle par des processeurs commerciaux standard;
2. en remplaçant progressivement les ordinateurs UYK utilisés comme calculateurs d'affichage par des processeurs qui peuvent en fait être intégrés aux consoles.

Remplacement des ordinateurs de command et de contrôle

Les ordinateurs de commande et de contrôle actuels pourraient être progressivement remplacés par des processeurs correspondant à la technologie commerciale courante (figure 3). Pour cela, on pourrait implanter des ordinateurs commerciaux standard un à la fois, au fur et à mesure des besoins, pour loger les nouveaux modules logiciels programmés en Ada. Ainsi, chaque fois qu'il faudra améliorer un module logiciel actuellement codé en CMS-2, on le convertira au langage Ada. Le nouveau module sera logé dans un nouvel appareil qui sera raccordé au bus de données. Plus il y aura de modules logiciels réécrits en Ada, plus on ajoutera de nouveaux processeurs commerciaux au CDS. De la sorte, il y aura de moins en moins de logiciels CMS-2 et d'ordinateurs UYK, jusqu'à ce que tous les logiciels soient en Ada et que tous les ordinateurs de commande et de contrôle UYK soient remplacés.

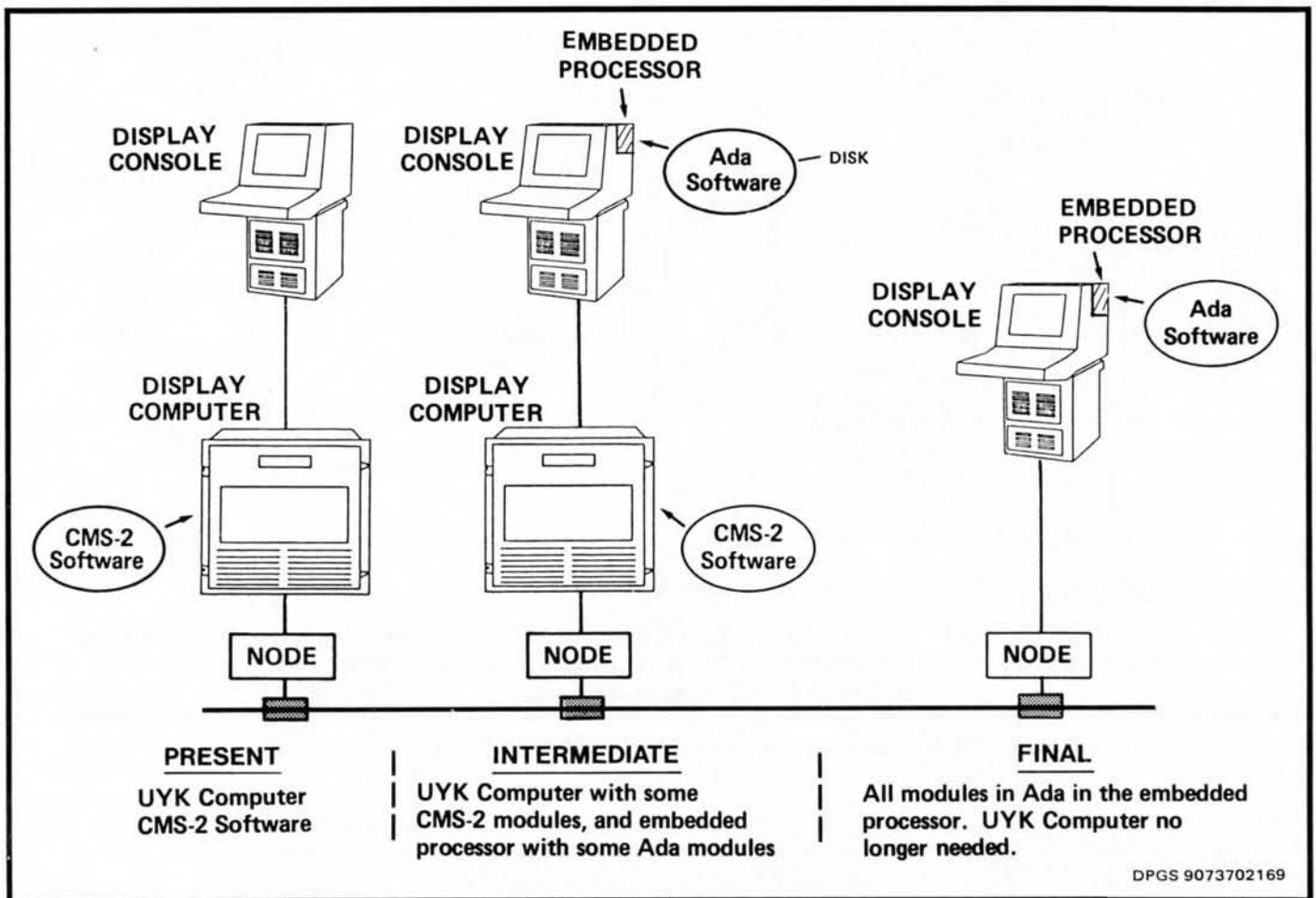


Figure 4. Migration progressive des consoles de visualisation aux processeurs intégrés

Processeurs intégrés aux consoles

Il y a une autre façon d'implanter les logiciels Ada, simultanément au remplacement des ordinateurs UYK : il s'agit d'intégrer les micro-processeurs aux consoles d'affichage. Ces microprocesseurs intégrés, à la fine pointe de la technologie, permettront l'implantation graduelle du logiciel Ada et l'éventuel remplacement des ordinateurs UYK qui servent de calculateurs d'affichage (figure 4). Au fur et à mesure qu'un module logiciel CMS-2 chargé de fonctions d'affichage devra être amélioré, il sera réécrit en Ada. Le nouveau module Ada sera alors implanté sur une carte de microprocesseur insérée dans la console de visualisation. Éventuellement, tous les modules ou logiciels résidant dans les calculateurs d'affichage seront codés en Ada et seront relocalisés dans des microprocesseurs implantés dans les consoles standard. À ce moment, les 13 ordinateurs UYK actuellement requis pour commander les consoles ne seront plus utiles.

Le nouvel hélicoptère

Le nouvel hélicoptère acheté pour nos navires nous offre une occasion unique de lancer cette modernisation progressive des

ordinateurs et logiciels. Ce nouvel hélicoptère nécessitera une liaison tactique avec le CDS du navire, pour le chargement des images tactiques dans son CDS avant son départ en mission. Pour relier le CDS de l'hélicoptère à celui du navire, il faut ajouter sur le navire une console de visualisation, un calculateur d'affichage et le logiciel connexe. La mise en place de ces nouveaux éléments donne à la Marine sa première chance d'introduire graduellement les nouvelles technologies matérielles et logicielles.

Conclusion

Dans les années à venir, il faudra améliorer les systèmes informatiques et logiciels des frégates et destroyers afin de répondre aux exigences sans cesse croissante de la guerre maritime en matière de circulation des données tactiques. Étant donné le coût excessivement élevé du remplacement intégral de ces systèmes, il faudrait lancer une migration évolutive de ces systèmes à des ordinateurs et logiciels à la fine pointe de la technologie. On pourra y parvenir de façon économique en implantant graduellement des matériels commerciaux standard modernes et le logiciel Ada. 🚀



Le commandeur Cyr est chef de la section DSCN 8 — Technologie informatique navale, au QGDN.



Naval Engineering Test Establishment

Étude des vibrations sur un brise-glace de type 1200

texte : R. Jacobs et J.R. Storey

Introduction

La propulsion électrique c.a./c.a. est considérée comme une alternative viable à la propulsion mécanique pour les navires de la taille des frégates. Le système de propulsion c.a./c.a. a tous les avantages du moteur électrique, à savoir, un rendement élevé, des commandes de vitesse précises, et la douceur de fonctionnement. Ces caractéristiques en font un système de propulsion attrayant pour les navires de lutte anti-sous-marine (A.S.M.).

On se demande, toutefois, si les harmoniques électriques produites par le cycloconvertisseur d'un tel moteur ne se manifestent pas sous forme de vibrations mécaniques. Cela serait inacceptable pour les navires de lutte A.S.M., surtout si les vibrations devaient excéder les niveaux produits par les systèmes de propulsion mécaniques actuels.

Le Centre d'essais technique (Mer) (CETM) a procédé à des essais de systèmes de propulsion à cycloconvertisseurs installés sur le navire de la Garde côtière *Henry Larsen* et a enregistré la vibration et l'énergie électrique produites par les moteurs; on a ensuite étudié la relation entre les vibrations du moteur et les harmoniques du cycloconvertisseur. Les effets des alternateurs du moteur principal sur la signature vibratoire du moteur de propulsion ont aussi été étudiés.

Les résultats de l'étude démontrent que les barres de 4 160 V et 1 200 V du cycloconvertisseur produisent des distorsions harmoniques considérables. Cependant, la seule corrélation importante entre les harmoniques électriques et la vibration du moteur était la fréquence fondamentale (variable entre 0 et 18 Hz) de la barre de sortie de 1 200 V du cycloconvertisseur. Dans la plage des fréquences supérieures à 550 Hz, les moteurs de propulsion produisent des vibrations plus basses, quelle que soit la vitesse. Cela démontre que le système c.a./c.a. présente des possibilités intéressantes comme système de propulsion à faible niveau de bruit.

Le présent rapport décrit les travaux effectués sur le *Henry Larsen* et examine les faits saillants de l'étude.

Essais en mer

Le système de propulsion du *Henry Larsen* comprend deux moteurs synchrones de 8 000 HP (1 200 V c.a.) à montage rigide dont le régime va de 0 à 180 tr/min. La vitesse du moteur de propulsion est directement proportionnelle, par un facteur de dix, à la fréquence de sortie du cycloconvertisseur qui va de 0 à 18 Hz. L'alimentation électrique principale (4 160 V c.a., 60 Hz) est produite par trois alternateurs diesel Wartsila 12V32 d'une puissance nominale de 6 250 kVA chacun.

Les essais en mer ont eu lieu en juillet 1988 au large d'Esquimalt (Colombie-Britannique). L'étude comprenait l'enregistrement des vibrations et des données électriques à onze vitesses de propulsion différentes (25, 50, 75, 100, 111, 125, 141, 155, 163, 170 et 180 tr/min), une manœuvre d'inversement de marche en catastrophe et une série de virages. (Les informations recueillies durant les manœuvres d'inversement et de virage ne font pas partie du présent rapport parce que les résultats de ces essais n'ont pas été étudiés à fond.)

Les relevés ont été effectués à l'aide de deux magnétoscopes VHS de qualité scientifique à 14 canaux, et des transducteurs appropriés. On a utilisé des accéléromètres piézoélectriques pour recueillir la mesure des vibrations mécaniques et des capteurs électriques à haute tension ordinaires pour enregistrer la tension et le courant.

Les données électriques, à savoir la forme des ondes de tension et de courant, ont été enregistrées aux barres d'entrée (4 160 V) et de sortie (1 200 V). Les mesures du facteur de puissance ont aussi été enregistrées, mais à la barre de 4 160 V du moteur de propulsion tribord seulement.

Les capteurs utilisés pour mesurer les vibrations ont été placés à cinq endroits différents (*figure 1*) sur chacun des cinq moteurs de propulsion principaux. Les paliers et les bases des moteurs de propulsion étaient les meilleurs endroits pour poser les capteurs aux fins de cette étude, parce que si les vibrations sont importantes à ces points-là, elles seront aussi présentes dans la signature acoustique du navire. Seules les données de vibration au-

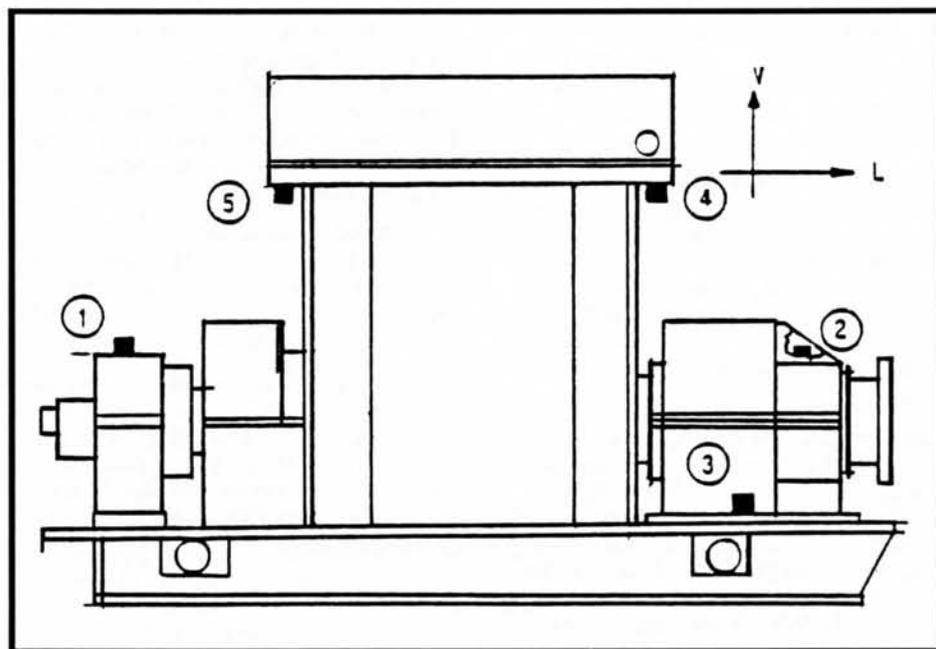


Figure 1. Schéma du moteur de propulsion du *Henry Larsen* indiquant l'emplacement des capteurs de vibration.

dessus de 70 VdB (référence 10^{-6} cm/s) on été considérées dans le cadre de notre analyse, parce qu'en dessous de cette valeur, la vibration n'est habituellement pas assez importante pour influencer sur la signature des bruits émis sous l'eau par le navire. Les niveaux de vibration de fond et la sensibilité des instruments ont aussi été pris en considération pour arriver à déterminer le niveau maximum de 70 Vdb.

