

# Revue du Génie maritime

Avril 1989



Qui s'intéresse  
à l'assurance de la qualité  
de la FPC ?



## **Ils sont de retour!**

Les ingénieurs de marine  
de la Réserve navale

... page 23



# Revue du Génie maritime



Directeur général  
Génie maritime  
et maintenance  
*le Commodore W.J. Broughton*

Rédacteur en chef  
*Capt(M) Dent Harrison, DMGE*

Rédacteurs au service technique  
*LCdr P.J. Lenk (Systèmes de combat)*  
*Cdr Roger Cyr (Systèmes de combat)*  
*LCdr Richard Sylvestre (Mécanique navale)*  
*Steve Dauphinée (Mécanique navale)*  
*LCdr Richard B. Houseman*  
*(Architecture navale)*

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

Graphiques  
*Ivor Pontiroli, DDDS 7-2*

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

Services de traduction:  
Bureau de la traduction, Secrétariat d'État  
*M. Henri Frickx, Directeur*

## PHOTO COUVERTURE

Des représentants en assurance de la qualité de la marine et de Saint John Shipbuilding Ltd discutent un vice de conformation dans l'étrave de FPC-02. (Photo par *Danny Pond*)

AVRIL 1989

## DÉPARTEMENTS

Notes de la rédaction .....	2
Lettres .....	2
Chronique du commodore .....	4

## ARTICLES

Frégates de patrouille canadiennes — Qui s'intéresse à l'assurance de la qualité? <i>par Cdr Darryl J. Hansen</i> .....	5
Effets des décharges et des champs électrostatiques sur les systèmes électroniques <i>par L.R. Dicks et Gilles Morin</i> .....	9
Installation en rattrapage proposée d'un système de propulsion turbine à gaz/électrique destiné à la classe <i>Annapolis</i> <i>par L.T. Taylor</i> .....	13
Les systèmes experts et leur application au génie maritime <i>par Dr Pierre Roberge et Lcdr Serge Lamirande</i> .....	18
Des officiers de marine comme programmeurs: un talent perdu <i>par Cdr Roger Cyr</i> .....	21
Les ingénieurs de marine de la Réserve navale — Ils sont de retour! <i>par Cdr J.R. Pirquet</i> .....	23

<b>RÉTROSPECTIVE: incident technique en mer — une leçon</b> .....	26
---	----

<b>BULLETIN D'INFORMATION</b> .....	27
-------------------------------------	----

La Revue du Génie maritime (ISSN 0713-0058) est une publication autorisée et non-officielle des ingénieurs maritimes des Forces canadiennes. Elle est publiée trois 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

## Résolution de problèmes

### *La raison pour laquelle vous ne verrez pas d'ordinateur « Newton » sur le marché.*

Vos réponses au sondage que nous avons mené durant l'année 1987, nous ont donné un grand nombre d'idées sur les sujets qui devraient être traités à l'intérieur de la *Revue*. Parmi les suggestions figurait une demande d'articles soulignant « l'initiative personnelle » en relation avec les incidents techniques en mer ; donnant une vue particulière de la façon qu'ils ont réglé le problème. Nous sommes heureux d'annoncer que, grâce au support de nombreux d'entre vous qui ont pris le temps de nous relater leurs expériences, nous pourrions publier les articles demandés. Ce ne sont pas toujours des récits dramatiques d'incidents techniques en haute mer, mais chaque article offre, d'une façon ou d'une autre, une vue nouvelle de la profession du Génie maritime à travers la panoplie de problèmes que nous rencontrons et la façon selon laquelle nous les réglons.

Nonobstant les bénéfices apportés par les leçons apprises, la chance vous est donnée de pouvoir suivre les péripéties d'autres ingénieurs qui tentent de régler les problèmes du moment

et par le fait même de renforcer les liens qui nous unis à notre profession. Et de toute façon, il serait plutôt monotone si nous laissons la résolution de problèmes strictement aux ordinateurs. C'est le facteur humain qui compte.

D'une certaine façon, les ordinateurs détiennent certains traits humains nécessaires à la résolution des problèmes. Ils sont, naturellement, tenaces et minutieux, et ils peuvent être programmés pour résoudre les problèmes de génie, pour être perspicaces, pour être inventifs, pour être logiques, pour être intuitifs (d'une certaine façon) et même pour avoir un « oeil » pour le détail. Mais peu importe l'angle sous lequel on veut cerner cet issue, un ordinateur n'est tout simplement pas ingénieux ! Pour eux le mot inspiration n'est que onze lettres à l'intérieur de leur mémoire. Ils peuvent être assis sous le pommier proverbial et être frappé par une cargaison de pomme, ce ne sera toujours pas assez pour qu'ils fassent le rapport et s'écrient « Eureka ! » — même de façon figurative. (Ce qui peut expliquer pourquoi personne n'ose

introduire un ordinateur « Newton » sur le marché.)

Si la résolution de problèmes n'était qu'une suite logique de sous-routines *SI-ALORS*, semblables à celles utilisées pour briser le code du jeu « Mastermind », nous n'aurions plus qu'à fermer boutique et à s'en remettre aux ordinateurs pour accomplir toutes les tâches reliées au Génie maritime. Il ne nous resterait plus rien à faire. Mais bien entendu la réalité est différente. La résolution de problèmes, comme plusieurs d'entre nous le savons déjà, n'est pas un processus ordonné. Même avec des systèmes experts et l'intelligence artificielle qui peuvent chercher et intégrer des domaines de connaissances vastes avec plus de rapidité et d'efficacité que n'importe quel homme, personne n'a encore conçue un ordinateur qui peut engendrer une solution inspirée et illogique issue de son for intérieur. Et quelquefois, c'est tout ce dont on a besoin.

*Dent Hanson*

## Lettre au rédacteur-en-chef

Monsieur le rédacteur-en-chef,

Félicitations pour la qualité de votre revue, qui confine souvent à l'excellence. J'ai joué un certain rôle dans la création de la *Revue du Génie maritime* et c'est avec plaisir que je constate qu'elle suscite l'enthousiasme des officiers de marine et des autres personnes qui la lisent.

Je dis « officiers de marine » parce qu'il est évident, lorsqu'on lit les lettres au rédacteur, que les officiers du MAR SS apprécient tout autant la revue que leurs collègues du G MAR. Il est très bien qu'il en soit ainsi puisqu'il n'y a pas au Canada d'autre publication consacrée à la marine où sont abordés, dans un esprit de dialogue, des sujets sans classification. C'est d'ailleurs en grande partie la raison pour laquelle la revue a été créée. À l'époque, soit en 1979-1980, les officiers du MAR SS considéraient le *Maritime Warfare Bulletin* comme la revue de leur groupe professionnel et ils n'entrevoient pas d'autre rôle pour celle-ci. Nous avons donc axé le contenu de la *Revue du Génie*

*maritime* sur des sujets liés au G MAR. Malgré cela, j'estime qu'il est essentiel pour la communication entre les groupes professionnels de la marine que les officiers du MAR SS et ceux du G MAR conservent des liens professionnels très étroits. En effet, à part le fait qu'ils ont des rôles opérationnels différents, les deux groupes professionnels se distinguent de moins en moins l'un de l'autre, en particulier, en matière de technique des systèmes de combat.

... Je vous prie donc, Monsieur le rédacteur-en-chef, de continuer à favoriser le dialogue dans la marine en nous donnant l'occasion de lire des articles d'une aussi grande qualité que ceux que vous avez récemment fait paraître dans la *Revue du Génie maritime*.

Le capitaine (M) Dennis Reilley  
Administrateur de projet  
Révision et modernisation de la classe Tribal

*Dans sa lettre, le capitaine Reilley indique avoir été particulièrement impressionné par la grande qualité d'un article de MM. Wally Reinhardt et Ralph Storey, tous deux ingénieurs à la DMGE, qui a été publié dans le numéro de septembre 1988 sous le titre « Propulsion électrique de la frégate ASM — À l'avant-garde ». Le capitaine Reilley qualifie l'article de travail important et souligne que la propulsion électrique présente des avantages indéniables. Il se dit toutefois préoccupé du fait qu'il faudrait peut-être s'approvisionner auprès de fournisseurs canadiens si, pour une raison quelconque, il était impossible de le faire auprès de fabricants étrangers, de réducteurs à engrenages destinés à la marine. Je conclusai en ajoutant que l'article en question a été publié de nouveau dans le numéro de janvier 1989 de la *Revue technique maritime*. — Le rédacteur-en-chef*

# In Memoriam

## Commodore Ernest C. Ball, CD

### 1932 - 1989

La communauté navale a été attristée d'apprendre le décès du commodore Ernie Ball au mois d'avril. Un ancien Ingénieur-chef de la marine, le commodore Ball était reconnu pour sa dévotion au devoir, pour son attention envers sa famille, et pour son égard envers les gens. Il était membre de l'Armée du salut.

En 1951, alors qu'il est étudiant à l'Université à Toronto, il s'enrôle dans la Marine royale du Canada. En 1956, il obtient un baccalauréat ès arts avec spécialisation en physique et en chimie. Par la suite, il reçoit sa formation de mécanicien de marine à bord du porte-avions *Bonaventure* ainsi qu'à l'arsenal maritime, à Halifax. Puis, en 1959, il est admis au Royal Naval Engineering College, à Plymouth (Angleterre). Il étudie ensuite au Royal Military College of Science, à Shrivenham (Angleterre). En 1960, la Royal Navy lui accorde le titre d'ingénieur du matériel.

De mars 1960 à mai 1964, le commodore Ball sert dans le cadre de diverses affectations, à la base navale *Stadacona*, à Halifax puis, à titre d'officier technique adjoint d'escadron, à bord des destroyers *Gatineau* et *Restigouche*. En juin 1964, il s'inscrit à la U.S. Naval Postgraduate School (Californie) qui lui décerne deux maîtrises ès sciences, l'une avec spécialisation en génie électrique en 1966, l'autre avec spécialisation en physique (acoustique sous-marine) en 1967. Pendant cette même période, il reçoit le Mewborn Student Prize for Research.

Muté au Quartier général des Forces canadiennes, à Ottawa en juillet 1967, le commodore Ball travaille alors en génie des systèmes, dans la conception des destroyers DDH-280.



Puis, en octobre 1968, il est promu commandant et nommé chef de la section responsable de la conception et de l'acquisition des systèmes navals d'ordinateurs tactiques. En juillet 1971, il est affecté à l'état-major du commandant de la Flotille canadienne (Atlantique), à Halifax où il met sur pied le Groupe de maintenance de la Flotte (Atlantique), dont il devient le premier commandant.

De septembre 1972 à juillet 1973, il fréquente le Collège de la Défense nationale, à Kingston, puis il est promu capitaine et nommé directeur des systèmes de combat naval au QGDN à Ottawa. En 1976-77, il étudie à l'Université Laval à Québec, dans le cadre du pro-

gramme de bilinguisme et de biculturalisme de la fonction publique fédérale, puis devient, en juillet 1977, membre de l'état-major de direction du Collège de la Défense nationale.

Le commodore Ball fut promu officier général en 1980 et nommé au poste de Directeur-général — Génie maritime et maintenance. Sous sa direction, une revue de la profession d'ingénieur maritime fut entreprise, et a produit une nouvelle structure professionnelle qui a revigoré le recrutement et a amélioré la formation des officiers junior pour rencontrer les besoins d'une ère nouvelle en ingénierie.

Après sa retraite le commodore Ball a rempli les fonctions de Directeur des ressources humaines et des services intégrés avec Burroughs Canada, ensuite comme Directeur des services intégrés et des communications avec UNISYS Canada Inc. Deux mois avant son décès, il déménagea à Montréal pour remplir la fonction de Sous-Directeur du projet FCP avec Paramax Electronics Incorporated.

La nouvelle du décès du commodore Ball a été un rude coup pour la communauté navale, et au nom de la marine nous offrons nos condoléances à sa famille. Pour plus de trente ans Ernie fut un officier de marine respecté, un ingénieur, et un ami de tous. Son dévouement au bien-être de ses collègues et subordonnés a été le cachet de sa carrière. On se souviendra de lui et il nous manquera.



# Chronique du commodore

par le commodore W.J. Broughton

La première frégate canadienne de patrouille (FCP) et le premier navire modernisé dans le cadre du Projet de révision et de modernisation de la classe Tribal (TRUMP) viendront bientôt s'ajouter à la flotte de navires des FC; la mise en service prochaine de ces navires nous pousse à réexaminer le soutien apporté à la flotte. Grâce aux progrès technologiques majeurs qui ont été réalisés, les capacités, le degré de perfectionnement et la complexité de la majorité des systèmes et des pièces d'équipement installés dans le cadre du TRUMP et du projet de la FCP sont très élevés. Nous devons par conséquent nous assurer que nous sommes en mesure d'apporter aux navires de la flotte le soutien technique et logistique nécessaire au cours des deux prochaines décennies.

La réalisation du TRUMP et du projet de la FCP nous donne également l'occasion de mettre à l'épreuve à grande échelle, pour la première fois, la nouvelle politique en matière de maintenance de l'équipement naval, qui intègre les concepts suivants: l'analyse de la maintenance centrée sur la fiabilité de l'équipement, la maintenance basée sur les conditions, la révision progressive et la réparation axée sur le remplacement. En examinant la question du soutien de la flotte, on doit également tenir compte de l'utilisation qui est faite des techniques de soutien logistique intégré (SLI) au cours des phases de conception et d'acquisition. Or, pour que nous puissions retirer le maximum d'avantages des techniques SLI, il doit exister des mécanismes qui nous permettent de continuer de les utiliser pendant la phase au cours de laquelle les navires sont en service. Il est d'autant plus important que l'ensemble des mesures de soutien des navires soient mises en place et maintenues par le personnel civil et militaire qui relève du SMA (Mat) et du Commandement maritime.

La question des exigences en matière de soutien de la flotte a fait l'objet d'un exercice auquel ont participé des représentants de plusieurs branches (MBX) au Collège de la Défense nationale, à Kingston, en novembre dernier. Une trentaine de civils et de militaires qui occupent des postes de niveau supérieur dans des domaines techniques et les domaines de la logistique et des opérations, au QGDN, dans les bureaux de projet et au Commandement maritime ont délibéré pendant trois jours. On a procédé comme suit: des petits groupes étaient chargés de discuter de questions particulières; ils faisaient ensuite part de leurs conclusions aux autres participants lors de sessions plénières au cours desquelles les questions examinées faisaient l'objet d'une discussion générale. Cet exercice avait pour but de déterminer la meil-

leure façon possible d'assigner les responsabilités en matière de soutien de la flotte.