Résultats des analyses

Les niveaux des vibrations des deux moteurs de propulsion enregistrées à partir des positions préliminaires de prélèvement étaient au-dessous de 70 VdB pour toutes les vitesses d'essais lorsque la fréquence était au-dessus de 550 Hz. Cela signifie que les moteurs électriques ou diesels n'exerçaient pas d'influence négative sur les paliers ou sur la bases au-dessus de 550 Hz. À cette fréquence, les spectres de vibration des moteurs de propulsion sont constitués de plusieurs éléments, dont la plupart sont concentrés au-dessous de 100 Hz. On a retracé la provenance de certains de ces éléments :

- les alternateurs des moteurs diesel principaux;
- les générateurs diesel auxiliaires;
- les composants électriques.
- la fréquence propre du système de propulsion.

Les données de vibration prélevées au-dessus et au-dessous des supports du moteur diesel indiquaient que les mêmes données fondamentales du moteur diesel principal (12 Hz) et quelques-unes des harmoniques (24 et 30 Hz) étaient présentes sur les moteurs de propulsion. Les données de vibration de fond qui avaient été enregistrées avant que l'on fasse démarrer les moteurs diesel indiquaient que les données fondamentales des générateurs diesel auxiliaires et ses deux premières harmoniques (40 et 60 Hz) étaient présentes sur les moteurs de propulsion.

Chacune des formes d'ondes électriques mesurées, étudiées dans le domaine de fréquences, ont permis de découvrir plusieurs éléments. La plupart de ces éléments, cependant, avaient une amplitude de moins de cinq pour cent de la fréquence fondamentale et ils n'ont aucun rapport avec les vibrations des moteurs.

Une corrélation importante observée entre les domaines électriques et mécaniques est celle entre la fréquence fondamentale de la barre de 1 200 V, variable de 0 à 18 Hz, et les vibrations mécaniques présentes sur les moteurs de propulsion. Comme l'illustre la *figure 2*, la vibration de la barre de 1 200 V était visible (c'est à dire de 70 VdB ou plus) sur les deux

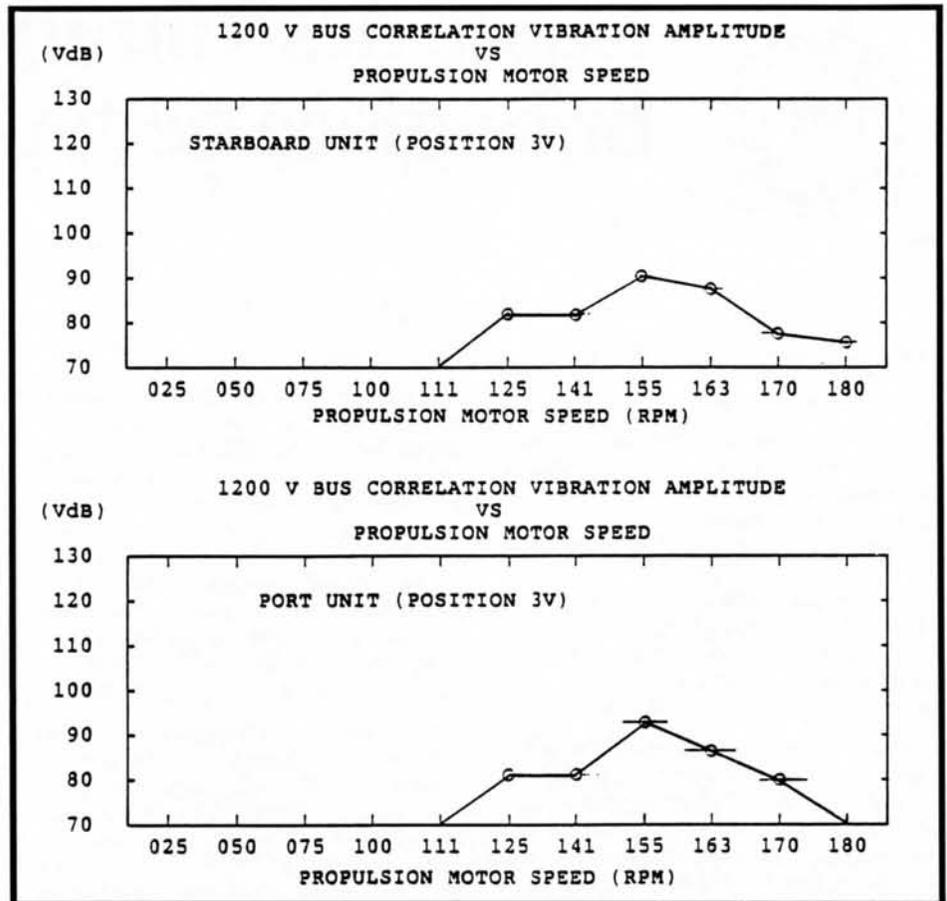


Figure 2. Vibrations de la barre de 1 200 V en fonction de la vitesse des moteurs (moteurs de propulsion bâbord et tribord).

moteurs au point de prélèvement primaire 03V, à des vitesses entre 111 et 180 tr/min, et elle atteint son amplitude maximale à 155 tr/min. La *figure 3* montre un spectre de tension de la barre de 1 200 V superposée à une courbe de vibration du moteur de propulsion, le deux ayant été enregistrés sur le moteur tribord à 170 tr/min. La courbe démontre la corrélation entre les vibrations des domaines électrique et mécanique.

Certaines autres corrélations moins importantes ont été observées, cependant elles n'étaient pas constantes à travers toute la plage des vitesses et ne sont donc pas considérées comme significatives.

La documentation du fabricant indique que l'arbre du moteur de propulsion principal a une fréquence de vibration de torsion de près de 15 Hz. Bien qu'aucune donnée de vibration de torsion n'ait été enregistrée durant l'étude, le niveau de vibration linéaire le plus prononcé

observé, aux points de mesure du moteur principal, était de 15,2 Hz à un régime de 155 tr/min. La crête de 15,2 Hz a atteint son amplitude la plus élevée dans la direction axiale sur le palier arrière des deux moteurs, atteignant chaque fois près de 110 VdB.

La *figure 4* montre la courbe de vibration de la bande d'octaves pour le support des moteurs de propulsion (03V) à 155 tr/min. On a établi que la source de la vibration est la fréquence fondamentale de la barre de 1 200 V, qui, lorsqu'elle coïncide avec la fréquence de torsion naturelle de l'arbre, produit les amplitudes de vibration les plus élevées. On a aussi observé que la fréquence de torsion naturelle (15 Hz) est un élément important du spectre de vibration du moteur de propulsion à la plupart des vitesses. Le cycloconvertisseur est programmé pour empêcher que le moteur ne fonctionne de façon soutenue à environ 150 tr/min, afin de minimiser les effets de la fréquence propre.

On a aussi observé une crête de 360 Hz sur les moteurs de propulsion. Aucune crête électrique correspondante n'a été

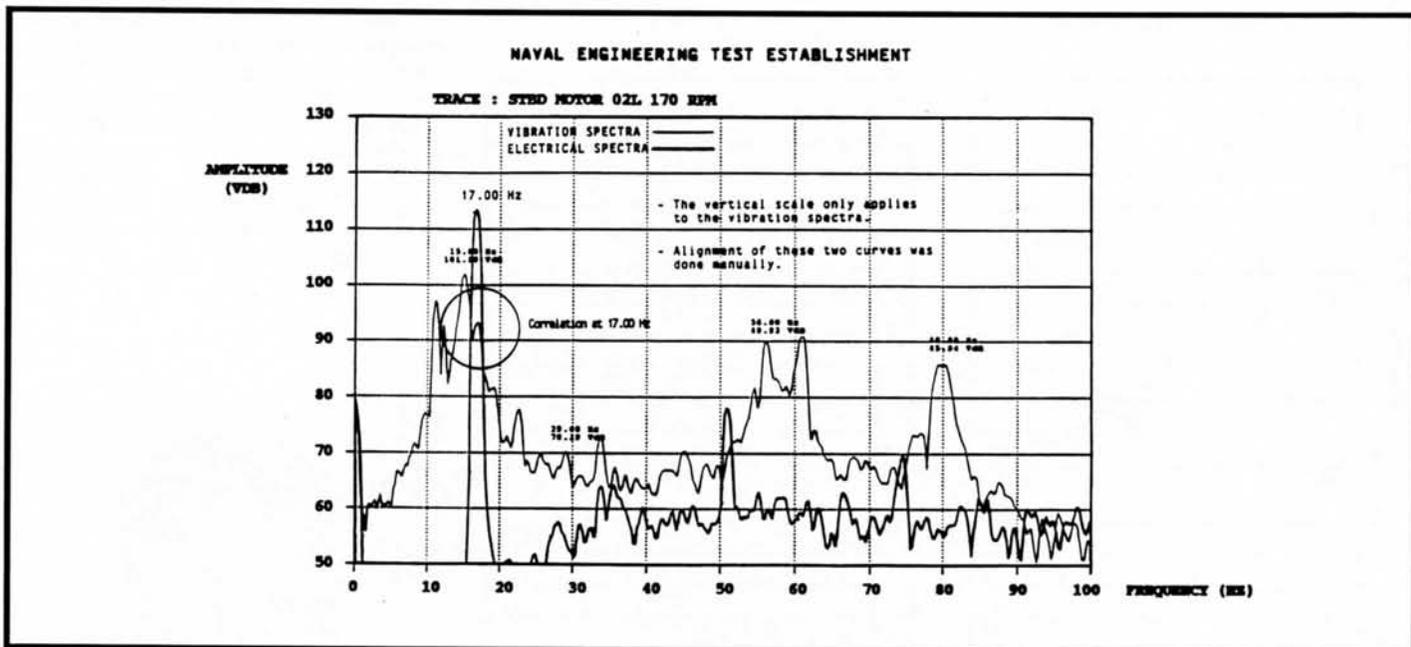


Figure 3. Spectres électriques et vibratoires superposés, démontrant la corrélation entre les domaines.

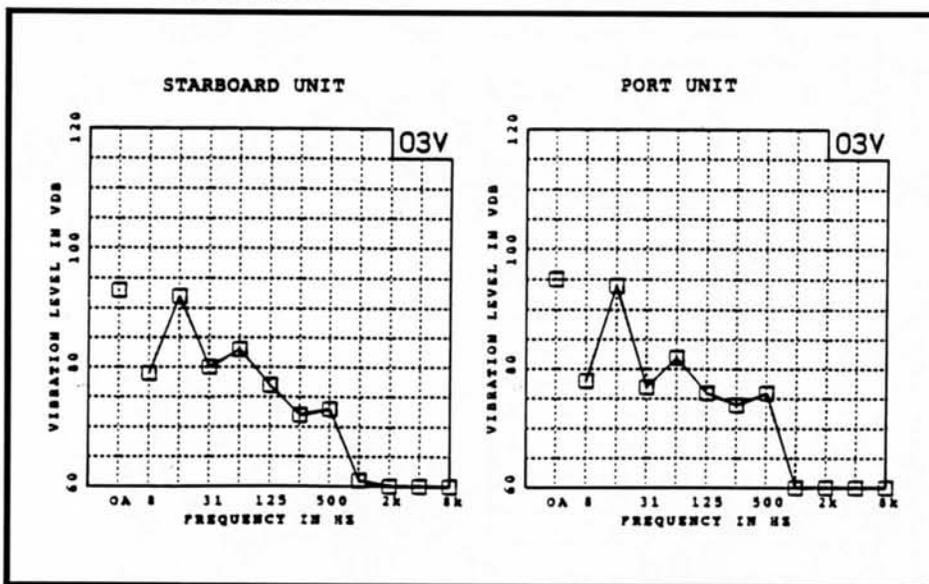


Figure 4. Bande d'octaves du moteur de propulsion pour 03V à 155 tr/min.

observée de façon constante pour cette fréquence. La crête de 360 Hz était présente sur les deux moteurs et était la plus prononcée surtout à des vitesses au-dessous de 125 tr/min.