Certaines personnes ont été surprises de constater qu'il existe déjà, dans le cadre de nos systèmes de gestion, comme le Système de gestion du cycle de vie du matériel (SGCVM), le Système d'approvisionnement des Forces canadiennes (SAFC) et le Système de gestion de la maintenance de l'équipement naval (SGMEN), une structure bien établie et des modalités appropriées qui nous permettent d'assurer le soutien de la flotte comme il se doit. En outre, signalons que les membres du groupes se sont entendus pour dire que la division des tâches qui existe actuellement entre le QGDN et le Commandement maritime, relativement au soutien de la flotte, devrait être maintenue. Il s'agit en fait de l'organisation la plus satisfaisante qui puisse exister, lorsqu'on prend en considération les exigences relatives au contrôle technique, aux affectations financières, aux responsabilités opérationnelles, aux priorités du Ministère, etc.

Les deux principales conclusions qui ont été tirées nous portent à croire que l'approche adoptée convient de façon générale. Or la situation actuelle présente des lacunes que nous devons tenter de rectifier:

- De manière générale, le personnel ne comprend pas encore assez bien le fonctionnement et les modalités du SGCVM, du SAFC et du SGMEN. On doit donner plus de formation sur le fonctionnement de ces systèmes et faire preuve d'une plus grande discipline, afin que les modalités établies soient respectées.
- Il se peut que l'on ne profite pas pleinement, une fois qu'un navire est en service, de l'ensemble des avantages découlant de l'utilisation des techniques SLI dont on bénéficie au cours des phases de conception et d'acquisition d'un important projet d'acquisition de navires; cela peut être attribuable au fait que le personnel ne possède pas suffisamment de connaissances au sujet de l'utilisation de ces techniques. Il faut donc s'assurer que le personnel approprié reçoive la formation nécessaire.
- Les directives contenues dans les documents sur la politique relative aux navires en service sont parfois mêlantes ou même contradictoires. L'ensemble de ces directives doivent être examinées, clarifiées, simplifiées et intégrées de manière à être cohérentes et plus faciles à comprendre.
- Il faut identifier, parmi les nombreuses données techniques accumulées par les

bureaux de projet, au cours des phases de conception et d'acquisition, les données minimales que l'on doit nécessairement conserver afin de répondre aux besoins qui surgissent une fois que les navires sont en service. Ces mesures doivent être prises pour que soit élaboré un plan de transition valide qui permette de passer de la phase d'acquisition à la phase pendant laquelle les navires seront en service. Le personnel de la DGGMM, de la DGOMA et du Commandement travailleront en étroite collaboration avec les bureaux de projet en vue de produire les plans de transition applicables au TRUMP et au projet de la FCP.

- Il existe un besoin urgent de mettre davantage l'accent sur la mise au point d'un système efficace de gestion de la configuration. Il faut porter une plus grande attention à la gestion de la configuration en raison de la complexité des nouvelles classes de navires; l'on doit également fournir des efforts en vue d'accélérer le rythme auquel cette gestion est améliorée.

Les questions ci-dessus constituent les principaux points soulevés lors de l'exercice tenu à Kingston. Ces diverses questions sont approfondies dans le rapport écrit, qui a été diffusé à grande échelle.

Et que doit-on faire maintenant? La prochaine étape consiste à mettre en oeuvre le plan d'exécution qui a été élaboré par le DGGMM depuis la tenue de l'exercice. Le plan fait état des BPR et des BC du QGDN et du Commandement maritime qui sont chargés de donner suite aux diverses recommandations. L'étape suivante consistera à évaluer les ressources dont nous aurons besoin pour nous acquitter des tâches qui nous seront confiées.

Nous devons garder en tête les idées suivantes: nous disposons en effet d'une base solide sur laquelle nous pouvons bâtir; qui plus est, nous connaissons nos faiblesses. Il s'agit donc de fournir les efforts nécessaires pour atteindre les objectifs que nous nous sommes fixés.

La valeur réelle de l'exercice mené à l'automne nous sera révélée au fur et à mesure que les événements se produiront mais, selon moi, il est juste d'affirmer que l'ensemble des participants étaient d'avis, à l'issue de la rencontre, que les besoins relatifs au soutien de la flotte avaient été bien définis et qu'il serait possible d'y satisfaire. Toutes les personnes concernées devront déployer les efforts nécessaires pour que nous puissions réaliser nos objectifs.

# Frégates de patrouille canadiennes

— *Qui s'intéresse à l'assurance de la qualité?*

par Cdr Darryl J. Hansen

Photos par Danny Pond

## Introduction

Cet article porte sur l'assurance de la qualité. Vous sentez déjà vos paupières s'alourdir? Allons, allons, lisez-le! Même si comme tant d'autres dans la Marine, vous n'avez pas de passion particulière pour ce sujet, vous découvrirez que l'assurance de la qualité n'a pas à être ennuyeuse, loin de là, et qu'il s'agit d'une question très importante.

Ce petit article vous présente la réalité quotidienne de l'assurance de la qualité (AQ) aux chantiers de construction des frégates à Saint-Jean, Nouveau-Brunswick. Vous verrez, c'est une histoire toute simple et très positive.

## Situation des frégates

L'État a confié à la Saint John Shipbuilding Limited la construction de 12 frégates complètement équipées, à livrer entre 1989 et 1996. Actuellement, sept d'entre elles sont en construction (dont quatre à Saint-Jean) et deux des frégates en sont à l'étape de la finition.

Le contrat de la Saint John Shipbuilding (SJSJ), le premier de son genre dans l'industrie canadienne de la construction navale, exigeait que l'entrepreneur assume une responsabilité totale, pour tous les systèmes, aux stades de la conception, de l'équipement, de la construction ainsi que pour l'aménagement des installations maritimes en fonction des nouvelles frégates. L'assurance de la qualité est une partie essentielle du contrat. Dans le meilleur des mondes, l'État aurait paraphé le contrat et s'en serait lavé les mains, n'y repensant que quelques années plus tard, au moment de prendre livraison des navires à la sortie du chantier. Le programme d'AQ mis sur pied par l'entrepreneur garantirait à lui seul que les frégates satisfont à toutes les exigences de conception et de construction stipulées au contrat. Nous n'en sommes malheureusement pas là et n'entrevoions pas le jour où cela sera possible.

On a demandé à la SJSJ de prévoir un programme d'AQ qui réponde aux exigences exprimées par la Défense nationale dans la spécification DND-1015. On y demande entre autres que le programme d'AQ soit appliqué de façon continue, de la conception à la livraison en passant par la construction et les essais.

## Le rôle de la marine

Vous vous demandez sans doute ce que la Marine vient faire aux chantiers si la SJSJ



s'occupe elle-même de l'assurance de la qualité. Le détachement de la Marine est là pour veiller à ce que le programme pour lequel nous avons payé se déroule bien et pour apporter les corrections nécessaires. Voilà notre noble mission: obtenir les meilleurs navires possible dans le cadre du présent contrat des frégates. Elle comporte de nombreux volets, et le plus important est l'engagement de la Marine dans le processus d'AQ. En effet, le programme d'AQ de la SJSJ est bon, même très bon, mais uniquement grâce à la présence de la Marine, de ses connaissances, de son engagement et de son intérêt.

Mais avant de repasser en détail le processus d'AQ, précisons quelques autres rôles du détachement de la Marine:

a. *Conseils techniques.* C'est habituellement le détachement de chantier naval qui

détecte d'abord les problèmes reliés à la construction. Il est important de trouver le problème et d'évaluer s'il doit être corrigé rapidement ou non. À notre niveau, il faut donc prendre des décisions logiques se rapportant à la résolution de problèmes. Nous traitons les cas urgents ou simples, et confions les autres à d'autres bureaux du programme des FPC ou de la DGGMM. La tâche est plus ardue qu'elle ne semble. Certains problèmes peuvent nous intéresser particulièrement; nous sommes alors tentés d'y remédier nous-mêmes. Malheureusement, ce faisant, nous prendrions trop de temps, au détriment de notre tâche principale, qui est l'assurance de la qualité. Aussi grande soit la tentation, il faut faire analyser les problèmes hors du chantier.

b. *Rapports d'étape.* Le détachement en

chantier doit comparer l'état des travaux aux dates prévues par le calendrier des travaux ou autres calendriers, aux repères correspondants aux paiements et autres échéances. La plus grande partie de ces renseignements n'est pas utile au chantier naval, mais elle doit être fournie à d'autres agences. D'après notre expérience, il faut réévaluer régulièrement la nécessité de produire tout type de données de rapport d'étape.

- c. *Tâches spéciales.* Cette fonction regroupe toutes sortes de tâches, par exemple l'accompagnement d'officiers supérieurs pour une inspection superficielle, ou la rédaction d'articles pour le journal MARE. Elle comprend également la transmission de l'expérience acquise à la suite d'erreurs, au profit du personnel du chantier d'exécution ou de projets ultérieurs. Le degré d'urgence varie; il peut être nécessaire d'agir pour hier ou pour l'an prochain. Si vous avez déjà été sous-lieutenant, vous savez ce que représentent ces tâches. La main-d'oeuvre destinée à ce rôle peut être considérable.

En résumé, bien que le premier rôle du détachement au chantier naval soit l'assurance de la qualité, d'autres rôles (conseils techniques, rapports d'étape, tâches spéciales) occupent son temps. Il est important de bien comprendre l'importance de chaque rôle car autrement, les tâches secondaires, qui semblent parfois plus urgentes et plus séduisantes, pourraient prendre de l'importance au détriment de la principale, l'assurance de la qualité.

### La fonction d'assurance de la qualité

Traditionnellement, l'assurance de la qualité au sein de la Marine a consisté en des inspections en cours de fabrication et une fois les travaux terminés. Il s'agissait d'une étape essentielle à notre acceptation progressive des contrats de réparation; mais elle monopolisait trop de personnel. De plus, le contrat des frégates était très explicite: l'assurance de la qualité par des contrôles directs était de la responsabilité de l'entrepreneur.

Il faut bien retenir que la fonction d'AQ assurée par la Marine est essentiellement de veiller à ce que l'AQ soit bien exécutée par la SJSL. L'AQ suit un processus comprenant plusieurs activités que le A-QA-193 (le bréviaire de l'AQ) divise en trois domaines que nous examinons plus loin: l'évaluation des méthodes, l'évaluation de la conformité aux méthodes et l'évaluation du produit. En gros, l'évaluation du produit, c'est regarder le navire; l'évaluation de la conformité aux méthodes, c'est faire le tour du navire, les mains dans les poches; et l'évaluation des méthodes, c'est l'étude minutieuse de la documentation de l'entrepreneur sur ses méthodes de travail. On s'assure particulièrement que l'entrepreneur suit ses propres instructions écrites. En théorie, si les méthodes préconisées sont correctes et si l'entrepreneur les respecte, le produit fini (le navire) sera conforme aux spécifications. Notre expérience a confirmé la justesse de cette théorie. Mais attention: nous



avons également constaté qu'il était très difficile d'appliquer efficacement les méthodes à la construction d'un navire. Voyons donc quelles sont les activités de l'AQ dans les domaines de l'évaluation des méthodes, de la conformité aux méthodes et de l'évaluation du produit.

### Évaluation des méthodes

L'évaluation des méthodes (ÉM) comprend deux étapes. D'abord, il faut revoir les instructions écrites de l'entrepreneur pour s'assurer qu'elles sont complètes et correctes. C'est un travail de moine car la documentation porte sur une multitude de procédés. De plus, cet examen doit être fait par du personnel de l'État ayant une compétence et une expérience suffisantes. Vient la deuxième étape, où il s'agit de veiller à ce que l'entrepreneur respecte à la lettre ses instructions. Pour ce faire, il faut préparer des listes de contrôle détaillées et effectuer des contrôles approfondis au chantier. Pour mener à bien l'évaluation des méthodes, des efforts énormes sont nécessaires. C'est pour cette raison que le détachement de chantier n'a pas encore mis sur pied un programme exclusivement réservé à l'ÉM. Remarquons toutefois que chaque année, du personnel d'Ottawa fait un examen des documents d'AQ de niveau supérieur et que la SJSL s'est dotée de son propre programme d'ÉM; le personnel du chantier participe à chacune de ces activités. Comme cette activité se fait ouvertement, elle est habituellement la plus difficile de l'AQ. C'est aussi sur elle que reposent toutes les suivantes: en effet, si les méthodes écrites ne sont pas respectées, tout le programme d'AQ s'écroule. Après trois ans d'AQ dans un chantier naval, le chantier

consacrera à l'avenir davantage de ressources à l'ÉM, en raison de son importance pour toute l'AQ.

### Évaluation de la conformité aux méthodes

L'évaluation de la conformité aux méthodes consiste à observer les travaux en cours au chantier naval. Cette surveillance a deux objectifs. D'une part, donner une bonne visibilité à la Marine sur le chantier. Les avantages de cette présence ne peuvent être quantifiés, mais nous savons qu'une présence régulière et facilement reconnaissable du personnel d'AQ de la Marine sur le chantier contribue au succès du programme d'AQ de la SJSL. Le deuxième objectif est d'observer régulièrement toutes les facettes de la construction. Pour que cette observation soit vraiment complète, nous avons mis sur pied une méthode systématique recourant à un jeu de feuilles de contrôle. Sans cette méthode, la nature humaine étant ce qu'elle est, nous aurions tendance à donner plus d'attention à certains secteurs, surtout aux problèmes immédiats, et à en négliger d'autres. Ces secteurs oubliés risqueraient de devenir les gros problèmes de demain.

L'ÉCM est une partie essentielle du programme d'AQ de la Marine. Cette évaluation se fait tous les jours de la semaine ainsi que certaines nuits et fins de semaine choisies au hasard mais fréquentes.

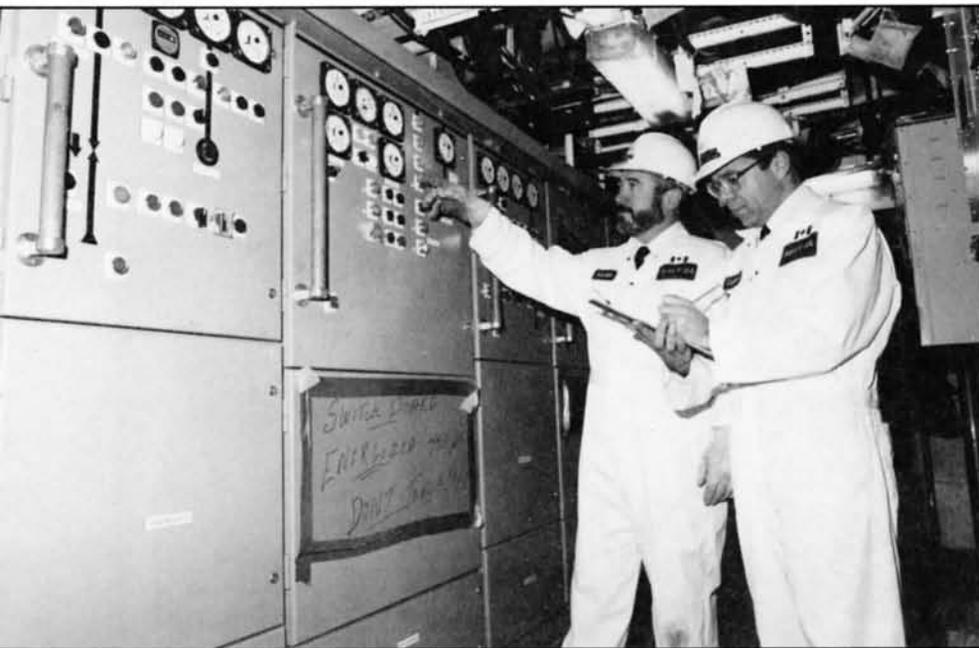
### Évaluation du produit

L'évaluation du produit (ÉP) est l'activité la mieux connue de l'assurance de la qualité. Bien qu'elle ne soit qu'une partie du programme d'AQ, elle est certes la plus importante.



de la SJSL est efficace. Il faut à tout prix résister à l'envie d'inspecter le produit dès qu'il est terminé ou de commencer l'inspection de la Marine pendant celle de l'AQ de la SJSL ou encore d'« aider » l'AQ de la SJSL dans son inspection. Autrement, l'équipe de la Marine devient un auxiliaire de l'équipe d'AQ de la SJSL et non un service de contrôle ultérieur.