Plusieurs autres éléments de vibration étaient présents sur les moteurs de propulsion, et ils avaient entre 0 et 200 Hz de fréquence. On a pas réussi à identifier la source de plusieurs de ces éléments parce que l'étude portait surtout sur les vibrations produites électriquement.

Commentaires

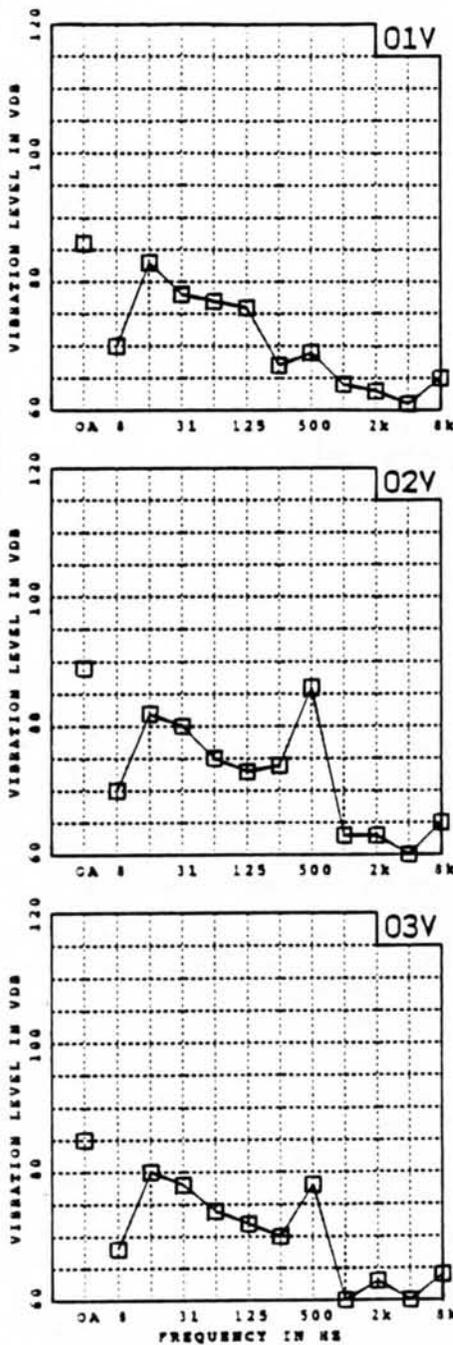
À des vitesses de moins de 20 noeuds, la vitesse de rotation de l'arbre est d'environ cinq fois la vitesse du navire. Pour ce qui est du *Henry Larsen*, la vitesse de l'arbre en fonctionnement silencieux (de 10 à 14 noeuds) est d'environ 70 tr/min. La figure 5 illustre les courbes de vibration de la bande d'octaves en direction verticale pour les moteurs de propulsion du *Henry Larsen*, à une vitesse de rotation de l'arbre de 75 tr/min. Ces courbes démontrent le niveau de vibration relativement peu élevé du système de propulsion à cycloconvertisseur, principalement dans les bandes d'octaves les plus élevées.

Conclusion

Les études effectuées sur le *Henry Larsen* ont révélé que la corrélation la plus significative entre les éléments de fréquence électrique et les vibrations mécaniques était la fréquence fondamentale de la barre de 1 200 V du moteur de propulsion. Vu que le montage des moteurs de propulsion est rigide, la présence de la fréquence fondamentale de la barre de 1 200 V à la base du moteur de propulsion indique qu'elle sera vraisemblablement présente dans la signature acoustique du navire. À cause de la résonance de torsion de l'arbre, cette fréquence sera plus apparente dans la plage des 140 à 160 tr/min. Il semble que seule la fréquence fondamentale de la courbe d'onde de 1 200 V (0-18 Hz) produise une vibration mécanique significative pour le système de propulsion c.a./c.a. Comme on s'y attendait, on n'a pas observé d'harmoniques d'onde significatives.

La fréquence de torsion naturelle du système de propulsion est vraisemblablement responsable de l'augmentation significative de la vibration de fréquence fondamentale de la barre de 1 200 V qui a été observée à 155 tr/min. Ces conclusions sont étayées par le fait que l'amplitude de vibration de la fréquence de la barre de 1 200 V diminue de façon notable lorsque la vitesse du moteur de propulsion dépasse les 155 tr/min. La vibration de fréquence propre de torsion (15 Hz) est présente en tant qu'élément spectral significatif à la plupart des vitesses et fera probablement partie des éléments de la signature acoustique du navire. On peut imaginer qu'il

STARBOARD UNIT



PORT UNIT

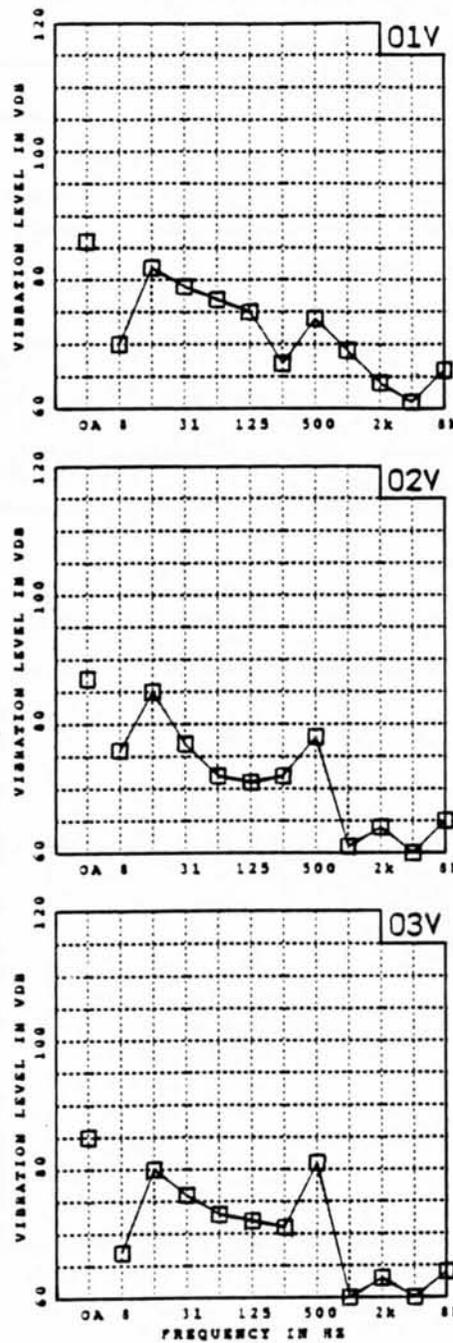


Figure 5. Bande d'octaves du moteur de propulsion à 75 tr/min.

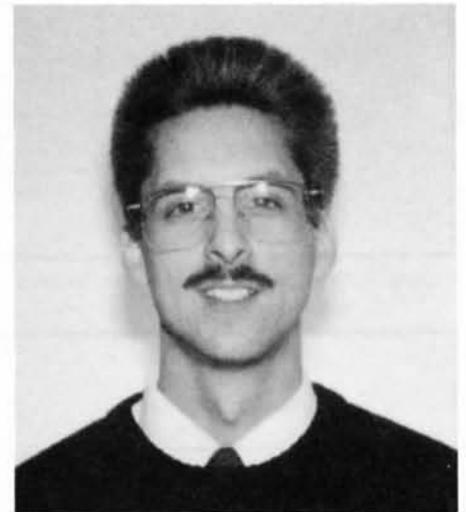
serait possible de concevoir de nouveaux systèmes de propulsion dont la fréquence propre de torsion serait en dehors du champ de fonctionnement d'un navire de guerre et par conséquent, qu'il serait possible d'éliminer cette caractéristique spectrale particulière.

Certaines fréquences du moteur diesel ont été observées sur les moteurs de propulsion électriques, indiquant qu'il se produit entre les deux un transfert des vibrations par l'entremise de la structure de la

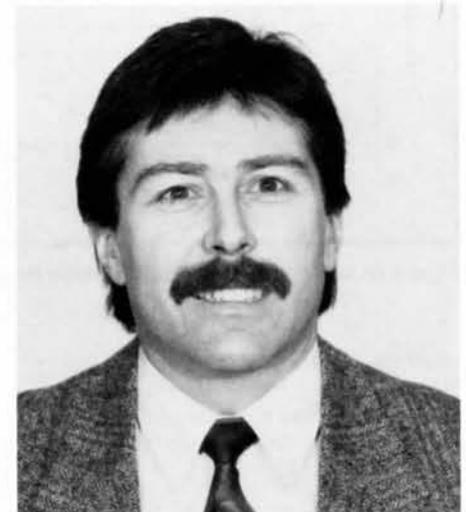
coque. La transmission des vibrations à la structure de la coque peut être réduite de façon significative en utilisant la disposition que l'on retrouve sur les navires de guerre pour les moteurs diesels de propulsion.

Les spectres de vibration des moteurs de propulsion, enregistrés sur le palier et sur la base, ont produit des amplitudes de

vibration très basses à des fréquences au-dessus de 550 Hz pour toutes les régimes d'essais. Cela signifie que la propulsion c.a./c.a. a le potentiel d'un système de propulsion à niveau sonore peu élevé, pourvu que les alternateurs diesel soient suffisamment isolés, et que la fréquence propre de torsion de l'arbre principal soit amenée au-dessus de la vitesse de fonctionnement maximale. ▲



R. Jacobs est un ingénieur de projet au Centre d'essais techniques (Mer) à Lasalle (Québec).



J.R. Storey est l'ingénieur sénior de la DMGE 6 responsable pour les systèmes électro-chimique et de propulsion électrique du bord.

Étude préliminaire sur la fiabilité des modules du réseau AN/SQR-19

par le lcdr (retraité) Leo Smit et le Lt(M) Chris Putney

Introduction

Le réseau remorqué américain AN/SQR-19 (V) a été choisi il y a plusieurs années comme étant l'appareil de détection le mieux adapté pour le Système canadien de surveillance par réseau remorqué (CANTASS). La production en série du SQR-19 a débuté au cours du dernier trimestre de 1985; les caractéristiques opérationnelles qui peuvent nous permettre d'en faire l'analyse du point de vue de la gestion du matériel commencent seulement à nous parvenir. Le présent article tente de faire une évaluation préliminaire à partir des renseignements recueillis par le personnel technique.

Renseignements préliminaires

Le réseau AN-SQR-19 est en opération sur le NCSM *Fraser* (avec l'ETASS, le système expérimental) depuis janvier 1987 et sur le NCSM *Annapolis* (avec un prototype avancé du CANTASS) depuis avril 1988. Les deux navires comptaient environ 4 300 heures de remorquage au total au 31 octobre 1989 et certains modules ont totalisé jusqu'à 2 200 heures d'essais ou 60 cycles de mise à l'eau/recouvrement. Vingt-huit modules ont eu une défaillance ou ont présenté un défaut qui a diminué leur capacité à fonctionner normalement, et 20 autres modules (un réseau complet) ont été endommagés dans un accident.

Comme les réseaux avaient été acquis au tout début du programme de développement de la Marine américaine, il n'existait pas de données antérieures qui nous auraient permis d'évaluer leur fiabilité. Le constructeur estimait que le temps moyen entre défaillances (M.T.B.F.) des modules serait de 2 000 heures, quel que soit le type de module — une estimation apparemment raisonnable jusqu'à ce que l'on découvre que quelques-unes des défaillances de certains modules et toutes les défaillances de certains autres peuvent empêcher tout le réseau de fonctionner. Toutes les données de fonctionnement subséquentes ont été lentes à nous parvenir, mais cela a finalement peu d'importance parce que de toutes façons, tout porte à croire que nos temps de fonctionnement sont deux fois plus élevés (moyenne d'heures de remorquage par

année par navire) que ceux de la Marine américaine et que si des problèmes doivent survenir, nous avons davantage de chances qu'eux de les rencontrer en premier.

À la suite de divers incidents survenus au début de 1987, on a demandé au personnel du *Fraser* et de l'*Annapolis* de tenir des registres détaillés des essais effectués avec les réseaux remorqués et de transférer ces données sur un équipement de support électronique, pour permettre d'en faire plus tard l'analyse détaillée. Cette demande aux techniciens des navires était justifiée par la certitude que nous savions qu'un jour ces renseignements deviendraient importants et qu'il nous serait impossible de les retrouver sans un registre détaillé en temps réel.

Des événements survenus vers la fin de 1988 qui remettaient en question la durée de vie apparente de certains modules nous ont causé des inquiétudes — d'autant plus que les stocks de pièces de rechange diminuaient continuellement et qu'il a fallu un certain temps pour trouver une façon de réparer les modules. Il était donc temps d'entreprendre une étude de fiabilité à l'aide de données concrètes. À cet effet, on a demandé à la division spécialisée dans les systèmes de combat de l'École de la Flotte à Halifax d'inclure ce sujet dans le cours spécialisé sur les systèmes de combat.

Réseau remorqué AN-SQR-19

On trouvera un excellent résumé des caractéristiques du réseau dans l'article du lcdr R. Marchand intitulé : "CANTASS — Les moyens de lutte ASM à l'assaut

du 21^e siècle" (*RGM, janvier 1989*). Pour les besoins de la présente étude, nous avons cru utile de regrouper les modules selon leurs fonctions générales (voir figure 1).

Les modules de types différents ont des niveaux de fiabilité différents, et on peut caractériser ces différences comme suit :

- Les tuyaux des modules d'amortissement de vibrations (VI) sont faits d'un matériau différent de celui des autres modules, sauf ceux des derniers deux-tiers du module de mesure de cap, de température et de profondeur d'immersion (HDT) qui sont faits du même matériau que ceux du module VI et qui sont soumis à une traction directe par la traînée du reste du réseau. Les autres modules ont un membre de résistance interne en Kevlar.
- Les raccordements électriques des modules sont assurés par des connecteurs à 120 broches, sauf pour le module VI et la partie avant du module de commande de télémétrie (TD) où le trajet électrique est triaxial.
- Bien que fonctionnellement similaire, le module TD contient plus d'ensembles de circuits électroniques étanches que le HDT qui contient, lui, les trois capteurs non acoustiques pour l'enregistrement des données de cap, de température et de profondeur. Tous les modules acoustiques contiennent le même nombre d'hydrophones, mais ils sont groupés en canaux : ceux

Function group	Type (Qty)	
VIM	FVIM (1) AVIM (1)	Forward Vibration Isolation Module After " " "
Electronics	TDM (1) HDTM (1)	Telemetry - Drive Modules Heading Depth Temperature Module (performs TD functions for VLFM's)
Acoustics	HFM (2) MFM (2) LFM (4) VLFM (8)	High Freq. Mid Freq. Low Freq. Very Low Freq.

VIM and Electronics modules are also collectively referred to as "Non-acoustic" types.

Fig. 1. Fonctionnalité générale des modules

des hautes fréquences ont plus de canaux que ceux des basses fréquences; par conséquent, on peut s'attendre à ce qu'il y ait un taux de défaillance plus élevé sur les types à haute fréquence.

- d. Durant la mise à l'eau et le recouvrement, les modules peuvent être sollicités à des niveaux de contrainte très différents, selon leur position, soit dans le guide d'enroulement, soit lorsqu'ils sont à la surface ou près de la surface de l'eau, où la turbulence et l'action des vagues peuvent avoir un impact significatif.

Modes de défaillance des modules

La figure 2 illustre, en termes généraux, les types de défaillances subies par chacun des types de modules. Un module qui a une défaillance électronique et qui demeure dans la catégorie des pièces "utilisables" n'oblige pas l'équipage à récupérer et remplacer le réseau. Si nous avions un stock illimité de modules de rechange, ils seraient remplacés par des modules en parfait état à la première occasion, mais dans les conditions actuelles, on doit habituellement les laisser en service.

La base de données classe les défaillances selon leur origine : électrique ou mécanique. Les modules détériorés sont classés "en usage", ou "disponibles pour usage".

Généralités

"La fiabilité se définit comme étant la probabilité qu'un dispositif répondra correctement aux besoins pendant la période prévue dans les conditions de fonctionnement prévues". Les données d'analyse des défaillances s'expriment soit en termes de nombre de pannes dans une période donnée, soit en termes de durée moyenne entre pannes.

Après avoir étudié les équipements cibles, l'étude de fiabilité doit être effectuée selon les étapes suivantes :

- Analyser les données brutes afin de déceler s'il en manque, ou si certaines sont trompeuses ou incorrectes. S'assurer que toutes les données sont prises en compte, ou n'en éliminer que sur la base de bons principes techniques.
- Choisir la distribution qui correspondra le mieux aux données et qui répondra le mieux aux hypothèses logiques.
- Déterminer le temps moyen entre les défaillances.
- Faire la vérification des résultats.

MODULE TYPE	MECHANICAL DEFECTS	ELECTRONIC DEFECTS	
	UNSERVICEABLE	UNSERVICEABLE	SERVICEABLE
FVIM	1. coupling defects	1. coaxial electrical path	
AVIM	-threads		
	-O-ring seats		
TDM	-pin/socket damage	1. all electronic defects	
	-hose/coupling interface		
HDTM	2. hose wall	1. all drive/telemetry function defects	1. temperature
		2. compass	2. depth
VLF, LF, MF, HF	-punctures, cuts, tears	1. fails ARRAY INVASIVE TEST SHEET	
VLF	3. major degradation	2. >1 U/S channel	1. limited channels U/S:
LF	-extensive scuffing	2. >2 U/S channels	-failed HYDROPHONE CAL. TEST SHEET
MF	-looses Isopar-M a lot	2. >3 U/S channels	-consistently Auto-Zeroes
HF	-for VIMS, permanent stretch > approx 5'	2. >5 U/S channels	-creates display artifacts

Fig. 2. Résumé de l'importance des défaillances de modules AN/SQR-19

Analyse des données

Il est important de ne pas oublier que dans une étude de fiabilité, ce n'est pas tant la panne d'un composant en soi qui est vraiment significative, mais la certitude que ce composant a fait défaut. Au cours de 1988, on a découvert que les compas d'un grand nombre de modules de mesure de cap, de température et de profondeur donnaient parfois des lectures erronées. Ils ont donc été remplacés par des modules de rechange, jusqu'à ce qu'on découvre que le problème avait été causé par l'infiltration très lente de petites quantités d'eau de mer, et cela dans n'importe quelle connexion de modules. On n'avait qu'à nettoyer et rebrancher les connexions pour que le HDT se remette à fonctionner. Mais, vu que les modules avaient été retirés du service, on les a classés comme étant défectueux. Il faut néanmoins souligner que si l'on s'était servi de telles données pour déterminer les besoins en ressources de la GCVN, les résultats auraient été erronés et on aurait eu tendance à stocker ces modules en trop grande quantité. Nous avons donc décidé de ne pas inclure de telles données quand les défaillances avaient été incorrectement attribuées à des modules. Elles devraient quand même faire partie intégrante de toute étude sur la fiabilité des réseaux en tant qu'éléments constitutifs (qui n'a pas encore été entreprise) et qui aurait un impact opérationnel (plutôt que logistique) plus significatif.

Nous avons aussi décidé, à l'examen des données, de considérer tous les modules détériorés comme étant défectueux, puisqu'ils auraient aussi été remplacés de toutes façons si nous avions eu les ressources suffisantes.

L'analyse initiale des données brutes nous a obligé à prendre une troisième décision : déterminer quel type de défaillance était valide sans fausser arbitrairement les données. Le problème était le suivant : comment évaluer l'endommagement complet de tout un réseau par échouage, survenu en février 1987, accident qui représente 40 pour cent de l'ensemble des défaillances de modules. D'une part, il est inévitable que, de temps en temps, un navire accroche son réseau sur un obstacle quelconque. Avec les années et l'accumulation des données, l'incidence de ce genre de problème devrait correspondre dans la base de données à son pourcentage réel du total des causes de la M.T.B.F. D'autre part, si l'on veut essayer de prévoir avec une précision raisonnable les besoins logistiques, il faut reconnaître que cet événement, à lui seul, a une incidence importante sur les calculs de la M.T.B.F. pour les modules acoustiques.

Tout en reconnaissant qu'il y aura encore de pareilles catastrophes dans le futur, la meilleure façon de les comptabiliser est d'en déterminer la fréquence. Dans leurs estimations préliminaires, les responsables du projet au QGDN ont estimé la possibilité de perdre accidentellement un réseau complet durant le remorquage à une fois par 7 ans par navire.

Finalement, nous avons évalué la validité de l'analyse de chaque module par mode de défaillance, mais nous avons rejeté cette option à cause des interrelations intrinsèquement complexes entre les différents modes de défaillance et de l'étroitesse de la base de données.

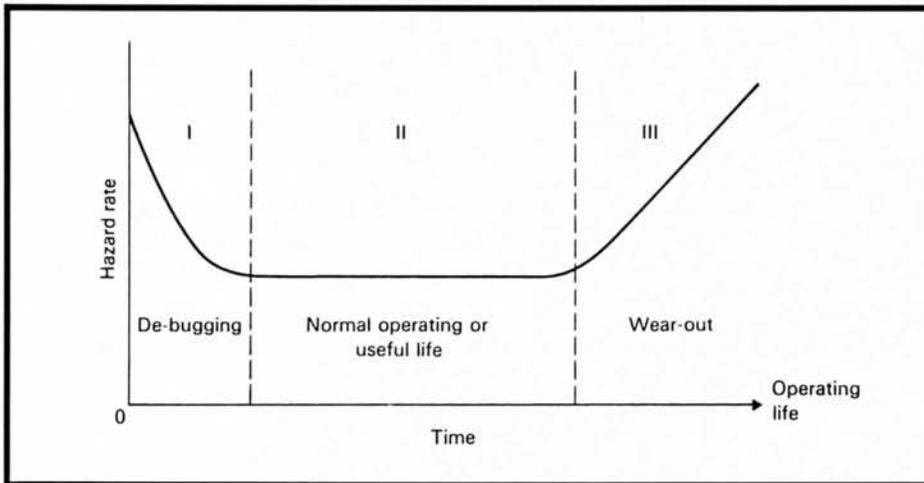


Fig. 3. Taux de défaillance typique des composants électroniques en fonction de l'âge.

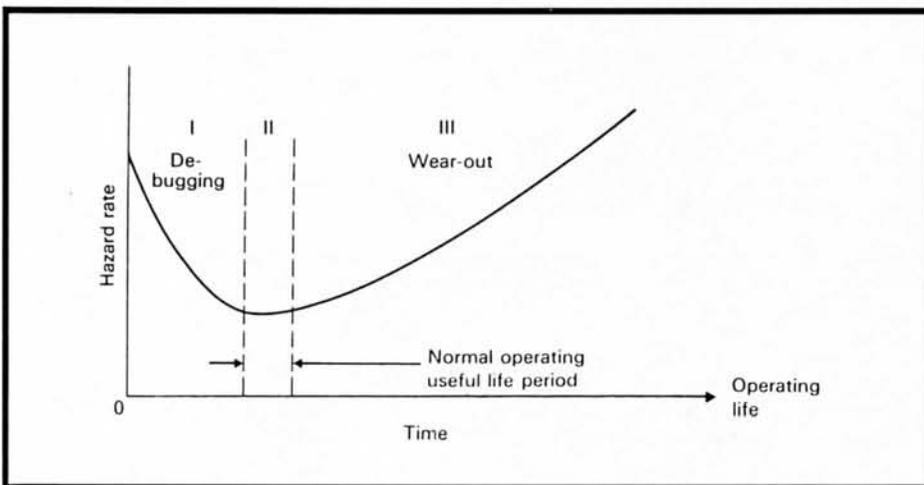


Fig. 4. Taux de défaillance typique des composants mécaniques en fonction de l'âge.

Sélection de la distribution des données

La plupart des systèmes de combat sont une combinaison de composants mécaniques et électroniques. Comme l'illustrent les figures 3 et 4, les composants électroniques et mécaniques n'ont pas les mêmes taux de défaillance au cours de leur durée de vie. L'équipement électronique a une période de "fonctionnement normal" plus longue que les composants mécaniques, tandis que ces derniers ont une période d'usure plus longue.

Après avoir analysé plusieurs distributions courantes (Poisson, Weibull, Rayleigh, normale, logarithmonormale et exponentielle), nous avons conclu que la distribution exponentielle était la plus appropriée pour notre étude. Pour que cette distribution soit applicable, il est très important que le taux de défaillance soit constant. Ce taux est abondamment utilisé dans l'analyse des systèmes réparables où les composants passent continuellement de

l'état opérationnel à l'état défectueux. On applique cette méthode à l'étude des accidents de réacteurs nucléaires parce qu'elle est bien adaptée aux situations où les données sont rares.

Bien que les taux de défaillance constants ne soient valables que pour la durée de vie utile d'un composant et non valables pour la période de rodage ou lorsque les composants sont hors service, on doit présumer qu'ils sont constants tout au long de la durée de vie du composant. Dans le cas des réseaux remorqués, les modules font constamment défaut et sont constamment remplacés. À tout moment, il y a des modules à l'étape du rodage, d'autres hors service, et d'autres dans leur période de vie utile. Si l'on fait la moyenne, on trouve qu'avec le temps, le taux de défaillance d'un type de module particulier devient constant. Une telle supposition est aussi appuyée par Billinton et Allan : "Les données sont souvent très limitées et insuffisantes pour vérifier la distribution sous-jacente correcte. Conséquemment, il n'est pas réaliste d'utiliser une distribution plus compliquée que ne le justifient les données."³

Calcul du temps moyen entre défaillances

Il est particulièrement difficile d'évaluer quantitativement les données sur le SQR-19 parce qu'elles comprennent des données multiples censurées. Le Dr. Wayne Nelson, au cours de ses travaux pour la compagnie General Electric, a développé une méthode qui permet de calculer les données multiples censurées pour en obtenir l'information technique à partir de la distribution des défaillances par rapport au temps. La figure 5 illustre la méthodologie complète utilisée pour calculer le temps moyen entre défaillances à partir de telles données.