*Sur quoi porte l'inspection.* Le MDN a le droit, en vertu du contrat, d'observer sans intervenir toutes les inspections de la SJSL. En pratique, la Marine a décidé de regarder seulement certaines portions du travail (au sens littéral). Ces points ne sont pas fixes et des points à observer peuvent être ajoutés ou retranchés au besoin. Ils sont regroupés en deux catégories de travaux. D'abord les inspections qui sont elles-mêmes considérées comme capitales : par exemple, les inspections du soudage et de l'assemblage de la structure et celles de la peinture. Dans la seconde catégorie, on trouve les inspections de dernière étape (comme on les appelle dans le domaine de l'AQ). Ainsi, nous observons l'ins-



*Le PEC.* La SJSL a mis au point un Programme d'essais et de contrôles (PEC) qui définit quels types d'inspection doivent être effectués à chaque étape de la construction. Par exemple, la SJSL fait l'inspection de plusieurs points au cours des travaux et, à la fin de la construction, une inspection finale et une inspection d'acceptation. Mettons bien les choses au point : la SJSL fait elle-même les inspections et l'acceptation ; la Marine OBSERVE si l'inspection de la SJSL est complète et correcte. En d'autres termes, la SJSL fait l'inspection de l'article ou du système et quand elle les a complètement achevés et acceptés, l'équipe de la Marine les inspecte à son tour. Toute autre déféction décelée par la Marine indique une lacune dans le programme d'AQ de l'entrepreneur, qui doit être comblée. Gardez-vous bien de perdre de vue l'objectif des points d'inspection du MDN, qui est de s'assurer que l'AQ

pection de la préparation des surfaces d'acier en vue de l'application de peinture et celle de la finition des fondations avant le boulonnage du matériel.

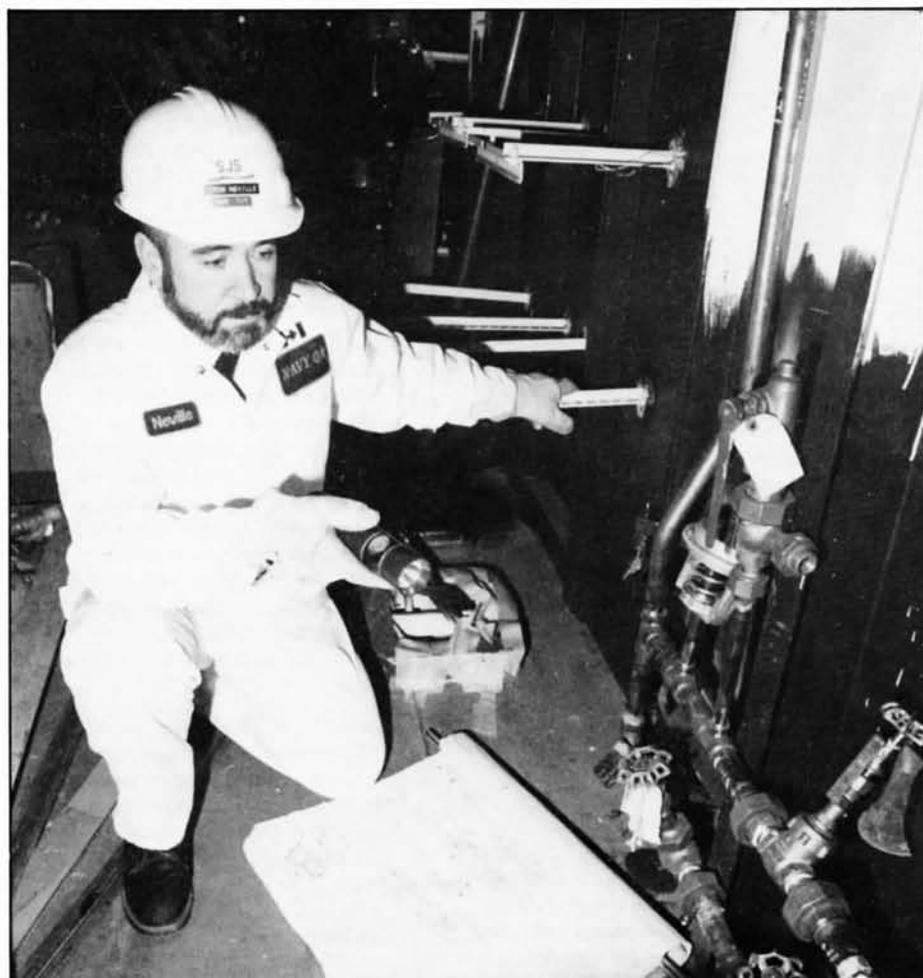
*Essai.* Bien que l'essai du matériel et des systèmes installés soit une discipline en soi, le détachement du chantier doit observer bon nombre d'essais. Semblables aux autres points d'observation, ils sont traités de la même façon, généralement par le même personnel. L'équipe du chantier a récemment été augmentée en raison d'une augmentation du nombre des essais.

### Comment faire

Vous nous suivez toujours ? C'est donc que vous vous intéressez à la mise sur pied d'un programme d'AQ dans un chantier naval. Pour les néophytes en AQ, voici quelques trucs (que nous avons découverts après bien des grincements

de dents...) à utiliser pour gérer un programme d'AQ.

- a. « *Un même but, une même pensée* ». Se référer à C. Von Clausewitz (De la guerre) : premier principe. L'AQ est le principal rôle du détachement de la Marine. Il est facile de se laisser séduire par toutes sortes de distractions qui sont intéressantes et semblent très importantes. Pour nous aider, nous avons rédigé un ensemble d'ordres permanents ; nous tenons également régulièrement des réunions où nous pouvons échanger sur nos inquiétudes ou nos problèmes en matière de construction navale. De plus, tous les mois, nous prenons un peu de recul et faisons une petite autocritique : faisons-nous le nécessaire pour remplir notre mission ? Que manque-t-il ? Comment nous améliorer ? Ces réunions se sont montrées très précieuses.
- b. *Les relations avec l'entrepreneur.* L'entrepreneur N'EST PAS notre ennemi. Nous combattons le PROGRAMME qui permettrait (ou, comble de malheur, favoriserait) l'exécution de travaux non conformes aux exigences. Dans cette lutte, le service d'AQ de l'entrepreneur est aux premières lignes. Il est donc de l'intérêt de la Marine que ce service de l'entrepreneur dispose d'excellentes compétences et d'une bonne crédibilité. Il doit donc faire l'objet d'un soutien et d'une attention particulière pour devenir une force vive et viable au sein de l'entreprise.
- c. *L'évaluation des méthodes.* L'ÉM est difficile à réaliser parce qu'elle prend beaucoup de temps et parce que le personnel la trouve fastidieuse. Malheureusement, sans un programme d'ÉM bien structuré, votre programme d'AQ achoppera bientôt sur un excès de produits non conformes aux normes. Négligez l'évaluation des méthodes à vos risques et périls.
- d. *La discipline.* Tout marin normalement constitué adore revêtir un bleu de travail, s'armer d'une lampe de poche et jouer les redresseurs de torts. Réprimez cet élan primitif : sans discipline, un navire ne flotte pas et un programme d'AQ tombe à l'eau. En clair, l'évaluation du produit doit attendre que soit terminée l'inspection de l'entrepreneur. Il faut donc évaluer les méthodes et, oui, écrire des rapports ; contrairement à ce que veulent les préjugés courants dans la Marine, les APC peuvent devenir d'excellents rédacteurs.
- e. *Gardez un bon moral.* L'AQ par la Marine peut être un travail démoralisant. Les journées sont longues, les heures irrégulières, privées de la bienfaisante interruption des ports étrangers. Au sein du détachement, on trouve de nombreux chefs et peu d'indiens. Et le chantier est à Saint-Jean (on s'y fait, croyez moi, et on fini même par aimer !). Partout et tou-



jours, de la paperasse. Tout le principe de l'AQ vise l'autodestruction. En effet, si le système tourne rondement, les rapports sont inutiles. Et ainsi de suite. Il est important de se rendre compte que dans pareilles conditions, le moral des troupes peut baisser. Il faut donc rendre les lieux et les heures de travail aussi agréables que possible. Nous faisons des efforts pour créer et conserver un bon esprit de corps. La philosophie de l'emploi, au chantier, est fondée sur la maxime des Marines américains : chacun est d'abord un simple soldat. Chacun reçoit une formation de base en AQ et en méthodes d'inspection ; les techniciens en coque et les techniciens en électronique navale sont appelés à travailler ensemble, dans un même but. Nous essayons de toujours travailler en équipe et de nous amuser. Ça peut choquer certains militaires, mais nous croyons fermement pouvoir être très sérieux au sujet de notre travail, tout en le trouvant fort agréable. Non seulement l'AQ des frégates ne nous ennue pas, elle nous intéresse !



*Le commandant Hansen est commandant du chantier des frégates de patrouille canadiennes depuis décembre 1986.*

# Effets des décharges et des champs électrostatiques sur les systèmes électroniques

par L.R. Dicks et Gilles Morin

## Résumé

Les auteurs décrivent les effets de l'électricité statique sur les dispositifs électroniques modernes et abordent de façon systématique les mesures de protection contre les décharges électrostatiques (DES) dans toutes les étapes du cycle de vie d'un système électronique. L'électricité statique peut endommager les systèmes électroniques utilisés dans la plupart des installations au sol et à bord des avions et des navires.

## Introduction

Des enquêtes récentes au sein du ministère de la Défense nationale (MDN) du Canada ont démontré qu'un certain nombre de défaillances et de mauvais fonctionnements de systèmes électroniques ont été causés par des décharges électrostatiques (DES). Dans la plupart des cas, ces problèmes se sont présentés au cours de l'exploitation des systèmes mais ils pourraient avoir été évités ou minimisés si les responsables de la conception et de l'acquisition du matériel avaient été sensibilisés aux effets des DES. Des défaillances dues aux DES ont été identifiées dans des installations de communication au sol et à bord d'avions, des centres de commande d'ordinateur, des aires de développement de logiciel, des aires cryptographiques et plusieurs installations d'entretien de matériel électronique.

Les études de cas ci-dessous démontrent bien l'importance qu'il a de sensibiliser les gens aux problèmes causés par les DES.

**CAS A** — Une installation militaire importante d'ordinateur de surveillance exigeait tous les jours l'intervention de l'opérateur pour corriger le verrouillage du système et les erreurs de traitement. Une étude a permis de conclure que le système était sensible à des DES produites par le mouvement de chariots dans l'installation. La dissipation des charges électrostatiques de ces chariots a éliminé le mauvais fonctionnement du système et réduit considérablement les travaux d'entretien.

**CAS B** — Dans une installation de communications militaires, des pannes graves de la radio compromettaient les communications sol-air-sol. Une étude a démontré que le tapis antistatique n'avait pas une résistivité électrique de surface suffisamment faible pour dissiper adéquatement les charges électrostatiques.

## Sources

Les sources communes d'électricité statique comprennent les pièces en mouvement, comme dans l'équipement de traitement et de robotique, les déplacements d'air rapides, comme ceux produits par des véhicules en mouvement, et le corps humain. Il y a production d'électricité statique par suite de l'effet triboélectrique du frottement qui augmente la mobilité des charges entre les matériaux. La grandeur de la charge dépend de la capacité du matériau à céder ou à accepter des électrons, de la vitesse de frottement, des dimensions du matériau et de sa conductibilité électrique, ainsi que de l'humidité relative de l'environnement. Une faible humidité relative, au-dessous de 40 pour cent, est un facteur primordial qui contribue à l'accumulation d'électricité statique. L'expérience du MDN a démontré qu'une humidité relative très basse, près de 20 pour cent ou au-dessous, peut annuler les effets des matériaux de protection contre les DES.

## Le modèle électrique du corps humain

Étant donné que le corps humain est constamment en mouvement, il est un générateur important d'électricité statique. Les activités ordinaires, comme le fait de marcher sur des tapis et de manipuler des objets en matière plastique, peuvent produire des tensions allant jusqu'à 40 000 volts. Des études ont démontré que la capacité électrique du corps humain peut varier de 80 à 500 picofarads et que la résistance de contact de la peau peut varier de 500 à 5 000 ohms<sup>1</sup>. La tendance à augmenter la densité de montage des composants microélectroniques et la vitesse de fonctionnement des dispositifs semiconducteurs a conduit à des nouvelles réalisations qui sont sensibles à des charges électrostatiques de moins de 100 volts. Le simple fait de changer la position du corps humain peut produire de telles tensions. Souvent, une personne peut causer des dommages par DES à des systèmes électroniques et à leurs composants connexes sans qu'elle s'en rende compte, parce que le seuil de perception par le corps humain d'une étincelle électrostatique est d'environ 3 000 volts. Par conséquent, le contrôle des DES doit être traité comme faisant partie du système de contrôle de la qualité dans la fabrication, l'entretien et l'exploitation du matériel électronique.

## Le phénomène de la DES

Lorsque deux objets gardent des charges électrostatiques de valeurs différentes (de la même polarité ou de différentes polarités), un champ électrostatique existe entre les surfaces de ces objets. Si l'intensité du champ électrostatique excède le coefficient de rigidité diélectrique de l'air (12 kV/cm), les molécules d'air s'ionisent, ce qui en fait augmenter rapidement la conductivité. Par conséquent, il se forme un chemin de faible résistance qui permet au courant de circuler entre les deux objets et d'égaliser leurs charges. Ce phénomène, appelé « décharge électrostatique » (DES), se produit ordinairement en quelques nanosecondes. C'est la vitesse élevée de ce phénomène et la forte intensité du courant qui endommagent les dispositifs électroniques modernes. De plus, les champs électrostatiques intenses qui accompagnent les DES peuvent, par induction, provoquer la rupture des structures internes des dispositifs microélectroniques.