Vérification des résultats

Plusieurs tests statistiques ordinaires ont été étudiés. Pour deux de ces méthodes, à savoir le test chi carré de validité de l'ajustement⁴ et le test de Bartlett⁵, l'échantillon n'est pas assez représentatif. Un troisième test, le test de Kolmogorov-Smirnov⁶ (ou test K-S) peut être utilisé avec des petits échantillons mais, au mieux, il n'assure qu'un niveau de confiance de 20 p. cent, niveau pour lequel aucune de nos données n'a été rejetée pour tous les types de module.

Parce que nous avons été dans l'impossibilité de trouver un test qui assurerait un degré de confiance raisonnable, nous avons conçu une autre méthode, moins rigoureuse mathématiquement, qui nous permet d'avoir une meilleure image des tendances de la M.T.B.F. et de prévoir nos besoins futurs. Ce test, officieusement appelé "test de la mort", exige que nous changions manuellement le statut du module opérationnel ayant le plus d'heures de service (un de chaque type), que nous le traitions comme un module défectueux dans nos calculs et que nous réduisions les "heures de fonctionnement" de 0,1 heure. Les M.T.B.F. sont alors recalculées de la façon habituelle et comparées aux précédentes. Les résultats de cette méthode sont analysés dans les sections suivantes.

Résultats

La figure 6 montre la M.T.B.F. du module calculée à partir des données d'utilisation enregistrées depuis 1989. On a incorporé les résultats du "test de la mort" pour fins de comparaisons.

Noter que le "test de la mort" n'a aucun effet sur les résultats obtenus pour les modules VI et TD, puisque ces modules, les plus utilisés et encore opérationnels, ont été moins utilisés que certains des modules qui ont fait défaut.

Example: FVIM Modules

Serial Number	Status	Op Hours	Rank	Hazard	Cumulative Hazard
018	degraded	1460	1	100	170
071	degraded	1081	2	50	70
083	operational	721	3	0	-
089	operational	525	4	0	-
068	failed	100	5	20	20
070	spare	0	6	0	-
090	spare	0	7	0	-
080	spare	0	8	0	-
088	spare	0	9	0	-

This segment describes the methodology developed by Dr. Nelson to determine MTBF of incomplete failure data, using FVIM as the example.

First, order the modules from most to least hours operated, without regard to whether they are censored or failure times. If some censored and failure times are of equal hours, then they should be put into the list in a well-mixed fashion.

Next, obtain the corresponding hazard value for each failure time. The hazard value is the observed conditional probability of failure at a failure time, that is, the percentage of units that ran that length of time and then failed. Algebraically, $Hazard = (100/Rank)$.

Next, for each failure time, calculate the corresponding cumulative hazard value and the hazard value -- the sum of its hazard value and the hazard values of all preceding failure times.

Finally, the cumulative hazard of each failure is plotted versus the time of failure (denoted by "hours operated"). Using least-squares fit, the best linear approximation to the data points is determined; the straight line must pass through the origin. The MTBF is now the number of operating hours corresponding to a cumulative hazard of 100%.

All the above functions have been incorporated in a Lotus 1-2-3 macro.

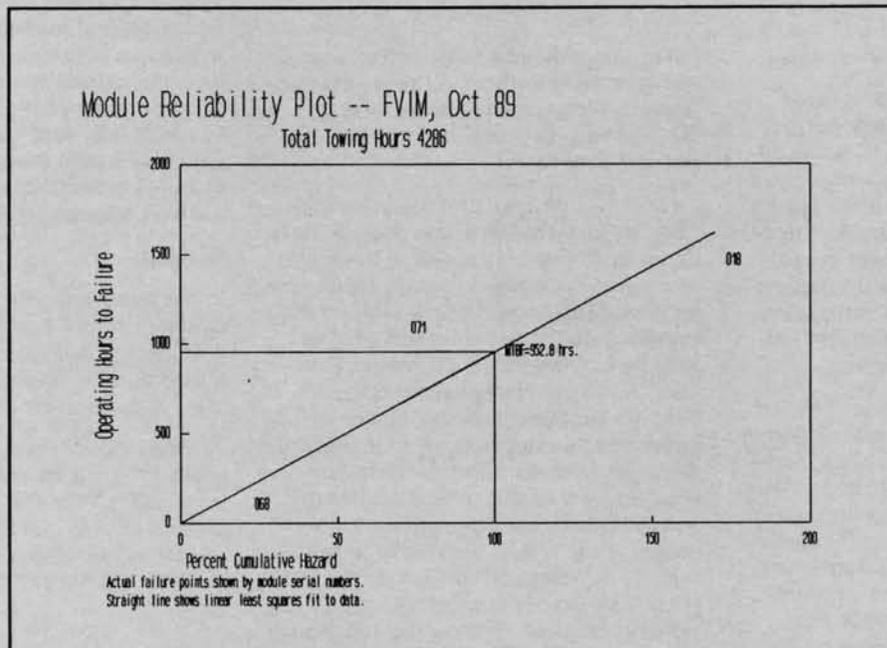


Fig. 5. Courbe des défaillances pour données de défaillances incomplètes.

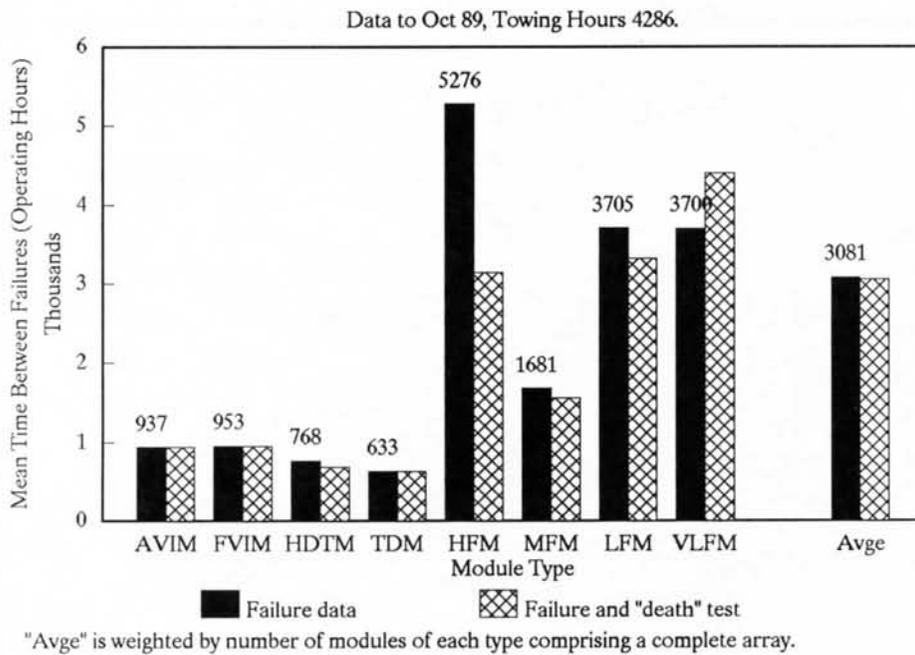


Fig. 6. M.T.B.F. du réseau AN/SQR-19 par type de module.

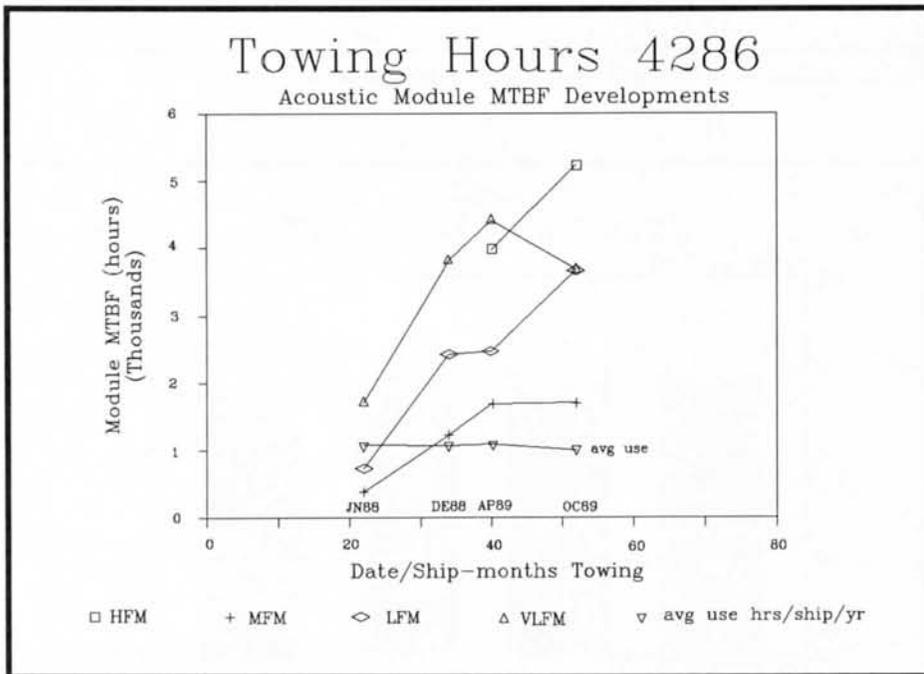


Fig. 7. Calcul de la M.T.B.F. pour les modules acoustiques.

Les modules HDT ont tous été remplacés à un moment ou l'autre à la suite du problème de données mentionné précédemment. Nous sommes donc en face d'un bon nombre de modules qui n'ont que quelques centaines d'heures de fonctionnement, comparativement à beaucoup moins de modules qui ont un nombre d'heures de fonctionnement plus élevé. En conséquence, à l'heure actuelle, le "test de la mort" ne donne pas de renseignements utiles à propos de ce type de modules; en

effet, plusieurs modules HDT ayant été remplacés prématurément, les estimations de la M.T.B.F. sont plutôt conservatrices.

Pour les modules acoustiques, le "test de la mort" indique que l'on peut raisonnablement accorder une certaine crédibilité aux résultats du M.T.B.F. obtenus pour les modules MF, LF et VLF. Soit que les modules HF soient exceptionnellement fiables, soit que nous ayons été très chanceux avec ces modules!

Noter les modestes changements dans la moyenne pondérée du M.T.B.F. (1xFVIM + 1xAVIM + 1xTDM + 2xHFM + 2xMFM + 4xLFM + 8xVLFM + 1xHDTM)/20 à la suite de l'application du "test de la mort". Nous interprétons ces résultats comme une indication que la méthode utilisée est crédible pour prévoir le nombre total de défaillances susceptibles de survenir pendant un certain intervalle de fonctionnement (heures de remorquage), bien que le nombre total des défaillances de chaque type de module puisse varier.

Les figures 7 et 8 montrent les M.T.B.F. de chaque module, calculées en fonction d'une base de temps, à chaque mise à jour de la base de données. Chaque graphique montre aussi le taux d'utilisation du réseau. Cette méthode de calcul de la M.T.B.F. des modules devrait s'avérer particulièrement utile pour le GCVM (au début du programme) en donnant aux résultats un certain degré de crédibilité et en indiquant les endroits où il serait même permis de faire des prédictions valables. De plus, des changements soudains dans la M.T.B.F. peuvent être un signe de problèmes potentiels avec certains modules ou avec leur déploiement. Il est évident pour les deux séries de données que celles de juin 1988 n'étaient pas assez nombreuses pour pouvoir faire une analyse valable. Cependant, les tendances des données des deux dernières périodes montrent que pour plusieurs types de modules, on peut se servir des M.T.B.F. calculées avec un certain degré de confiance pour prévoir les besoins futurs en réparations et en stockage.

Les résultats pour lesquels on peut accorder le plus haut degré de crédibilité sont ceux des modules FVI et VLF, là où la droite prend la pente zéro, ou alterne entre les pentes positive et négative tout en maintenant une tendance horizontale. Il est important de noter cependant que, même si une section de droite entre les deux valeurs est horizontale (ce qui *peut* signifier qu'il n'y a eu aucun changement dans la M.T.B.F. de ce type de module), il est plus que probable que cela indique en fait qu'aucun des modules de ce type n'a eu de défaillance *et* que son rang relatif (en nombre d'heures de fonctionnement) est demeuré inchangé dans cet intervalle. (Par exemple, dans la figure 5, si les modules FVI 083 et 089 fonctionnent encore pendant 300 heures sans faire défaut, la M.T.B.F. des modules FVI reste inchangée). On peut accorder moins de crédibilité (ou pas du tout!) à la M.T.B.F. des modules HDT, HF, LF, ou même TD. Le prochain cycle de mise à jour (printemps 90) devrait nous en apprendre plus, si le taux d'utilisation demeure constant.

En passant, il est intéressant de noter que les modules originaux du réseau actuel du *Fraser* ont fonctionné pendant quelque 700 heures de plus que les modules originaux de l'*Annapolis*. À cause de l'algorithme utilisé, en supposant qu'il n'y aura pas d'autres défaillances, toute défaillance de l'un des modules acoustiques d'origine de l'*Annapolis* devient un événement statistique qui ne modifie la M.T.B.F. de ce type de module qu'une seule fois à court terme, tandis qu'une défaillance de l'un des modules originaux du *Fraser* la modifiera deux fois : une première fois quand le bris survient, parce que valeur de défaillance est relativement élevée, et une deuxième fois environ six mois plus tard quand le nombre d'heures de fonctionnement des modules de l'*Annapolis* devient supérieur à celui du module qui a fait défaut (ce qui n'est pas particulièrement apparent dans l'exemple de la figure 5).

À ce moment-là, la valeur de défaillance du module et le pourcentage de défaillance cumulatif correspondant diminueront, ce qui aura pour résultat une M.T.B.F. plus élevée. Cela sera le plus prononcé sur le module VLF, puis sur le module FL, puis de façon moindre sur les modules MF et HF à cause du nombre de modules de chaque type requis pour faire un réseau complet. (Noter que cela s'appliquera aussi aux modules de remplacement lorsque surviendront les premières défaillances, mais il s'agira de cas uniques avec un impact moindre.) À long terme, ces effets artificiellement prononcés se fondront dans la moyenne.

Une extrapolation

La figure 9 montre, pour chacun des trois derniers intervalles de données et pour le "test de la mort" du dernier intervalle, le nombre de modules qui peuvent avoir une défaillance annuelle, une fois que tous les navires auront été équipés (les 12 frégates plus les deux navires de la classe 165). Bien que les chiffres varient d'une période à l'autre pour chaque type de module, le total demeure à peu près constant. Les chiffres de la M.T.B.F. du module OC89 sont peu élevés surtout à cause d'une réduction de 10 p. cent du taux d'utilisation (due en grande partie aux préparations pour le transfert de l'*Annapolis* sur la côte ouest, ainsi qu'à la durée du voyage).

Pour extrapoler un taux de remplacement total et pour estimer nos besoins en réparation et en révisions à partir de ces chiffres, on doit tenir compte de deux autres facteurs significatifs : premièrement, une estimation du nombre de modules qui peuvent être perdus ou

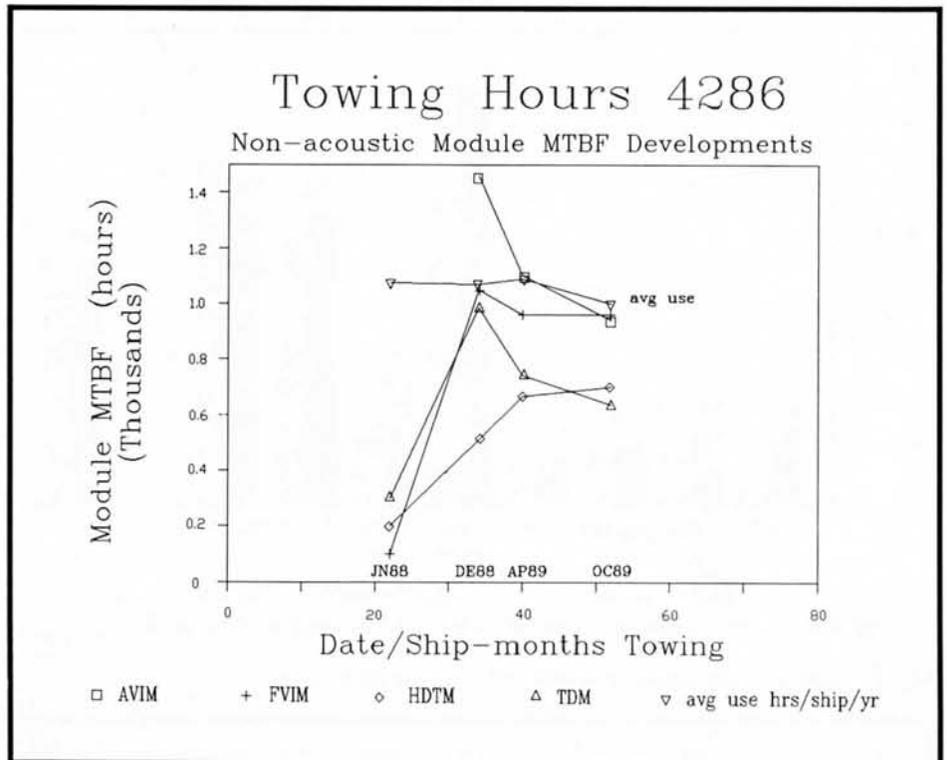


Fig. 8. Calcul de la M.T.B.F. pour les modules non acoustiques.

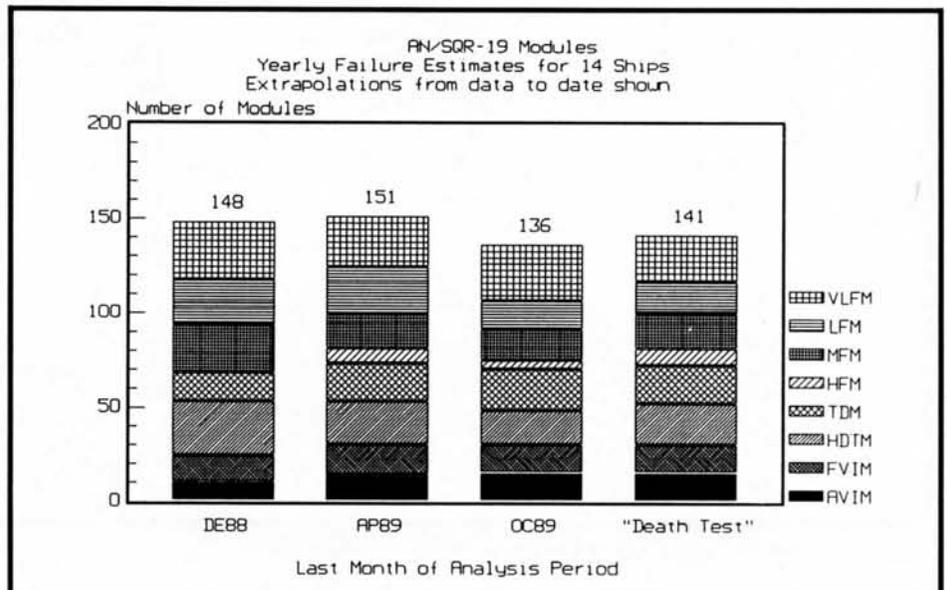


Fig. 9. Estimations annuelles des défaillances de modules pour 14 navires.

endommagés par accident (environ 40 par année), deuxièmement, on n'a pas pris en considération la politique de radoub en ce qui concerne les navires remorqueurs dans les calculs du taux d'utilisation. Le calcul est facile : on "sauve" environ un module par navire par mois grâce aux radoubs. Il y a aussi de fortes chances qu'un navire au radoub va profiter de l'occasion pour que son réseau et tous ses modules de

rechange soient complètement vérifiés et révisés, ce qui correspondra à une augmentation nette pouvant aller jusqu'à 30 modules (selon l'état des réseaux et des modules de rechange) dans le nombre d'unités apportées aux installations de réparation et de révision, moins un module pour chaque mois de durée du radoub. Il se peut que le résultat net soit une augmentation de zéro!

Glossaire

Temps moyen observé jusqu'à la défaillance (M.T.T.F.) : Valeur prévue d'une fonction de densité de défaillance. En d'autres termes, si on a pu déterminer combien de temps il faut à un type de composant avant de faire défaut, et si l'on fait la moyenne pour le nombre de composants, on peut extrapoler la durée de vie du composant, ou M.T.T.F. (Billinton, P. 155)

Temps moyen entre défaillances (M.T.B.F.) : La MTTF s'applique aux articles qui ne sont pas réparés; la M.T.B.F. s'applique aux articles qui sont réparés. La M.T.B.F. ne comprend pas le temps d'immobilisation, elle peut donc être définie comme étant de "temps de fonctionnement" entre les défaillances.

Taux de défaillance : La mesure du taux auquel survient une défaillance. (Billinton, p. 127) On le désigne d'un $\lambda(t)$ où :

$$\lambda(t) = \frac{\text{nombre de défaillances par unité de temps}}{\text{nombre de composants exposés aux défaillances}}$$

Données multiplement censurées : Données de défaillances incomplètes comprenant le temps avant la défaillance sur les unités qui ont fait défaut et le temps de fonctionnement différent sur les unités qui n'ont pas fait défaut. (Nelson, p. 120)

Intervalle de confiance : Supposons que l'on doive calculer un intervalle de confiance de 95 p. cent. Cela implique que, à la longue, on peut s'attendre à ce que 95 p. cent des limites ainsi calculées comprennent la vraie durée de vie du module. Cela ne signifie pas cependant que dans n'importe quel cas, il y a 95 % de probabilité que la durée de vie réelle du module se trouve entre les limites calculées de cette façon. (Bowker et Lieberman, p. 294)

Article censuré : Un article qui fonctionne encore à la fin d'un essai en temps limité.

Temps censuré : La durée pendant laquelle un article censuré a fonctionné quand l'essai prend fin.

Les modules ont été achetés jusqu'ici par groupes de dix, à raison de deux pour les modules LF et VLF, et d'un pour tous les autres. Les données de défaillance recueillies nous indiquent que si nous continuons d'acheter des modules selon les mêmes critères, nous aurons sans cesse une pénurie de modules TD et des surplus grandissants de modules LF; ou, si nous ajustons nos achats selon nos besoins en modules TD, nous aurons un surplus de tous les autres. Un des modules LF devrait être remplacé par un TD dans chaque groupe de dix modules de remplacement afin d'arriver à un certain équilibre. Il se peut que nous ayons un surplus de modules HF mais nous ne sommes pas certains de la M.T.B.F. de ces derniers.

Notre étude ne va pas jusqu'à recommander les niveaux de stock requis pour les composants de modules. Il nous faudrait des données de réparation et de révision sur ces modules pour entreprendre un tel suivi, ce qui serait dans la logique des choses, mais nous aurions aussi besoin d'une base de données beaucoup plus étendue à cause du nombre de composants en cause. Nos observations à ce propos se limitent au résumé de la figure 10.

Bien que la moyenne pondérée de la M.T.B.F. mentionnée précédemment dépasse l'estimation du fabricant, qui est de 2 000 heures, il est clair qu'il y a un problème de fiabilité (ou d'utilisation excessive) avec les modules de type non acoustique (bien que le jury n'ait pas encore décidé du sort des modules HDT!) et que ce problème mérite qu'on s'y attaquât. Une étude des problèmes des modules TD devra nécessairement être entreprise par le fabricant (du moins, tant que nos propres installations de réparation et de révision ne seront pas en place), et cela, le plus tôt possible, étant donnée l'importance de ce module dans le fonctionnement d'un réseau. Les problèmes encourus avec les modules VI se manifestent par la perte d'élasticité du tuyau, et ils font l'objet d'une étude par les membres de l'équipe du CRDA et du projet CANTASS depuis décembre 1988, mais à cause des retards dans la livraison du matériel nécessaire aux essais destructifs, les activités ont été suspendues jusqu'à l'automne dernier.

Proportion of Failed Modules	Minimum Repair Work Probably Required	Module Types
32%	Rehose	mostly VIM, Ac
28%	Replace some electronics	mostly TDM, HDTM
11%	Replace hydrophone and/or amp and/or wiring harness	Acoustic
11%	Replace pin connectors	mostly Acoustic
7%	Rehose <u>and</u> replace wiring harness and/or electronics	Any
7%	Replace mechanical coupling	Any
4%	Replace pins <u>and</u> electronics	mostly Acoustic

Fig. 10. Résumé des réparations et révisions.

Conclusion

Pendant l'été 1989, les membres du projet CANTASS et du projet des frégates ont entrepris les travaux de mise en place d'une installation de réparation et de révision des modules AN/SQR-19 de la marine canadienne. La documentation fournie par le fabricant indiquait qu'une installation de configuration normale

a une capacité de deux modules par semaine. Il est donc manifeste que nous aurons besoin d'une capacité correspondant presque à deux installations. En raison des contraintes de transport et de disponibilité, il serait préférable d'avoir une installation sur chaque côte plutôt qu'une double capacité sur une seule côte.

Pour l'opérateur, il est important de noter que, pour une M.T.B.F. moyenne pondérée de 3 081 heures, on peut s'attendre à 20 défaillances individuelles durant cet intervalle. Certains types de défaillances peuvent ne pas nécessiter le recouvrement immédiat du réseau et certaines autres seront détectées en même temps que d'autres ou pendant que le réseau est à bord; il se peut donc que les navires aient à interrompre leurs opérations pour remplacer un module, en moyenne à toutes les 300 ou 400 heures, et soient "inutiles" pendant deux à trois heures.