Les DES sont caractérisées par des temps de montée et de descente très courts, de l'ordre respectivement de 1 à 5 ns et de 30 à 100 ns. Comme l'illustre la *figure 1*, de tels transitoires électriques de faible durée couvrent un spectre étendu de fréquences qui peut aller jusqu'à 1 GHz dans certains cas. Par conséquent, un courant de DES rayonne une forte énergie électromagnétique qui peut se transmettre à des circuits électroniques proches, soit par conduction dans les fils d'alimentation ou d'interconnexion, soit par rayonnement à travers des ouvertures pratiquées dans les châssis de l'équipement. Ce phénomène s'appelle « couplage de décharge électrostatique et de brouillage électromagnétique (DES-BEM) ». La *figure 1* montre une DES typique provoquée par le corps humain, dans le domaine temporel et le domaine fréquentiel.

## Effets des DES

Les exigences en matière d'augmentation de la vitesse de fonctionnement et de diminution des temps de propagation et de la puissance des dispositifs électroniques modernes ont conduit implicitement à leur miniaturisation. Par conséquent, les conceptions modernes exigent une plus grande densité de montage, des couches d'oxydes plus minces, des tracés métalliques plus fins et plus courts et une réduction extrême de l'espacement entre les éléments actifs formés sur les substrats des circuits intégrés, ce

En effectuant une analyse fondamentale par transformées de Fourier, on peut calculer le spectre de fréquences d'une DES au moyen des équations ci-après<sup>2</sup>:

$$F1 = \frac{1}{\pi T_f} \quad F2 = \frac{1}{\pi T_r} \quad A = 2 \cdot I \cdot T_w(1)$$

dans lesquelles F1 et F2 sont respectivement les points de coupure à 20 dB et à 40 dB, Tr et Tf sont respectivement les temps de montée et de descente, A l'amplitude spectrale en ampères/hertz, I le courant maximal de DES et Tw la durée à 50 p. 100 de l'impulsion de DES.

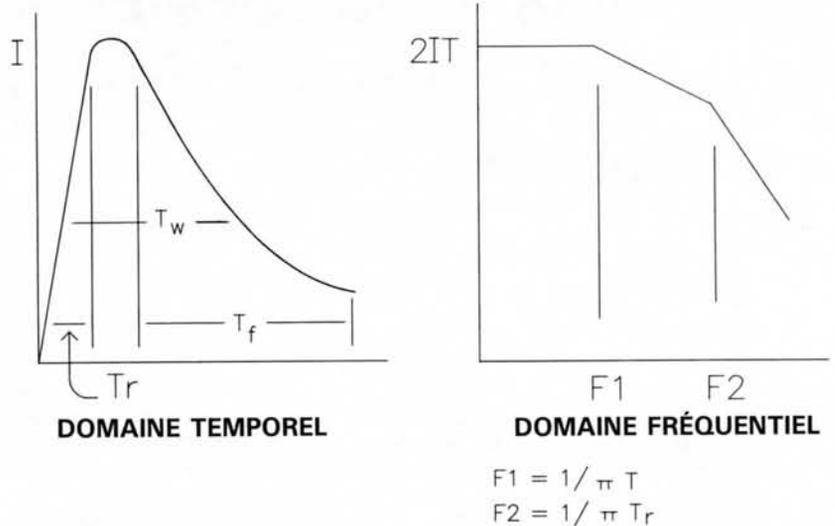


Figure 1. Domaine temporel et fréquentiel d'une DES

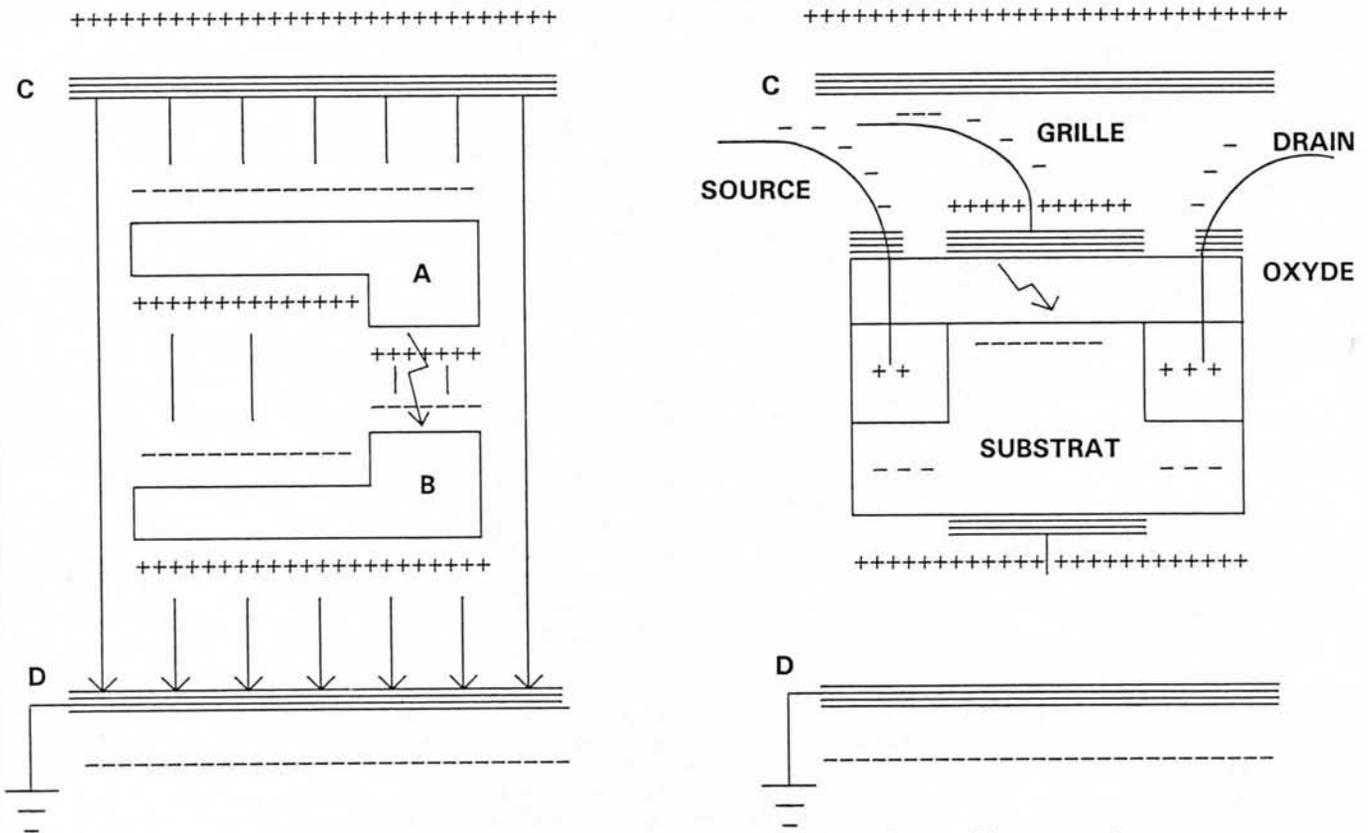


Figure 2. Dommages causés par induction d'un champ électrostatique

qui rend les dispositifs microélectroniques de plus en plus sensibles aux effets directs et indirects des DES. Il peut en résulter des pannes catastrophiques ou des pannes intermittentes. Les DES peuvent causer des contraintes électriques qui peuvent bien ne pas influencer sur le fonctionnement d'un système mais qui en dégradent les caractéristiques de performance, en

diminuant la fiabilité, en réduisant la moyenne des temps de bon fonctionnement (MTBF) et l'espérance de vie et, par conséquent, en augmentent les frais d'exploitation. Des DES répétées détériorent graduellement le système et finissent par provoquer des pannes catastrophiques. Ces défaillances qui dépendent du temps sont appelées des défaillances latentes.

#### Effets directs

Les dommages causés par le passage du courant de décharge dans les dispositifs électroniques sont des effets directs des DES. Ce courant peut atteindre une très grande intensité de crête à cause de la courte durée (typiquement quelques nanosecondes) de dissipation de

la charge électrostatique (typiquement quelques microcoulombs):

$$I = dQ(uC)dT(ns) \quad (2)$$

Des courants relativement élevés de plusieurs ampères passant directement à travers des dispositifs électroniques sensibles aux DES peuvent causer des dommages permanents qui peuvent conduire à des défaillances soudaines ou latentes. Des dommages permanents se produisent généralement lorsqu'il y a perforation d'un diélectrique, comme le dioxyde de silicium, ou métallisation des jonctions et des impressions conductrices.

### Effets indirects

Les DES ont aussi des effets indirects. Habituellement, il ne s'agit pas d'une défaillance catastrophique mais plutôt d'une dégradation du fonctionnement d'un dispositif électronique (panne intermittente). Par exemple, les opérateurs de systèmes électroniques font souvent face à des anomalies de fonctionnement qu'ils peuvent facilement corriger. Ces défaillances sont souvent le résultat de couplage DES-BEM et l'on n'y prête guère attention pour en prévenir la répétition étant donné qu'on peut facilement y remédier.

### Effets des champs électrostatiques

Lorsqu'un objet porte une charge électrostatique, un champ électrostatique existe. Un tel champ peut causer des dommages catastrophiques aux dispositifs électroniques sans que l'objet chargé ne produise une décharge électrostatique. Considérer deux plaques parallèles chargées, C et D (figure 2a). Les lignes de force du champ électrostatique sont perpendiculaires aux plaques et uniformes. Si deux objets conducteurs, A et B, sont placés dans ce champ, ils sont polarisés par la charge induite et un potentiel constant existe entre A et B. Cependant, l'intensité du champ électrostatique entre A et B varie avec la distance entre ces deux objets. Si cette intensité de champ excède le coefficient de rigidité diélectrique de l'air (12 kV/cm), une DES se produit entre les objets A et B pour neutraliser leur charge. Cette décharge peut perforer la couche d'oxyde des dispositifs micro-électroniques MOS à cause de la polarisation des aires conductrices telles que le drain, la grille, la source et le substrat (figure 2b)<sup>3</sup>. Étant donné qu'avec les nouvelles techniques on utilise des couches d'oxyde très minces, les dispositifs électroniques sont susceptibles d'être endommagés par les champs électrostatiques à cause de leur faible tension de claquage interne.

### Protection contre les DES

En général, il existe trois façons de mettre en œuvre un programme de protection contre les DES. D'abord, on peut prévoir un certain niveau de protection contre les effets destructifs des DES au moment de la conception de l'équipement ou du système. Deuxièmement, la production d'une charge électrostatique peut être minimisée dans les cas où l'on peut exercer un certain contrôle sur les facteurs appropriés. Troisièmement, on peut mettre en place les éléments permettant de maximiser la dissipation

sûre et rapide des charges. Une approche systématique détaillée et complète, y compris une évaluation de l'impact des mesures de protection sur l'opérateur, est nécessaire pour assurer une protection complète contre les effets des DES.

### Sensibilisation aux DES

D'abord et avant tout, il faut sensibiliser le personnel aux effets des DES. Il doit avoir une connaissance fondamentale des DES et savoir prendre les mesures nécessaires à chaque étape du cycle de vie des dispositifs électroniques. Idéalement, la formation doit comprendre un effort coordonné en vue d'assurer la continuité de la protection. Certaines agences sont mieux informées, se soucient plus des effets des DES et mettent mieux en œuvre les précautions nécessaires que d'autres et, bien que l'on continue de former les gens, il existe encore des lacunes dans le degré de protection assuré. Malheureusement, ce n'est parfois qu'après une panne catastrophique que l'on met en œuvre les mesures appropriées de protection contre les DES.

### Gestion du cycle de vie

Le ministère de la Défense nationale a adopté le concept de « gestion du cycle de vie » pour le matériel des Forces canadiennes. La gestion du cycle de vie prévoit la gestion de toutes les activités depuis le moment où l'on reconnaît le besoin d'un équipement ou d'un système jusqu'à ce que l'on en dispose. Le système de gestion du cycle de vie constitue un cadre commode pour l'élaboration des mesures de protection contre les DES.

### L'étape de la conception

Pendant l'étape de la conception, on définit les paramètres de performance particuliers ainsi que l'environnement opérationnel, qui comprend l'environnement naturel et induit (climat, chocs et vibrations) et l'environnement électromagnétique. Ces conditions environnementales dictent également le niveau de protection nécessaire et, par le fait même, le genre de conception.

Les appareils radar et l'équipement électronique du Système d'alerte du Nord fonctionnent dans des conditions qui se prêtent le plus à la production de charges électrostatiques par des pièces en mouvement, ou par le personnel d'entretien, d'où la possibilité de dommages et de mauvais fonctionnement. Dans un autre environnement, comme celui que l'on trouve à un centre de communications où la température et l'humidité sont bien contrôlées et réglées, il est moins nécessaire de prévoir des mesures de protection contre les DES pendant la conception. Pour ce qui est de l'équipement de campagne, la source la plus probable de DES est l'homme et l'on doit en tenir compte dans la conception de cet équipement.

C'est à cette étape que l'on doit définir les facteurs qui influenceront sur le besoin de protection contre les DES.

### L'étape de l'acquisition

Pendant l'étape de l'acquisition du matériel, on doit avoir pour objectif de mettre en stock

un équipement ou un système qui sera conforme aux paramètres de performance définis à l'étape de la conception. Les personnes responsables de l'assurance de la qualité doivent s'assurer que l'entrepreneur tient compte des dangers des DES pendant la phase de conception.

Dans le contexte de l'assurance de la qualité, il est important de s'assurer que l'entrepreneur a un programme de contrôle effectif des DES dans son usine. Si le fabricant ne met pas en œuvre un tel programme, il peut en résulter une performance diminuée en service, des défaillances latentes et une faible MTBF.

### Essais de sensibilité aux DES

On doit entreprendre un programme d'essais intégré pour s'assurer que l'équipement ou le système sera conforme aux paramètres dans un environnement opérationnel bien défini. La dégradation ou la détérioration des parties composantes par les DES au cours de la fabrication ou de l'assemblage pourrait constituer un facteur d'acceptation ou de rejet. Ce programme doit comprendre également des essais déterminés en vue de s'assurer que les mesures de protection incorporées dans l'équipement ou le système sont bien efficaces contre les DES.

À l'heure actuelle, la Commission électrotechnique internationale est le seul organisme qui ait ratifié une norme d'essais de sensibilité aux DES pour l'équipement, les ensembles et les systèmes électroniques: IEC-801-2 « Electromagnetic Compatibility for Industrial-Process Measurement and Control Equipment, Part 2 — Electrostatic Discharge Requirements ». Le MDN élabore présentement un accord de normalisation (STANAG) avec d'autres pays membres de l'OTAN en vue de la ratification de méthodes d'essais de sensibilité aux DES qui incorporera des exigences relatives à de tels essais. De plus, l'« Electrical Overstress/Electrostatic Discharge American Association » élabore actuellement diverses normes relatives à l'équipement de protection contre les DES, y compris des exigences relatives au matériel et aux essais.

### Entreposage, manutention, emballage et expédition du matériel

L'entrepreneur doit élaborer des procédures d'entreposage, de manutention, d'emballage et d'expédition dans son usine. Encore ici, il incombe aux responsables de l'assurance de la qualité de s'assurer que l'entrepreneur tient bien compte de ces aspects. Des lignes directrices relatives à la manutention des articles sensibles aux DES sont données en détail dans la référence 8.

### L'étape de l'exploitation

Les mesures de protection mises en œuvre contre les DES ne doivent pas exiger d'intervention de la part des opérateurs. Il est important qu'ils puissent se concentrer sur leurs tâches sans être obligés de porter des bracelets de mise à la terre ou d'autres dispositifs de protection contre les DES.

Si un équipement ou un système a été conçu pour utilisation dans un environnement contrôlé

comme dans un centre de communications ou une salle d'informatique, cet environnement particulier doit être documenté et maintenu. On ne doit apporter aucune modification qui puisse influencer sur l'environnement contrôlé sans une étude et une documentation appropriées. Les facteurs importants comprennent non seulement la température et l'humidité relative mais encore les planchers ou les tapis, le système de mise à la terre et les carpettes de dissipation de l'électricité statique si elles sont utilisées (bien qu'elles ne soient pas idéales du point de vue opérationnel). On doit établir des pratiques d'entretien telles que les contrôles demeurent intacts et efficaces.

Le système d'approvisionnement doit imposer des obligations aux fournisseurs d'ensembles, de dispositifs et de composants afin de s'assurer que ces pièces ne sont pas endommagées par des DES avant leur réception. Ces pièces doivent être emballées et expédiées dans des matériaux protecteurs appropriés. À l'intérieur du « système », les matériaux disponibles pour l'emballage des ensembles, des dispositifs et des composants doivent satisfaire aux exigences relatives à la protection contre les DES. Les procédures de manutention doivent être bien définies, et bien comprises et suivies par le personnel, et les pièces doivent être entreposées dans un environnement qui les protège contre les DES.

Les ensembles tels que les cartes de circuits imprimés ou les modules électroniques qui contiennent des pièces électroniques électrosensibles doivent être catalogués, emballés, étiquetés et manutentionnés comme s'ils étaient des articles électrosensibles. Il n'est pas toujours possible de déterminer quels genres de composants sont utilisés dans les cartes ou les modules électroniques. Par conséquent, on doit les emballer et les manutentionner comme s'ils étaient électrosensibles à moins qu'il ait été bien établi qu'ils ne sont pas sensibles aux DES.

Les installations de réparation et de révision en service doivent appliquer des procédures strictes de contrôle des DES. À cause des frais élevés de révision et de réparation d'un circuit imprimé, il est nécessaire de réduire le risque de remettre en stock une carte ou un ensemble endommagé. On doit prendre les mêmes précautions que lorsqu'on manutentionne des composants électrosensibles non montés.

Les sacs ou contenants ordinaires en plastique (souvent utilisés pour garder les instructions ou les procédures d'essais) et les objets en styrofoam doivent être bannis de l'atelier. Les techniciens doivent porter des vêtements de protection contre les DES. Les vêtements en tissus synthétiques sont considérés comme des générateurs d'électricité statique et le port d'une blouse de travail en coton est recommandé lorsqu'on doit manier des articles électrosensibles.

Des postes de travail exempts d'électricité statique sont nécessaires. Ces postes doivent être équipés d'une table et de carpettes reliées à la terre au moyen d'une résistance de 1 mégohm pour dissiper les charges d'électricité statique.

Des bracelets de mise à la terre sont aussi utilisés. Dans les endroits où aucun système de contrôle de l'environnement n'est installé, une faible humidité relative peut avoir pour effet d'augmenter les dommages dus aux DES. On peut utiliser un petit humidificateur pour maintenir le taux d'humidité relative à un niveau sûr (40 à 50 p. 100). Des outils et de l'équipement de protection contre les DES doivent compléter les autres éléments du poste de travail. Un ioniseur doit être utilisé pour neutraliser la charge des matériaux de protection contre les DES.

Tous les contenants, outils, appareils d'essai et accessoires électriques doivent être mis à la terre avant et pendant l'usage, soit directement, soit par contact avec une surface mise à la terre. La mise à la terre des appareils électriques doit se faire au moyen d'une fiche comportant une broche de mise à la terre et non pas par contact avec la surface conductrice du poste de travail. On ne doit pas utiliser d'outils munis de poignées en matière isolante pouvant produire de l'électricité statique à moins qu'ils ne soient traités au moyen d'une solution topique antistatique.

On doit effectuer périodiquement des vérifications de continuité et de résistivité des bracelets de mise à la terre, des surfaces d'établissement, des carpettes et des autres articles mis à la terre et inscrire dans un journal les dates où on les a effectuées. On doit relier électriquement entre eux les contenants de pièces détachées avant de transférer des pièces électrosensibles de l'un à l'autre.

### Conclusion

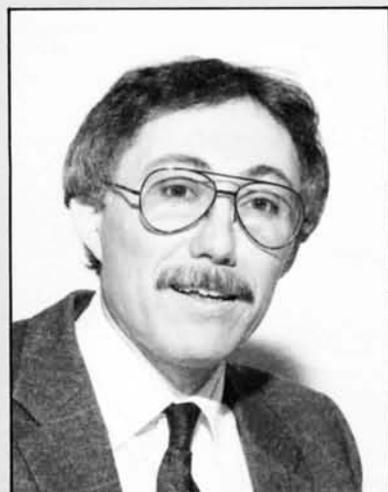
L'augmentation des dommages et des pannes de l'équipement et des systèmes électroniques modernes indique clairement que les DES doivent faire l'objet de nos préoccupations. On peut prévenir ou minimiser les effets des DES en prenant les précautions qui s'imposent à toutes les étapes du cycle de vie d'un système. Le contrôle des DES exige l'application intégrale de mesures de protection, étant donné que le fait de ne pas mettre en application des pratiques aussi simples que le port de bracelets de mise à la terre peut avoir un effet néfaste sur le programme de protection global. Les DES font partie du système de gestion du cycle de vie et l'on doit en tenir compte tout comme de toutes les autres exigences relatives au matériel.



### Bibliographie

1. H. Hyatt, H. Calvin and H. Mellberg, « A Closer Look at the Human ESD Event », 1981 Electrical Overstress/Electrostatic Discharge Symposium, Las Vegas, Nevada, pp. 1-8, 1981.
2. M. Mardiguan, « Electrostatic Discharge—Understand, Simulate and Fix ESD Problems », Interference Control Technologies Inc., Gainesville, Virginia, 1986.
3. J. Hunstman, « Proper Shielding Protects ICs from Electrostatic Damage », Electronics, July 14, pp. 142-146, 1982.

4. A-LP-113-001/FP-001, « Guide du système de gestion du cycle de vie du matériel », ministère de la Défense nationale, 1983.
5. P. Richman, « A Realistic ESD Test Program for Electronic Systems », EMC Technology, July-September, 1983.
6. M. Honda and Y. Ogura, « Electrostatic Spark Discharge—Three Factors are Critical », 1985 Electrical Overstress/Electrostatic Discharge Symposium, Minneapolis, MN, pp. 149-154, 1985.
7. H. Hyatt, « Critical Considerations for ESD Testing », 1984 Electrical Overstress/Electrostatic Discharge Symposium, Philadelphia, PA, pp. 104-111.
8. DOD-HDBK-263, (aussi n° ITFC du MDN CO-06-006-005/VB-000), « Electrostatic Discharge Control Handbook for Protection of Electrical and Electronic Parts, Assemblies and Equipment (Excluding Electrically Initiated Explosive Devices) », U.S. Department of Defense, 1980.



L.R. Dicks est le chef de section du Laboratoire d'électricité et d'électronique au Centre d'essais techniques de la qualité (CETQ), à Ottawa.



Gilles Morin est le chef du Laboratoire technique des systèmes d'étalonnage au CETQ.

# Installation en rattrapage proposée d'un système de propulsion turbine à gaz / électrique destiné à la classe *Annapolis*

par L.T. Taylor

Le rôle des navires de classe *Annapolis* subit présentement une importante modification avec l'installation du système CANTASS. La conversion de cette classe, qui n'est pas une solution miracle, découle des questions soulevées après lecture du résumé de l'étude sur une frégate à propulsion électrique. Une proposition de conception est présentée et soutenue par certains arguments, mais sans définition complète du processus de conception.

## Groupe de propulsion proposé

On utilise un système de transmission électrique à cycloconvertisseurs c.a. à c.a., avec production d'électricité à fréquence variable et modification de fréquence par cycloconvertisseurs de manière à faire varier la vitesse de rotation de l'hélice. L'alimentation électrique des services du navire est assurée par la barre omnibus de force de propulsion avec ses propres groupes électrogènes et cycloconvertisseurs. La

figure 1 présente l'installation proposée sous forme schématisée. Deux turbines à gaz Allison 571K entraînent les alternateurs de propulsion et produisent jusqu'à six mégawatts de courant triphasé de 3 300 volts sous des fréquences comprises entre 100 et 200 hertz. Chaque arbre est entraîné par un moteur à courant alternatif de 6 MW, 24 pôles, triphasé, 1 200 volts à des régimes compris entre 0 et 150 tr/min, correspondant à des fréquences de sortie des cycloconvertisseurs comprises entre 0 et 30 hertz.



Le NCSM *Annapolis*

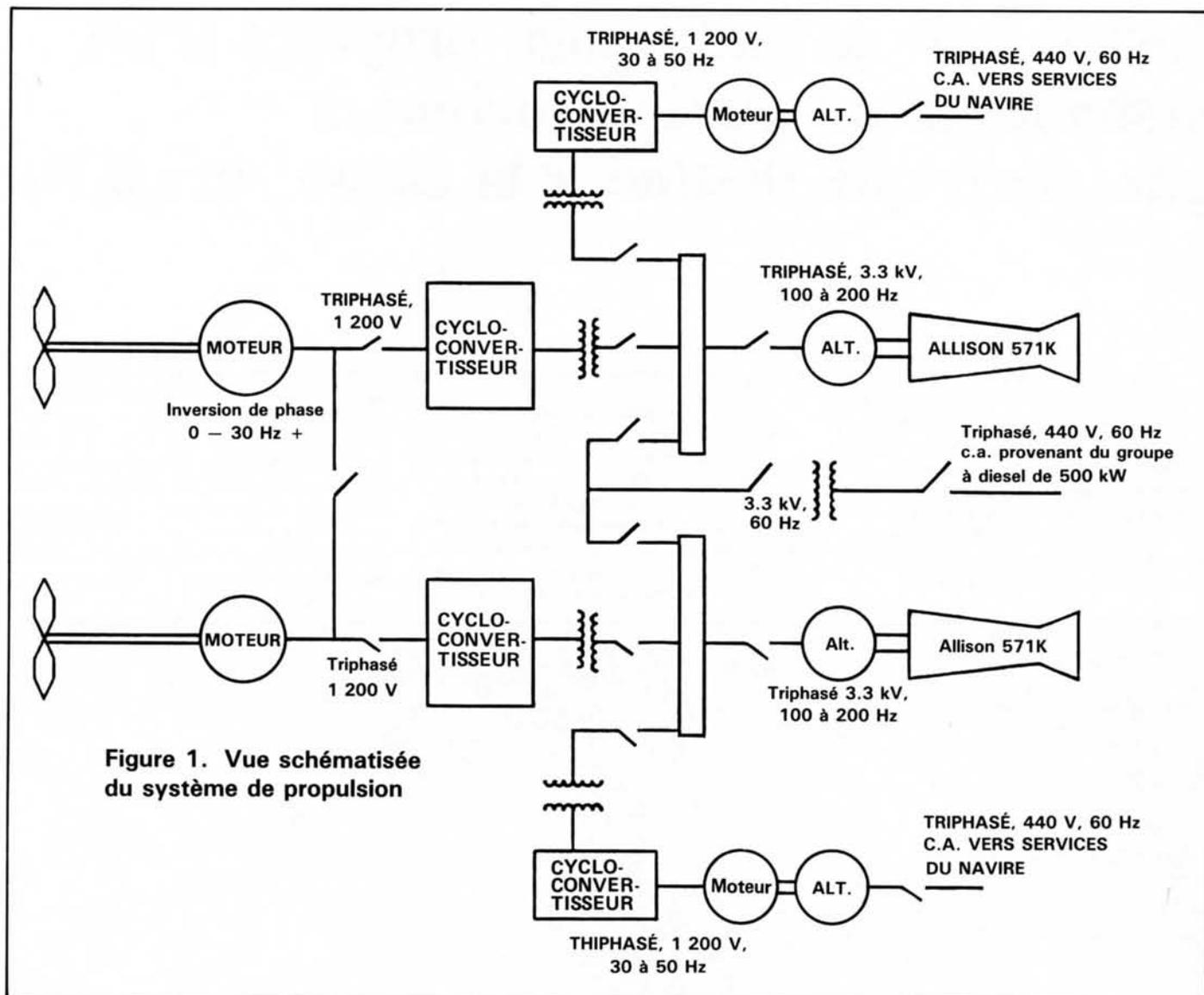


Figure 1. Vue schématisée du système de propulsion

Les deux groupes électrogènes de 1 MW chacun fournissant un courant triphasé de 440 volts, 60 Hz aux services du navire. Un cycloconvertisseur équipe chaque groupe électrogène. La régulation de la fréquence de sortie du cycloconvertisseur est obtenue en fonction des exigences des services du navire (60 Hz). La fréquence de sortie réelle du cycloconvertisseur est légèrement supérieure à 30 Hz compte tenu du glissement du moteur d'entraînement à induction. Un seul des groupes électrogènes peut être branché au panneau de commutation principal à la fois. La figure 2 montre un croquis de la disposition générale des machines de l'installation proposée. La figure 3 montre une vue en coupe et en élévation des moteurs de propulsion reliés aux lignes d'arbres existantes dans la salle des machines.

### Modes d'exploitation

Les quatre modes d'exploitation suivants sont utilisables avec ce système de propulsion.

- a. Croisière normale — un groupe alternateur 571K entraînant les deux moteurs de

propulsion, et un groupe électrogène utilisé pour les services du navire (vitesse maximale de 19,5 noeuds).

- b. Grande vitesse — deux groupes alternateurs 571K, dont un entraîne seulement son moteur de propulsion et est isolé de l'autre qui entraîne son moteur de propulsion et le groupe électrogène destiné aux services du navire (vitesse maximale de 23,25 noeuds).
- c. Puissance maximale — deux groupes alternateurs 571K, chacun entraînant seulement son propre moteur de propulsion, les services du navire étant desservis par un groupe diesel de 500 kW et par des groupes diesel de 200 kW au besoin (vitesse maximale de 24,0 noeuds).
- d. Capacité de retour au port d'attache en cas d'urgence — le groupe diesel de 500 kW peut entraîner un des moteurs de propulsion ou les deux par l'entremise de l'un ou l'autre des cycloconvertisseurs, des groupes diesel de secours de 200 kW desservant les services du navire.