La dépendance prévue de la M.T.B.F. envers le nombre de canaux présents sur les modules acoustiques ne s'est pas matérialisée jusqu'ici. De même, nous n'avons pas encore pu faire de corrélation entre la position d'un module dans le réseau et sa M.T.B.F. Il n'y a pas de tendance évidente lorsque l'on compare les M.T.B.F. par types de modules avec leur regroupement positionnel. Nous avons pris note de leur position et ces données peuvent être analysées au besoin, mais comme ces renseignements ne sont pas dans la base de données électronique, il faudra éplucher les dossiers à la main (un de nos passe-temps préférés) et probablement recueillir beaucoup plus de données de fonctionnement.

Nous avons aussi été incapables de faire plus de corrélations utiles, en nous servant de la M.T.B.F. et de l'analyse qui précède, entre les cycles de déploiement et de recouvrement et les défaillances mécaniques.

Au moment opportun, le Système d'approvisionnement sera équipé pour traiter l'approvisionnement et le retour des modules; le stock de modules de remplacement sera suffisant pour permettre le remplacement des modules détériorés; la réparation des modules deviendra partie intégrante du soutien; et les données sur la fiabilité seront consignées par le SIGMN. D'ici-là, et même après, il est important que le personnel de soutien technique alimente la base de données (quelle qu'en soit la forme) et se tienne au courant des développements en ce qui a trait à la fiabilité, à mesure de l'évolution de la situation. Quoi qu'il en soit, il s'agit ici d'un excellent exemple du rôle crucial que jouent les membres de la communauté technique en matière de soutien logistique intégré durant la phase initiale d'un projet où des équipements de série sont utilisés. 🇨🇦

Remerciements

Les auteurs désirent exprimer leur gratitude aux anciens TEC AN, TEC ELECTRON N(A) et spécialistes en systèmes de combat anciennement du NCSM *Annapolis* et du NCSM *Fraser* pour leur zèle à recueillir les données qui ont servi de base à la présente étude.

Références

1. Roy Billinton et Ronald N. Allan, *Reliability Evaluation of Engineering Systems: Concepts and Techniques* (New York: Plenum Press, 1983), p. 2.
2. Billinton, p. 135.
3. Billinton, p. 150.
4. Wayne Nelson, "Hazard Plotting for Incomplete Failure Data," *Journal of Quality Technology*, (January 1969).
5. Albert H. Bowker et Gerald J. Lieberman, *Engineering Statistics*, 2^e édition, (Englewood Cliffs, N.J.: Prentice-Hall Inc., 1972) p. 459.
6. K.C. Kapur et L.R. Lamberson, *Reliability in Engineering Design* (New York: John Wiley and Sons, 1977), p. 239.
7. Bowker and Lieberman p. 454.



Le Ltcdr Smit a pris sa retraite de la marine l'été dernier. Il a été l'officier d'essais et d'installations du CANTASS d'avril 1986 à octobre 1989, et a continué à travailler pour CANTASS sur l'analyse des essais jusqu'à avril 1990.



Le Lt(M) Putney est un officier de l'administration au CEOM Esquimalt. Il a participé à cette étude du projet CANTASS pendant son cours de spécialiste en systèmes d'armes (8901) à l'EFFC (H).

L'information, la clé du succès



Par Janet Cathcart

Si vous avez obtenu une nouvelle affectation récemment et que vous avez besoin de renseignements de base sur vos nouvelles responsabilités, si vous désirez être informé de la parution des documents et des rapports ayant trait à votre spécialité, si vous avez besoin d'aide pour faire la recherche nécessaire à la rédaction d'un document ou d'un discours ou à la préparation d'un exposé, si vous devez consulter les documents scientifiques et techniques publiés par les spécialistes de la défense du Canada, des États-Unis, des pays de l'OTAN ou d'autres pays, pour toutes ces raisons et d'autres encore, vous devriez communiquer avec la Direction des services d'information scientifique (DSIS) car elle possède la réponse à vos questions.

La DSIS appuie les activités de recherche et de développement de l'infrastructure militaire canadienne en mettant à la disposition de cette dernière les documents et l'information scientifiques et techniques qui ont trait à la défense. Des spécialistes s'occupent de certains domaines spécialisés. C'est le cas notamment de Cheryl MacLennan, agent d'information scientifique, qui exerce les fonctions d'expert-conseil en matière d'information maritime au sein de la DSIS. Parmi les sujets les plus populaires qui ont récemment fait l'objet d'une demande de renseignements

elle cite : les installations informatiques à bord des navires, la propulsion marine, la lutte A.S.M. et l'acoustique sous-marine.

La majeure partie de la collection de documents de la DSIS est composée de rapports techniques, parfois classifiés, provenant d'organismes de défense du Canada, des États-Unis, du Royaume-Uni et d'autres pays, ainsi que d'organismes de défense internationaux. Cette collection unique de documents scientifiques et techniques ayant trait à la défense porte non seulement sur le génie et la guerre maritimes mais aussi sur une grande variété d'autres sujets, dont : l'aéronautique, les sciences appliquées, les communications, l'informatique, le génie, les sciences médicales et biologiques, les sciences militaires, les sciences physiques, les sciences sociales et les sciences du comportement.

Depuis 1969, les renseignements bibliographiques relatifs à tous les documents du MDN ont été enregistrés dans la base de données informatisée. L'agent d'information scientifique de la DSIS peut consulter pour vous la base de données et vous fournir la liste des documents pertinents à votre recherche. Bien entendu, la DSIS peut également vous procurer les documents figurant sur cette liste.

Le service de Dissémination sélective de l'information (DSI), est extrêmement utile car il a pour objectif de vous tenir au courant des nouvelles parutions dans votre domaine d'intérêt en vous envoyant un avis automatiquement chaque mois. Le profil du client, composé de mots-clés décrivant sa spécialité, est comparé aux données bibliographiques des nouvelles acquisitions de la collection de la DSIS. Cette comparaison permet de dresser la liste des documents récents pertinents au domaine spécialisé du client qui peut ensuite choisir les documents qui l'intéressent et les commander à la DSIS. En outre, la DSIS diffuse une liste de DSI établie à partir des documents bimensuels publiés par le *Department of Defense* des États-Unis ainsi que des documents publiés semestriellement par le *Ministry of Defence* de la Grande-Bretagne.

L'entente conclue par le MDN avec le Centre d'information technique sur la défense (DTIC) des États-Unis au sujet de l'échange d'information permet à la DSIS, en composant le numéro approprié, d'avoir accès en direct à la base de données du DTIC qui contient les renseignements relatifs aux rapports techniques ayant trait à la défense, rapports qui ont été publiés depuis le début des années 1950. Les recherches documentaires faites au moyen de cette base de données permettent d'établir des listes par domaine des rapports publiés par les forces armées des États-Unis et d'autres pays.

Si la collection de la DSIS n'inclut pas déjà les documents dont vous avez besoin, ceux-ci peuvent être commandés en vertu de l'entente régissant les échanges internationaux. La DSIS sert d'intermédiaire officiel pour l'échange de documents relatifs à la défense avec les États-Unis, le Royaume-Uni, les Pays-Bas et d'autres pays.

Il est possible de faire des recherches documentaires complexes au moyen des diverses bases de données sur la défense afin d'obtenir des données actuelles et historiques pour étayer vos recherches. La DSIS a aussi accès en direct à de nombreuses bases de données commerciales, notamment COMPENDEX (*Engineering Index*), NTIS (*National Technical Information Service* des États-Unis) et *Oceanic Abstracts*.

Beaucoup d'entre vous sont déjà des clients reconnus de la DSIS et celle-ci est heureuse de pouvoir vous aider. Si vous n'avez jamais eu recours à nos services, veuillez communiquer avec nous au (613) 992-0105 pour discuter de vos besoins en matière d'information. 📌

Janet Cathcart est chef des services d'information de la DSIS



Rétrospective : 1938-1945

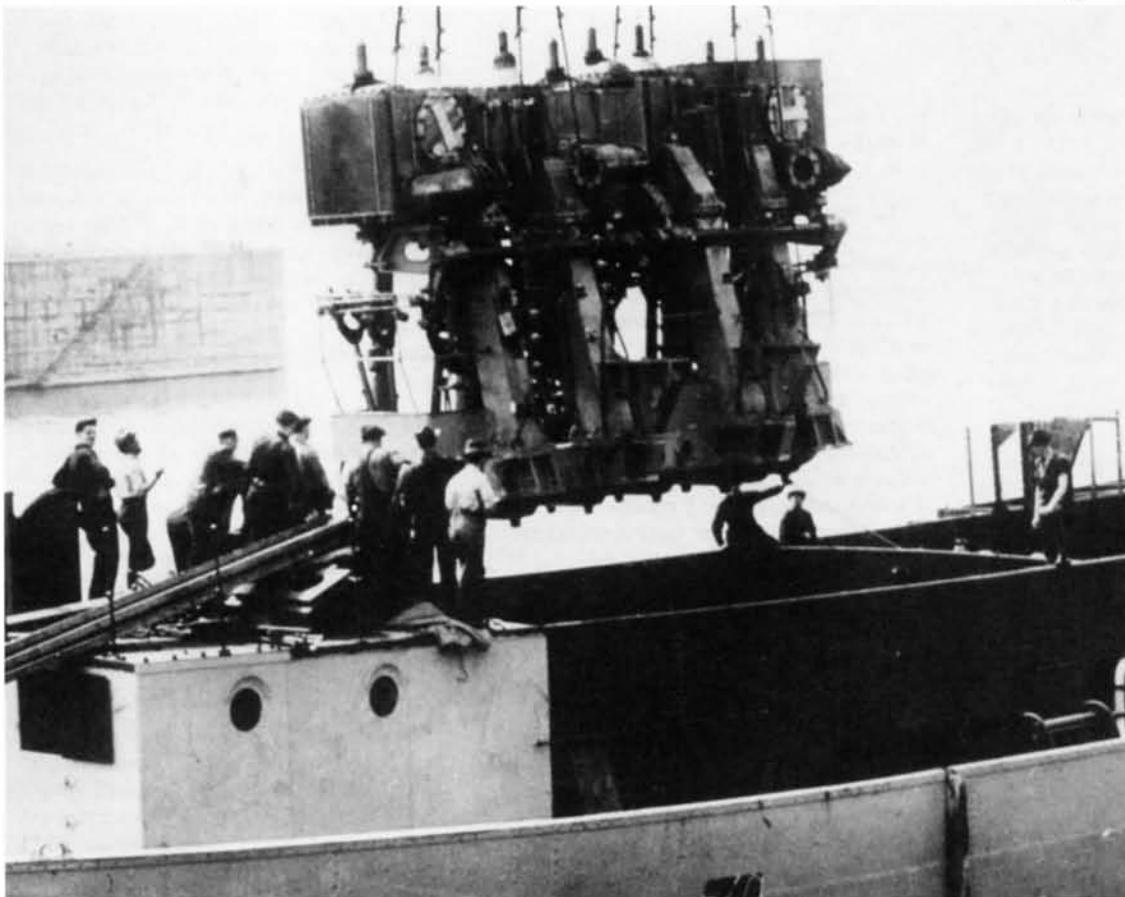
NCSM *Fundy* (I) — “Draguer le fond de l’eau” pour défendre le Canada

texte : Icdr Brian McCullough et
pm 1 Jim Dean

Lorsque le Canada entra en guerre, le 10 septembre 1939, la Marine royale canadienne (MRC) n'avait que 13 navires en service : six destroyers, cinq dragueurs de mines, une goélette-école et un navire à moteur. Quatre des dragueurs de mines, dont le *Fundy*, étaient des chalutiers de la classe Basset mis en chantier en janvier et février 1938 et mis en service plus tard la même année.

À la fin du premier mois de la guerre, le *Fundy* et son navire-jumeau, le *Gaspé*, furent affectés à la Force de défense locale d'Halifax, chargée de draguer le chenal. Durant toute la guerre, la tâche du *Fundy* se limita au dragage de mines à l'échelle locale — sa devise : *Verimus altum* (nous draguons le fond de l'eau) — sauf en juillet 1942, lorsqu'il escorta un convoi à Boston, puis un autre à Halifax.

En 1943, le *Fundy* subit des réparations et devint ainsi le premier navire à être caréné à la base navale de Shelburne (N.-É.), après l'achèvement, en juin, du système de halage pour navires pouvant atteindre 3 000 tonnes. (Cette voie ferrée de halage est encore en service de nos jours.) Le 15 janvier 1945, le *Fundy* et un autre navire-jumeau, le *Comox*, se portèrent au secours des survivants du *Martin van Buren*, atteint par une torpille. Le *Fundy* fut désarmé à la fin de la guerre et vendu, en 1947, à la société Marine Industrie Ltée. 🇨🇦



Installation de la machine alternative à vapeur et à triple expansion du *Fundy*, au chantier naval de la Collingwood, en 1938. Les deux grands orifices circulaires d'échappement de vapeur basse pression qu'on voit à chaque extrémité de la machine ont été couverts par mesure de protection durant l'installation. À noter que les ouvriers du chantier ne porte pas de casque protecteur.