### Justification

La propulsion électrique est silencieuse; un navire à sonar remorqué présente donc une meilleure efficacité du fait qu'il réduit son propre niveau de bruit. Dans le cas d'une modification comme celle-ci, les problèmes d'installation sont considérablement réduits en raison de la souplesse de disposition possible du système de propulsion électrique. Seuls les moteurs électriques doivent être alignés mécaniquement avec la ligne d'arbres. Les moteurs peuvent être disposés n'importe où autour des prises d'air et des cheminées. Ce type de propulsion électrique c.a./c.a. assure un renversement de marche simple comparativement aux moteurs primaires unidirectionnels raccordés aux systèmes de transmission mécaniques. La capacité de raccordement intégrée de la propulsion électrique assure un fonctionnement plus efficace sous charge partielle et une redondance à puissance partielle ainsi que des modes d'exploitation pour le retour au port d'attache aux fins de « surviabilité ». Les améliorations de l'efficacité en charge partielle, surtout aux basses puissances,

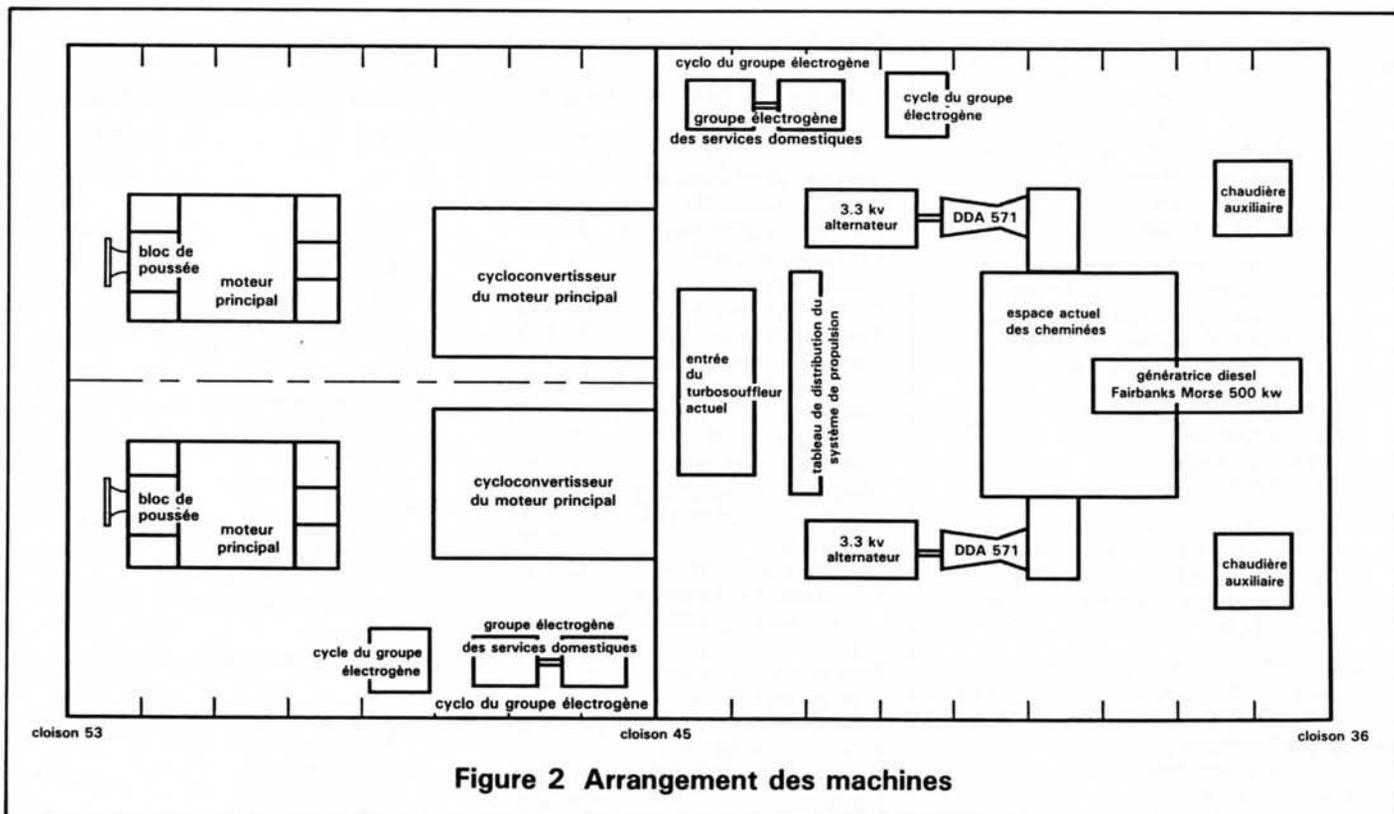


Figure 2 Arrangement des machines

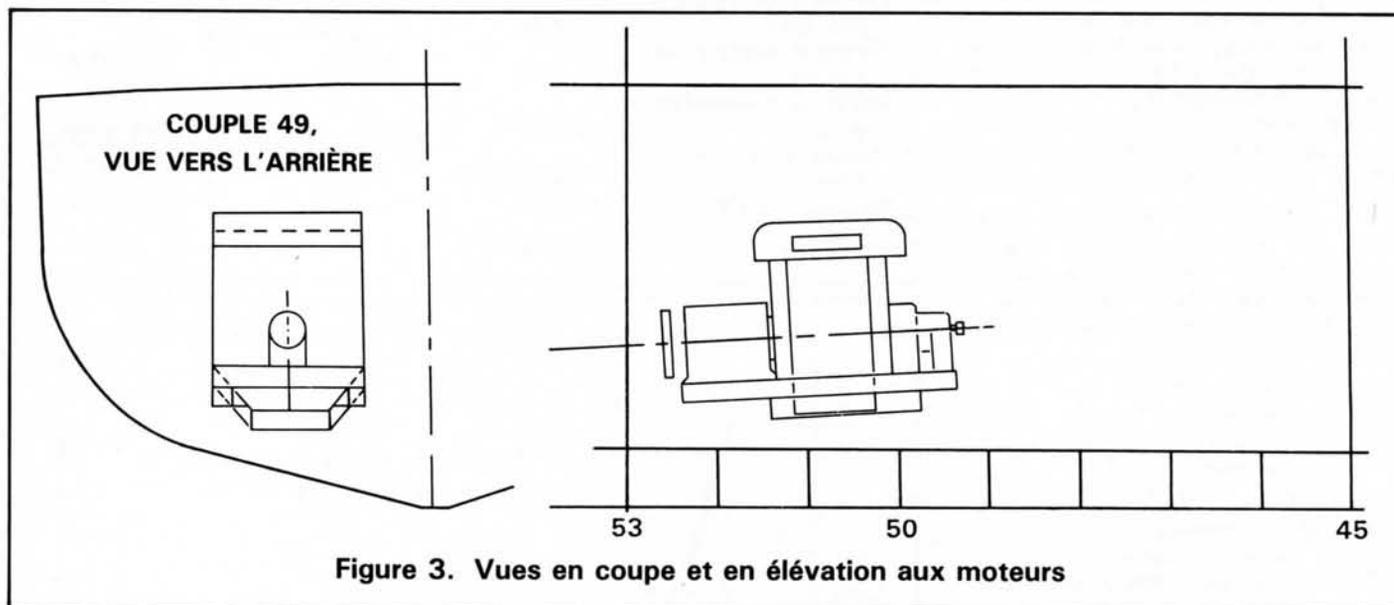


Figure 3. Vues en coupe et en élévation aux moteurs

sont importantes à bord d'un navire à sonar remorqué, car elles se traduisent par une autonomie accrue et donc par une période plus longue en service.

La turbine à gaz Allison 571K est utilisée dans le groupe proposé car elle ne diffère de la turbine Allison 570K utilisée dans les DDH-280 modifiés (programme TRUMP) que par la turbine libre. La formation et le soutien sont presque identiques à ceux des 280 modifiés (TRUMP). Il s'agit d'une deuxième génération de turbine à gaz qui présente une bonne consommation spécifique de combustible sous puissance partielle, qui comme il l'a été déjà indi-

qué est très important dans un navire à réseau remorqué. Le débit d'air nécessaire à la turbine 571K est de 43.3 lb/sec (comparativement à plus de 60 lb/sec par turbosoufflante); ainsi, les gaines existantes des navires de classe *Annapolis* devraient suffire. La turbine 571K en marche intermittente maximale a une puissance de sortie de seulement 8 288 HP; ainsi, la puissance totale installée sera sensiblement inférieure à celle de l'installation à vapeur Y-100 d'origine. Encore une fois, la modification du rôle du navire aide à justifier la vitesse maximale réduite. Des cycloconvertisseurs et des moteurs de six mégawatts construits par la Générale électrique du Canada sont présentement en

service en mer à bord du brise-glace de type 1200 de la Garde côtière canadienne. Les moteurs de cette puissance nominale peuvent donc être considérés comme étant de technologie éprouvée. Afin d'accroître le niveau de la puissance de propulsion, il faudrait des turboalternateurs supplémentaires ou plus gros en plus de moteurs plus puissants. L'augmentation de la taille des moteurs ne semble pas poser trop de problèmes techniques. Le brise-glace proposé Polar 8 doit être propulsé par six moteurs de 12.5 MW. Un cycle complet de développement serait requis pour faire une analyse approfondie des alternatives, mais comme il a été remarqué au départ ce développement s'effec-

tue avec une approche simple. Des arguments ont été avancés par l'entremise de sources ouvertes, basées sur des changements à l'intérieur des salles de machines comme tel sans avoir des retombées sur la structure du navire ou des arrangements des machines. L'utilisation des moteurs primaires de propulsion pour desservir les services électriques du navire présente aussi trois avantages pour le navire :

- Elle réduit le nombre de moteurs primaires à installer et à faire fonctionner comparativement à lorsque des alternateurs à turbine à gaz ou à diesel doivent fonctionner continuellement en mer.
- Elle réduit les bruits du navire car les groupes alternateurs-moteurs électriques sont plus silencieux que les groupes alternateurs-turbines à gaz ou diesel.
- La charge qu'elle ajoute à la charge de propulsion qui s'exerce sur la turbine à gaz aux très faibles régimes influe considérablement sur la consommation de combustible.

Pour démontrer ce troisième avantage, prenons l'exemple d'une puissance de propulsion de 1 000 HP et une autre puissance de 1 000 HP pour la charge électrique des services du navire. La consommation spécifique de combustible améliorée à 2 000 HP par rapport à 1 000 HP à la figure 4 constitue un indice de l'amélioration du rendement. D'un autre point de vue, la propulsion du navire exigeait une consommation de combustible de 900 lb/hre; maintenant, pour une consommation de 1 250 lb/hre, nous obtenons les deux. Cette différence de 350 lb/hre ou csc de 0.35 lb/HP est difficile à atteindre dans le cas d'un groupe électrogène distinct.

Le tableau 1 précise les pièces de matériel importantes qu'il faut retirer des salles des machines et des chaudières, ainsi que leurs poids. Essentiellement, les seuls éléments du matériel qui restent après le démontage sont les suivants :

- Salles des machines
  - climatiseur — 75 tonnes
  - compresseurs d'air h.p.
  - compresseur d'air b.p.
  - pompe de coque et d'incendie
- Salle des chaudières
  - chaudière auxiliaire
  - groupe électrogène à diesel 500 kW
  - compresseur d'air b.p.
  - pompe de coque et d'incendie

Le poids des assises et de la tuyauterie n'a pas été pris en compte pour le démontage et ne le sera pas non plus dans la nouvelle installation. Le tableau 2 précise les pièces de matériel à installer, ainsi que leur poids. Les poids sont comparables.

### Hélice

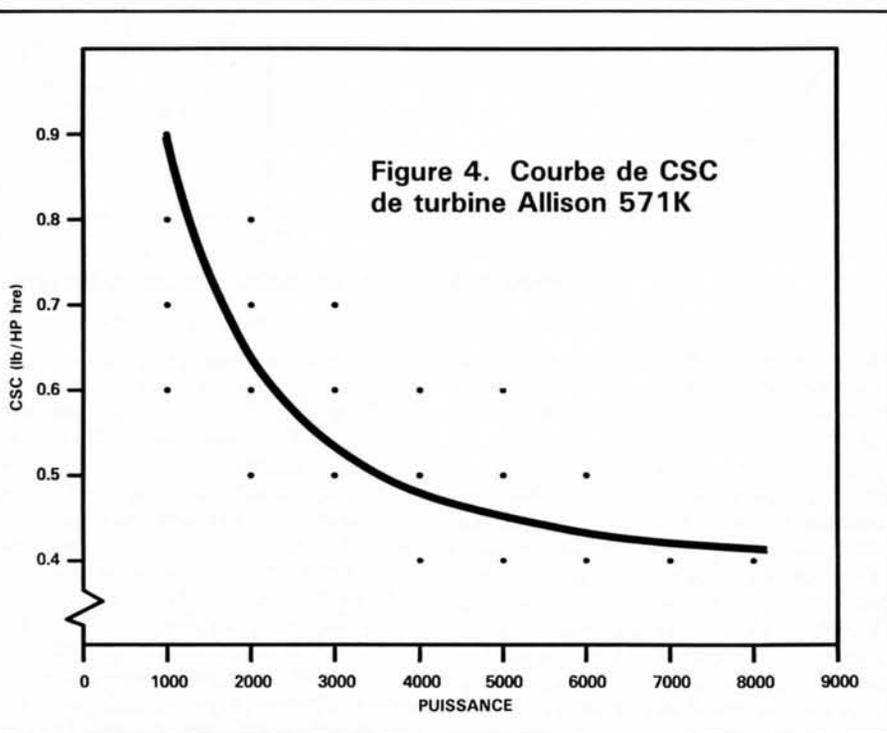
Une hélice peut être conçue pour assurer une marche plus silencieuse tout en étant plus efficace, même si elle exerce une plus faible poussée dans l'eau pour une même surface arrière du navire. Un des paramètres de cette concep-

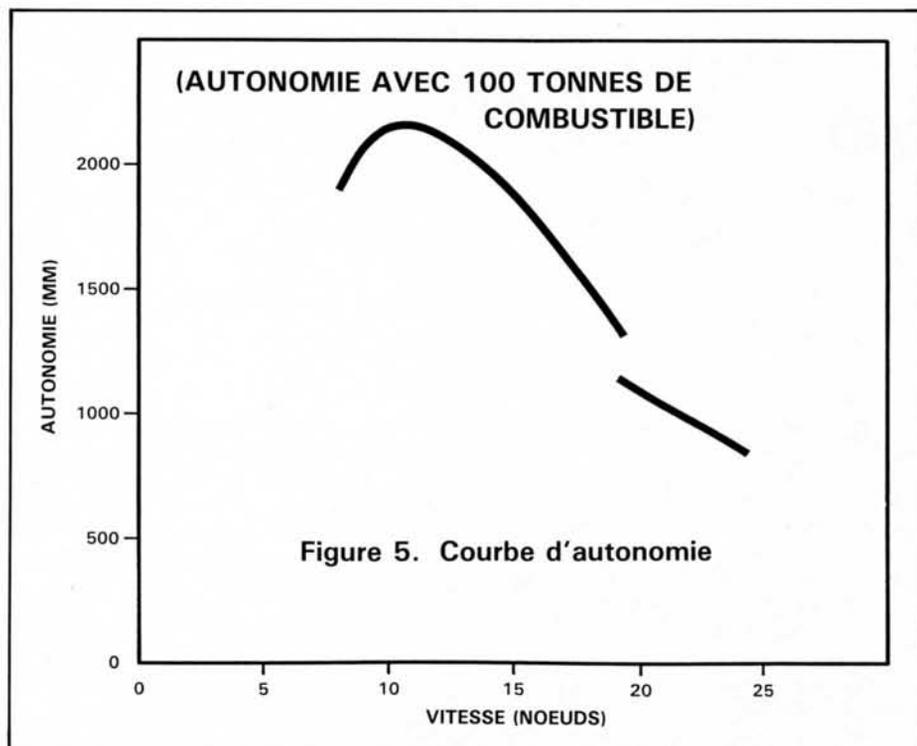
**TABLEAU 1  
DÉMONTAGE DE  
L'INSTALLATION À VAPEUR**

PIÈCE	POIDS
Moteurs principaux et condenseurs (2)	84 000
Réducteurs principaux (2)	68 600
Chaudières principales (2)	192 400
Turboalternateurs (2)	33 800
Turbosoufflantes (2)	8 560
Pompe d'alimentation principale	6 630
Pompes de circulation principales (2)	7 760
Pompes d'extraction (2)	4 200
Filtres et refroidisseurs d'huile de graissage (2 jeux)	5 000
Éjecteurs d'air (2)	2 170
Condenseur d'éjecteur de vapeur de presse-étoupe	1 250
Pompe de graissage sous pression à vapeur	1 550
Motopompe de graissage sous pression	1 760
Dégazeur	6 050
Pompe d'extraction de dégazeur	1 210
Pompe d'alimentation Pacific	1 500
Pompe d'alimentation à piston	2 830
Pompes à combustible (2)	3 440
Évaporateur (2)	12 700
<b>TOTAL</b>	<b>445 410 lb</b>

**TABLEAU 2  
POIDS DU CIRCUIT  
ÉLECTRIQUE/TURBINE À GAZ**

PIÈCE	POIDS
Moteurs de propulsion (2)	82 500 kg
Pompes à huile	175
Pompes d'eau de mer (4)	800
Filtres et refroidisseurs d'huile (2)	300
Cycloconvertisseurs (principaux) (2)	7 000
Transformateurs (principaux) (2)	50 000
Génératrices principales (2)	20 500
Turbines à gaz	800
Modules d'huile de graissage de turbine à gaz (2)	325
Groupe électrogène (2)	22 000
Cycloconvertisseurs (GP) (2)	1 500
Transformateurs (sn vers propulsion)	2 500
Désalinateurs par osmose inversée (2)	6 000
Deuxième chaudière auxiliaire	2 800
<b>TOTAL</b>	<b>197 200 kg (433 840 lb)</b>





tion est le régime de rotation de l'arbre. Pour des puissances et des vitesses équivalentes du navire, les hélices plus silencieuses tournent plus lentement que des hélices conçues pour la vitesse. Au niveau de puissance modifié et pour un couple maximal identique exercé sur la ligne d'arbres, le rapport du nouveau régime sur l'ancien est égal au rapport de la nouvelle puissance sur l'ancienne; on obtient ainsi un nouveau régime maximum d'environ 120 tr/min à l'arbre. Le 150 tr/min énoncé auparavant donne une marge de torsion en employant un moteur avec un nombre similaire de barres à ce qui est employé par le brise-glace du type 1200. Encore une fois, une méthode de développement complète tiendrait compte des alternatives entre le nombre de barres du moteur et la fréquence de sortie du cycloconvertisseur pour produire un régime maximum de l'arbre plutôt bas tout en tenant compte du bruit, de l'efficacité et de la tension.

Une hélice de plus faible puissance peut présenter un plus faible dégagement entre les pales et la coque qu'une hélice de puissance supérieure sans augmentation du niveau de bruit. Cette caractéristique permet alors une plus grande surface de balayage de l'hélice et une charge spécifique moindre tout en améliorant l'efficacité de l'hélice.

### Économie

L'économie réalisée avec l'utilisation du moteur primaire de propulsion pour alimenter en électricité les services du navire a déjà été démontrée. L'idée derrière l'utilisation d'un alternateur de propulsion à fréquence variable est de faire fonctionner la turbine à gaz au régime de la turbine qui consomme le moins de combustible pour la puissance de sortie nécessaire. Ce facteur est important à faible puissance. Sup-

posons encore une puissance de 2 000 HP; la différence entre la marche à régime constant de la turbine de propulsion (fréquence constante) et la marche en régime économique est d'environ 30 lb/hre sur 1 250 HP, soit 2 1/2 pourcent.

### Autonomie

La figure 5 montre la courbe d'autonomie exprimée en milles parcourus par 100 tonnes longues de combustible, y compris la charge électrique de 450 kW des services du navire et la marche à puissance maximale (360 lb/hre) pour une chaudière auxiliaire. Cette courbe tient compte de l'efficacité accrue de l'hélice par rapport à l'hélice utilisée présentement sur la classe *Annapolis*, et utilise la courbe puissance efficace-vitesse en fonction de la classe tel que calculé par un modèle informatique d'exploration. Le rendement de la conversion du système électrique est passé de 90 pourcent à faible puissance à 93 pourcent à grande puissance.

Il est impossible pour le moment de comparer directement la courbe d'autonomie produite ici avec celle de la classe *Annapolis* avec machines à vapeur Y-100. Malgré cela, il est possible de dire qu'en régime économique, à 19 noeuds et avec deux turbines à gaz 571K, et en vitesse maximale avec seulement les turbines à gaz en marche, l'autonomie d'un navire à propulsion électrique seulement est plus d'une fois et demie celle d'un navire à vapeur.

### Conclusion

Un système de propulsion électrique-turbine à gaz installé en rattrapage dans les navires de classe *Annapolis* améliorerait le système CANTASS pour des raisons d'économie et de réduction de bruit. Le facteur économie améliore le système en prolongeant sa durée en service. La

réduction de bruit améliore aussi le système en augmentant sa capacité de détection. Les turbines à gaz dont il est question dans le présent document sont très semblables aux turbines à gaz 570K Allison installées dans les navires de classe DDH-280 modifiés (TRUMP); on peut ainsi bénéficier des installations en place en matière de soutien technique et de formation. Le fait qu'on ait choisi cette turbine à gaz se traduit cependant par une diminution de la vitesse maximale réalisable. La vitesse maximale constitue toutefois un facteur moins important sur les navires de classe *Annapolis* utilisés avec le système CANTASS que dans le cas de leur rôle initial de conception. L'installation électrique utilisée est maintenant offerte par les fabricants canadiens.

Comme on l'a mentionné en introduction, cette modification n'est pas la solution miracle; elle peut cependant servir de système de démonstration très utile de la propulsion électrique tout en améliorant la capacité opérationnelle au prix d'une réduction de la vitesse maximale.

### Remerciements

Sans l'aide de M. Phil Malone de chez Allison Gas Turbines et du Lcdr A. Smith de la DMGM 2, les comparaisons établies pour la présentation du présent document n'auraient été qu'approximatives.



L.T. Taylor est un ingénieur civil auprès de l'Unité du génie naval (Atlantique). Il a pris sa retraite de la Marine en 1983, après 22 ans de carrière.

# Les systèmes experts et leur application au génie maritime

Par le Dr Pierre Roberge et le  
LCdr Serge Lamirande

## Résumé

Avec l'introduction de la FCP et les futurs projets de développement comme le nouveau programme des sous-marins, on peut s'attendre à ce que la formation des techniciens de marine atteigne un niveau de spécialisation technologique inédit et constitue un facteur clé de ces programmes. Si on relève les résultats obtenus à date, on constate que des 333 marins recrutés pour les métiers de techniciens de marine (TEC MAR) en 1978, seulement 26 avaient obtenu le certificat de niveau 2 en 1985. Nous croyons que ces résultats ne s'amélioreront pas en raison de la complexification future de la formation. Par conséquent, le développement de systèmes experts pourrait constituer un avantage majeur pour le technicien de marine en garantissant la disponibilité immédiate des données techniques en mer et à terre.

## Introduction

Le présent article vise à présenter un sous-domaine de l'intelligence artificielle, les systèmes experts, à démontrer leurs possibilités et à décrire leurs avantages potentiels du point de vue de la marine.

## Qu'est-ce qu'un système expert?

Un système expert est un système informatique comportant du logiciel et du matériel qui contient de l'expertise humaine sous forme codée. Un système expert comporte des connaissances humaines dans un domaine spécifique et limité (appelé le domaine du système), mémorisées dans l'ordinateur de manière que même un utilisateur non expert puisse les consulter et les appliquer.

La caractéristique propre aux systèmes experts est leur approche des problèmes et leur manière de les résoudre. Les systèmes experts manipulent non seulement les opérateurs booléens et mathématiques standard, mais incorporent aussi des processus de raisonnement typiquement humains, comme les règles empiriques et les raccourcis utilisés par les experts pour la résolution des problèmes<sup>1</sup>. Les systèmes experts peuvent aussi traiter de grandes quantités d'informations, provenant d'un ou plusieurs experts dans un domaine particulier (et qui peuvent représenter des douzaines d'années de connaissances collectives), afin de résoudre un problème spécifique.

## Comment un système expert fonctionne-t-il?

Un humain a besoin de deux types d'informations pour résoudre un problème — des connaissances ou un savoir-faire dans le domaine du problème et la connaissance des caractéristiques propres au problème, que l'on peut appeler les données<sup>2</sup>. Le système expert applique son expertise aux données. Les données sont introduites par l'utilisateur, tandis que l'expertise (introduite au préalable par un certain nombre d'experts humains) se retrouve dans la partie codée du système.

## Comparaison entre la programmation traditionnelle et les langages des systèmes experts

En programmation classique, les connaissances relatives à un problème et les procédures de manipulation des connaissances nécessaires à la résolution du problème sont combinées. Un non-programmeur qui examine le code ne peut comprendre son application, ce qui signifie que l'expert humain doit se fier à un programmeur pour représenter correctement ses connaissances.

Les chercheurs en intelligence artificielle ont développé plusieurs techniques qui permettent de séparer dans un programme les connaissances et les procédures de manipulation des connaissances. En fait, tout expert peut examiner les connaissances dans un système expert et déterminer l'exactitude des connaissances. Qui plus est, en cas de modification des connaissances relatives à un problème, l'expert peut identifier précisément les règles ou hypothèses qui doivent être changées. La séparation des connaissances d'une part et des procédures d'inférence et de la commande d'autre part, est probablement le concept le plus important de la recherche en intelligence artificielle (IA).<sup>3</sup> Cette propriété puissante permet aux professionnels techniques et aux gestionnaires non programmeurs de développer leurs propres systèmes experts. (Le langage de programmation peut être une langue naturelle comme l'anglais.)

On peut mentionner une autre différence fondamentale entre la programmation classique et un logiciel intelligent comme un système expert, c'est-à-dire que l'IA se concentre sur les aspects verbaux et graphiques des connaissances (Figure 1) plutôt que sur leurs aspects mathématiques. Par exemple, on peut afficher simultanément

plusieurs images sur l'écran pour représenter visuellement des groupes d'instruments de sortie. L'utilisateur introduit la valeur de température lue sur les indicateurs des machines (Fig. 1a) et le système expert « lance » la règle appropriée. Les systèmes peuvent aussi être affichés à l'écran pour aider à l'utilisateur à comprendre la situation (Fig. 1b). De plus, les systèmes experts sont fondés sur des règles empiriques (connaissances heuristiques) plutôt que sur des certitudes mathématiques; par conséquent, les gestionnaires peuvent chercher des solutions aux problèmes même si les informations qu'ils possèdent sont incomplètes.<sup>4</sup>

## Que peut-il faire?

### Un exemple d'application industrielle

Une grosse compagnie de conditionnement des aliments (Campbell Soup) a obtenu la collaboration d'une entreprise d'informatique (Texas Instruments) pour la construction d'un système expert qui aide à la surveillance de ses cuiseurs de soupes en conserve. Ces cuiseurs (des installations de plusieurs étages de hauteur), traitent simultanément des dizaines de milliers de boîtes de conserve d'un produit, et comme dans bien des processus complexes, on doit surveiller et gérer plusieurs facteurs interdépendants. En cas de problèmes, les pertes de production sont importantes, en plus du produit gâché et des frais de nettoyage.