NCSM *Fundy* (I)

Chalutier-dragueur de mines

Classe Basset modifiée (classe Fundy)

Flamme : J88

Effectif : 33 personnes

Navires-jumeaux : *Comox* (Burrard Dry Dock Co., Vancouver); *Gaspé* (Morton Engineering & Dry Dock Co., Québec); *Nootka** (Yarrows, Victoria)

(*Rebaptisé plus tard *Nanoose* pour qu'on puisse donner son nom à un nouveau destroyer de la classe Tribal lancé en 1944)

Déplacement : 460 tonnes (696 tonnes à pleine charge)

Longueur hors tout : 167 pi

Largeur : 27 pi 7 po

Tirant d'eau : 10 pi

Machines : machine alternative à vapeur (charbon : 180 tonnes), à triple expansion et à une hélice

Vitesse : 12,5 kt (950 IHP)

Coque : renforcée pour la navigation dans les glaces

Armement/équipement : 1 canon de 4 po; matériel de dragage de mines

Constructeur : Collingwood Shipyards Ltd.

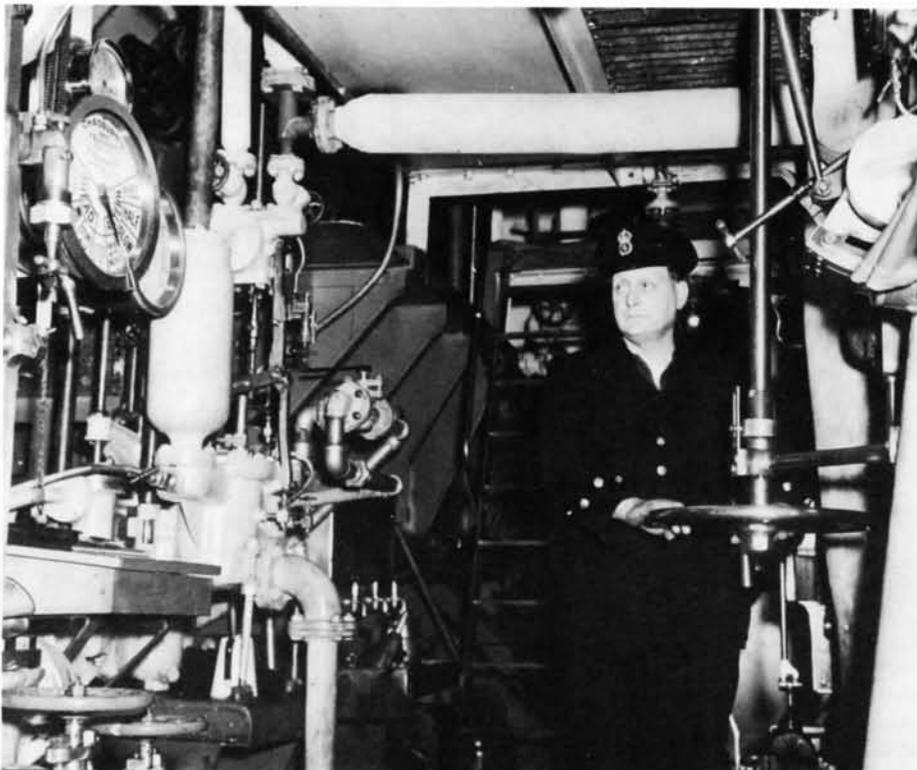
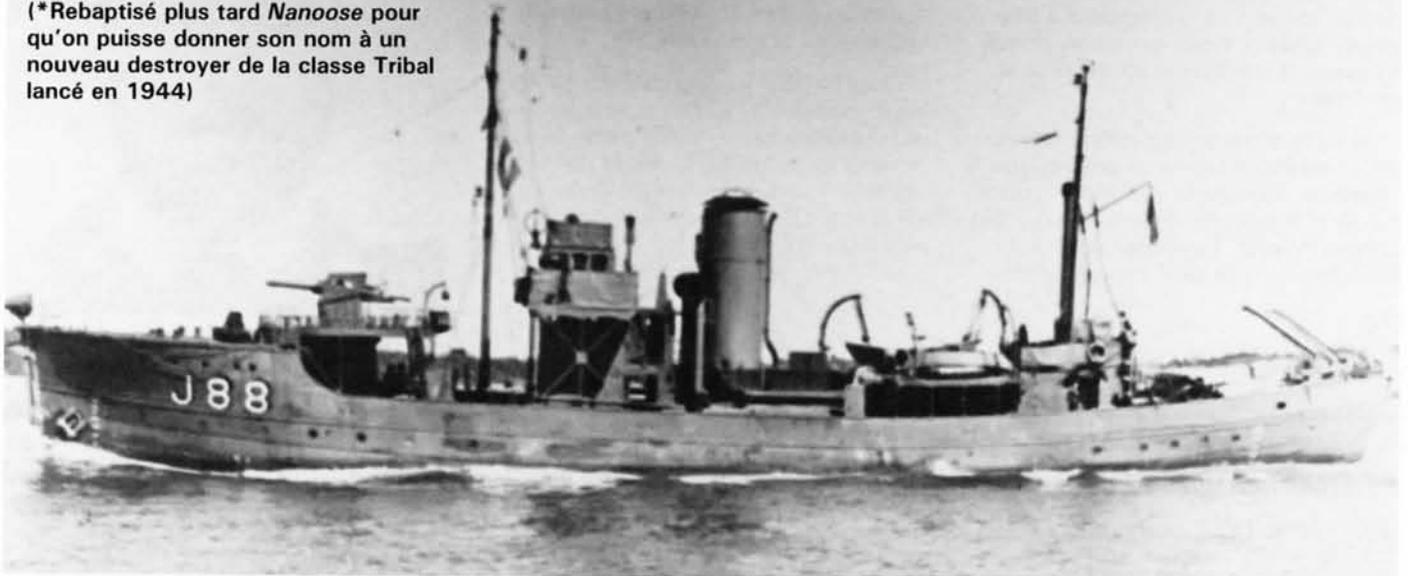
Coût : 310 000 \$ (approx.)

Lancement: 18-06-38

Mise en service : 01-09-38

Désarmement : 27-07-45

Cession : vendu à la Marine Industrie Ltée en 1947



Sur cette photo prise en 1938, probablement lors des essais de réception du *Fundy*, le télégraphe indique "Finished with Engines" (terminé pour la machine). À noter qu'il manque encore un revêtement calorifuge autour de certains tuyaux dans la salle des machines. À cette époque, ce n'était pas du tout inhabituel pour le maître de quart de travailler en grand uniforme.

Bulletin d'information

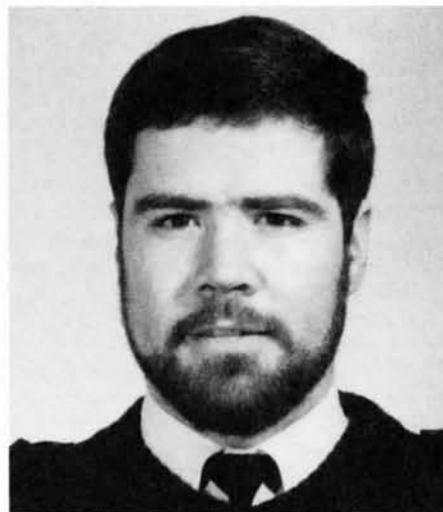
Mention de la meilleure communication de la conférence décernée à un spécialiste des systèmes de combat

Nous félicitons le Lt(M) Tudor Davies, spécialiste des systèmes de combat, DSCN 3. La communication qu'il a donnée lors de la conférence canadienne de 1990 sur la VLSI (intégration à très grande échelle), tenue en octobre dernier à Ottawa, a été jugée la meilleure de la conférence.

Il s'agit d'une grande réalisation, car cette conférence réunissait des spécialistes canadiens, américains et européens reconnus dans le domaine de la conception des circuits intégrés. La communication du Lt(M) Davies, intitulée "Processeur élé-

mentaire à réseau systolique à virgule flottante avec circuit d'auto-vérification incorporé", a été jugée la meilleure des 46 communications (sélectionnées parmi les 86 documents soumis) qui ont été présentées à la conférence.

Le Lt(M) Davies a terminé des études supérieures au RMC l'an dernier, et son exposé découlait en grande partie de ses travaux de recherche. Le Lt(M) Davies travaille actuellement comme ingénieur de projet, DSCN 3, pour le sonar AN/SQS-510.



Lt(M) Davies : meilleure communication de la conférence

Mention élogieuse décernée à l'intention des unités des Forces canadiennes dans le Golfe persique

Les premières unités des FC qui ont été déployées au Golfe persique se verront décerner la Mention élogieuse à l'intention des unités des Forces canadiennes.

En effet, le général John de Chastelain, Chef d'état-major de la Défense, vient de décerner la Mention élogieuse à l'équipage des NCSM *Protecteur*, *Athabaskan* et *Terra Nova*, aux membres du 409e Escadron d'appui tactique et à la Compagnie "M" du 3e Bataillon, The Royal Canadian Regiment.

Le général de Chastelain a déclaré que chacune des unités ainsi honorées a fait preuve de détermination et de professionnalisme dans l'exécution de ses activités et ce, malgré le fait de se trouver dans une région tout à fait inconnue soumise à des conditions climatiques rigoureuses. Nos unités canadiennes ont gagné le respect incontestable de leurs pairs des forces navales alliées grâce au succès formidable qu'elles ont remporté dans la conduite de leurs opérations.

En 1990, la Mention élogieuse des Forces canadiennes a été décernée à trois occasions, comme suit : soit à l'équipage du NCSM *Provider*, en raison du rôle qu'il a joué lors d'une mission de sauvetage où 90 personnes ont été rescapées de la mer de Chine en juin dernier; aux membres de l'équipe de démonstration



aérienne des FC, notamment les Snowbirds, à l'occasion de leur 25e anniversaire et aux membres de la 5e Brigade mécanisée du Canada, en raison de leur appui lors de la crise d'Oka survenue au cours de l'été.

Annonce des promotions et des nominations d'officiers supérieurs en 1991

La liste des promotions et des nominations d'officiers supérieurs pour 1991 a été publiée au début de janvier. Même s'il restait d'autres changements à confirmer, les personnes suivantes étaient parmi celles dont la promotion ou la nomination avait été approuvée par le ministre de la Défense nationale et annoncée en janvier :

Le capt(M) R.L. Preston, commandant de l'Unité de radoub (Pacifique), sera nommé chef d'état-major — Matériel du Commandement maritime à sa promotion au grade de commodore. Il remplacera le cmdre Green, qui prendra sa retraite cet été.

Le cam J.R. Anderson sera promu vice-amiral et nommé commandant du Commandement maritime, remplaçant ainsi le vam R.E. George, qui a été nommé sous-chef d'état-major de la Défense, au QGDN.



Capt(M) Preston :
nommé CEM Mat



Cam Anderson : nommé
commandant du Commandement
maritime



5^{ème} CONFÉRENCE ANNUELLE

SUR LA

***SURVEILLANCE DE LA CONDITION
DE L'ÉQUIPEMENT NAVAL***

13 - 14 JUIN 1991

QUARTIER GÉNÉRAL DE LA DÉFENSE NATIONALE

ÉDIFICE LOUIS ST-LAURENT, HULL, QUEBEC

RENSEIGNEMENTS : SLt C. GIGUÈRE (819) 994-8672

Directeur de la production de la Revue remporte un prix

Le lcdr (R) Brian McCullough, directeur de la production de la *Revue*, s'est vu décerner le prix du "meilleur article de l'année" en 1990 par le centre d'Ottawa de la Société royale d'astronomie du Canada (SRAC). Son article, intitulé "Le cinéma EYE-MAX présente : des planètes dans la paume de nos mains", a paru dans le numéro de juillet de la revue *Ottawa Centre AstroNotes*.

Le lcdr McCullough est un mordant d'astronomie et collabore régulièrement à la publication mensuelle *AstroNotes*. Un certain nombre de ses articles ont été repris dans les bulletins d'autres centres d'astronomie au Canada et aux É.-U.

Réserve navale : réunion du PFUOR de 1972

Une réunion du 20^e anniversaire du Programme de formation universitaire des officiers de réserve (navale) de 1972 aura lieu à Ottawa du 3 au 5 juillet 1992. Pour plus de renseignements, communiquer avec le capitaine de frégate Hugues Létourneau, au NCSM *Donnacona*, 2055, rue Drummond, Montréal H3G 1W6; tel. : (514) 283-6517, télécopieur : (514) 283-6868.

Emballez-les et rapportez-les

Si vous projetez d'emprunter les voies navigables du Canada cette année, que ce soit pour le travail ou les loisirs, *ne jetez pas* vos déchets dans l'eau!

C'est le message que veulent transmettre l'Institut des plastiques et de l'environnement du Canada (IPEC) et le ministère des Pêches et des Océans. Ces deux organismes ont d'ailleurs publié une brochure de sensibilisation au milieu marin pour inciter les gens à protéger la vie aquatique et la beauté naturelle du littoral canadien.

À paraître en juillet