Au fil du développement de ces installations de traitement, réparti sur plusieurs décennies, la compagnie en est venue peu à peu à dépendre d'un seul employé d'expérience, spécialisé dans le diagnostic des causes subtiles des problèmes et dans l'identification des correctifs à apporter pour éviter les crises. Au moment où il approchait de sa retraite, ses supérieurs ont réalisé que son absence causerait bien des ennuis. La solution trouvée fut de transférer son expertise dans un système expert. L'entreprise d'informatique a développé le génie des connaissances et le moteur d'inférence (la programmation du logiciel) en travaillant avec l'expert humain pendant plusieurs mois, en modifiant son système au fur et à mesure et en consultant le client en cas de résultats insatisfaisants.<sup>2</sup>

Le recours au système expert a permis d'obtenir les principaux avantages suivants:

- a. L'expertise a été répartie simultanément dans toutes les usines, assurant une plus

## AIR CONDITIONING DIAGNOSTICS

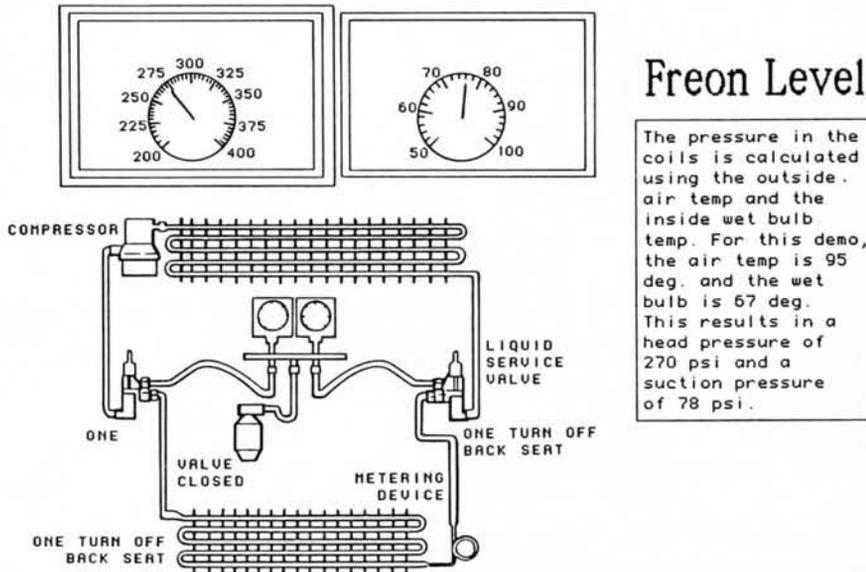


Figure 1A

## Simplified Bleed Filter Ion Exchange Circuit

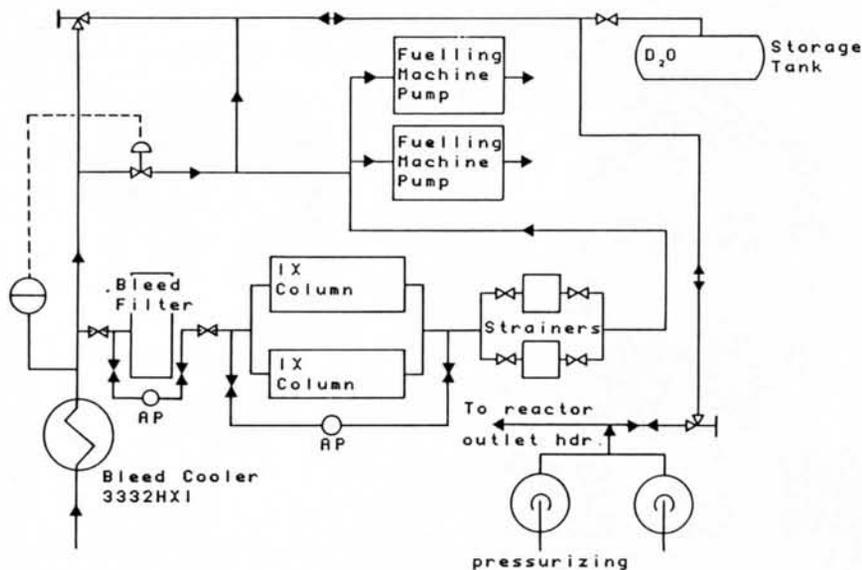


Figure 1B

Figure 1. Les connaissances peuvent être représentées graphiquement au moyen d'« images interactives ». La Fig. 1a montre les indicateurs du compresseur d'un système de climatisation et la Fig. 1b comment un système (circuit d'échange des ions à filtre de prélèvement) peut être affiché.

grande rapidité du diagnostic des défaillances.

b. L'expertise fait maintenant partie de la banque de connaissances collectives de l'entreprise, même après que l'expert local ait pris sa retraite.

c. Campbell Soup a récupéré les frais des travaux de développement en moins de six mois, ne serait-ce que par les économies résultant de la réduction des temps de panne.

d. Leur système expert peut aussi servir d'outil de formation du personnel de maintenance moins expérimenté.

## Les systèmes experts et le génie maritime

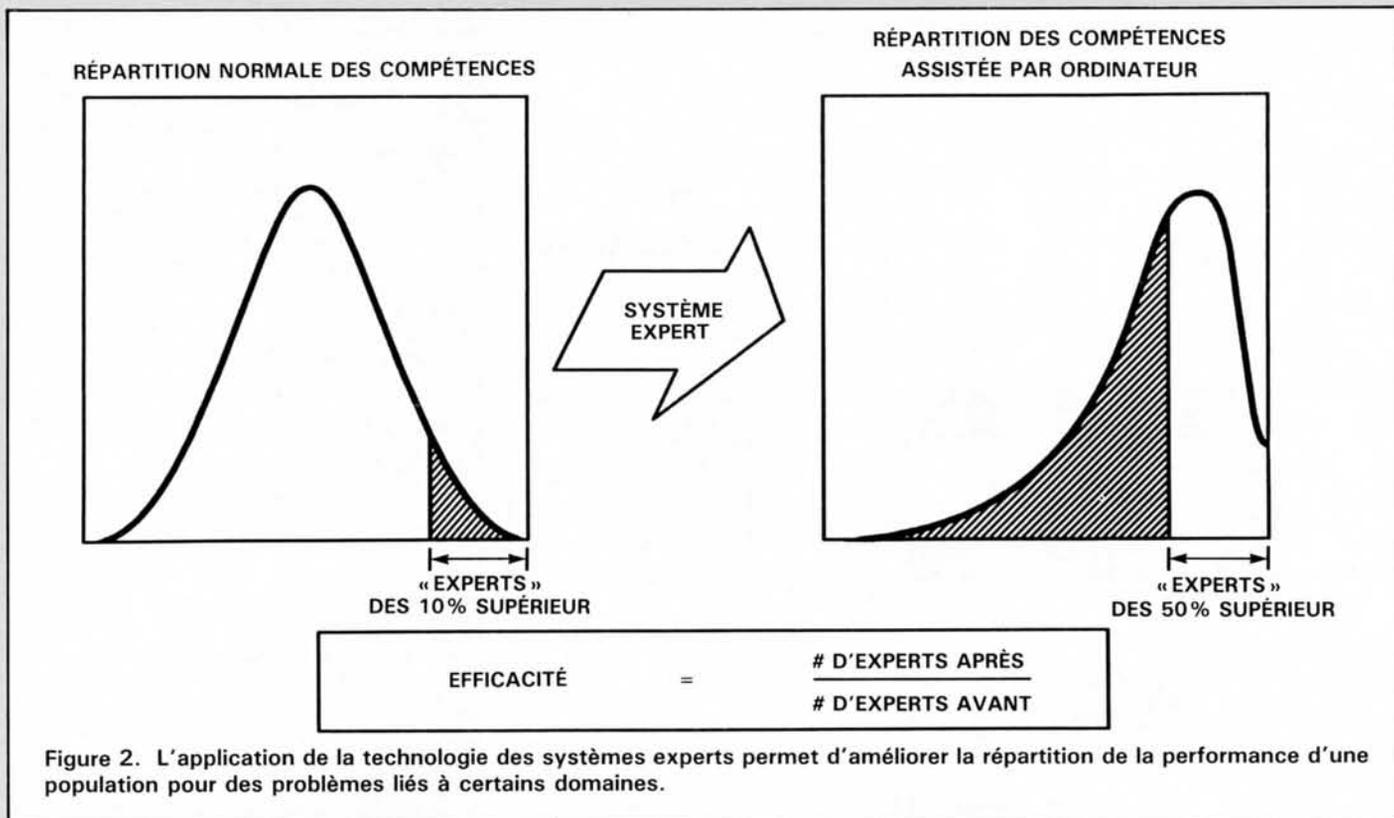
*En mer:* Il n'est pas difficile d'envisager des situations dans lesquelles des compétences analogues provenant d'experts civils et militaires clés seraient très précieuses pour le technicien de marine. La possibilité de copier les capacités des meilleurs spécialistes de divers systèmes techniques et de transférer ces connaissances dans chaque navire équipé de ces systèmes équivaldrait à prendre le large avec un groupe d'ingénieurs experts (Figure 2). Si une modification est apportée au système ou si de nouveaux problèmes surgissent, on peut alors améliorer le système expert, le réviser, puis le distribuer aux navires pertinents depuis un point de coordination central. On peut citer comme exemples de situations pratiques dans lesquelles les systèmes experts seraient utilisables:

- L'analyse des vibrations
- L'analyse de l'huile de lubrification (SOAP)
- Le contrôle de l'état des moteurs diesel
- Le contrôle de l'état des turbines à gaz
- Le contrôle de l'état des systèmes auxiliaires (réfrigérateurs, climatiseurs, dispositifs d'amarrage, etc.)
- La stabilité du navire
- L'organisation sécurité

Ces systèmes pourraient non seulement constituer une méthode plus rapide pour résoudre un problème, mais aussi améliorer la sécurité et l'efficacité du fonctionnement de la machinerie, permettant au navire de réagir plus rapidement aux besoins.

*À terre:* Combien de fois l'efficacité d'une unité a-t-elle été perturbée par la mutation ou la retraite d'experts civils et militaires? Les systèmes experts permettraient de constituer une banque de connaissances collectives de l'unité en question dans le domaine nécessaire. On peut citer comme exemples pratiques de fonctions des systèmes experts à terre:

- La sélection de la peinture
- L'inspection de la coque
- Les dossiers de maintenance
- Les spécifications de systèmes
- Le calendrier de carénage



### Pourquoi les systèmes experts sont-ils soudain si attrayants?

L'intérêt récent de l'industrie pour les systèmes experts et leur usage croissant résultent du développement parallèle de la technologie de puissants ordinateurs individuels (accroissement de la vitesse, capacité mémoire supérieure) et de coquilles de systèmes experts transparentes. Il y a quinze ans, il n'y avait aucun système expert. Il y a dix ans, le développement d'un système expert convenable aurait coûté environ un demi-million de dollars. De nos jours, on trouve sur le marché d'excellentes coquilles de systèmes experts pour moins de 500 \$.<sup>2</sup>

### Conclusion

Les systèmes experts se sont mérité une place permanente dans le monde technologique. Depuis 1986, l'industrie s'est efforcée de développer et d'intégrer les systèmes experts en raison des avantages immédiats qu'ils procurent. La technologie est suffisamment mature et la marine possède l'expertise sur les systèmes spécifiques, de sorte qu'il semble maintenant opportun d'introduire cet outil technique dans la marine. Le développement de systèmes experts pourrait avoir comme effet de réduire le nombre requis de personnel du département de génie mécanique, et comme tel de réduire les besoins en logement du personnel à bord des navires et sous-marins. Ce développement pourrait aussi avoir des effets sur la formation du personnel vu que la période de formation requise pourrait aussi être réduite proportionnellement.

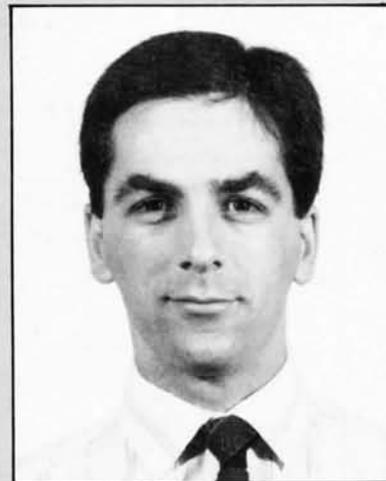
### Références

1. Wolfram, D.D., Dear, T.J., Galbraith, C.S., *Expert System for the Technical Professional*, John Wiley and Sons, 1987.
2. Hintze Miller, B., *Expert System an Introduction*, PC AI Magazine, sept./oct. 1988.

3. Ajenstat, J., *On n'implante pas un système expert comme tout autre système informatique*, Journal Les Affaires, 1<sup>er</sup> octobre 1988.
4. Harmon, P., Maus, R., Morrissey, W., *Expert System Tools and Applications*, John Wiley and Sons, 1988.



Le Docteur Pierre Roberge est professeur agrégé au département de chimie et de génie chimique au Royal Military College.



Le Lt. Col. Serge Lamirande est étudiant diplômé au RMC. Il travaille présentement, en collaboration avec Ontario Hydro, au développement d'un système expert sur la chimie de l'eau lourde dans le réacteur nucléaire CANDU.



# Des officiers de marine comme programmeurs : un talent perdu

par le Cdr Roger Cyr

## Introduction

Depuis la mise en service des destroyers de la classe Tribal durant les années 1970, les officiers de marine ont servi de programmeurs pour la maintenance du logiciel tactique des systèmes de commandement et de contrôle de ces navires. Ces officiers sont à toutes fins pratiques sortis du plan de carrière traditionnel pour travailler au logiciel, bien que ce choix ait grandement limité leurs possibilités d'emploi et d'avancement. Ils ont suivi un bref cours de programmation, puis sont devenus des programmeurs tactiques. Par conséquent, les tâches de maintenance du logiciel ont été confiées aux officiers qui, malgré leur désignation de « sous-spécialistes » en logiciel, ne possèdent pas le savoir-faire technique, ni l'expérience tactique nécessaires pour produire ou gérer adéquatement ce type de logiciel.

Avec l'introduction du programme de la Frégate canadienne de patrouille et du Projet de révision et de modernisation de la classe Tribal, la quantité de logiciels dont la marine devra assurer la maintenance s'accroîtra substantiellement. L'envergure même de cet inventaire de logiciel signifie qu'une bonne partie du personnel de la Marine devra se consacrer à la maintenance du logiciel. De plus, puisque la production du logiciel nécessite beaucoup de main-d'œuvre, il pourrait ne pas être rentable de confier cette tâche aux officiers.

## La programmation — une compétence technique

Les officiers de marine travaillent dans le domaine du logiciel parce que plusieurs personnes croient que le logiciel est au pire une sorte de magie noire et au mieux un art qui n'est accessible qu'à des grands prêtres spécialement formés et détenant des talents spécialisés, qui doivent être préservés coûte que coûte. En fait, le processus de développement du logiciel en est encore à un stade primitif et ne s'est pas développé à un rythme correspondant aux gigantesques progrès technologiques qui ont marqué l'industrie de l'informatique.

Le logiciel, tout comme le matériel, n'est qu'une composante d'un système global et le processus de maintenance d'un système nécessite des compétences et des connaissances en administration, en ingénierie et en technique. Normalement, on associe quatre tâches à la pro-

duction et à la maintenance du logiciel; chacune nécessite des compétences particulières. Ces tâches fondamentales sont les suivantes:

**Analyse des besoins:** il s'agit du processus par lequel on confirme la nécessité de la fonction qu'effectuera le logiciel. Il passe par la production et l'application de spécifications des besoins en logiciel et par la production d'une spécification fonctionnelle de système structuré. On considère que cette tâche relève de l'utilisateur et doit être réalisée par une personne d'expérience dans le domaine. Dans le cas du logiciel de bord, les opérations tactiques constituent le domaine.

**Conception du logiciel:** il s'agit du processus par lequel les spécifications des besoins en logiciel validées sont converties en une spécification de conception. Il s'agit d'un processus technique qui passe par le recours à des méthodologies de conception pour la production des structures de systèmes. Cette tâche nécessite des compétences d'ingénierie et doit être réalisée par un Spécialiste des systèmes de combat.

**Codage:** il s'agit de la fonction de production du processus de développement du logiciel, par laquelle le projet est converti en code

au moyen d'un langage de programmation. Cette tâche nécessite des compétences techniques et doit être réalisée par un technicien qui connaît le langage de programmation choisi.

**Tests:** il s'agit du processus de validation du logiciel produit, par rapport aux besoins. Cette tâche relève de l'utilisateur et doit être réalisée par quelqu'un qui connaît le sujet en cause, c'est-à-dire les opérations tactiques.

Tout comme le matériel, le logiciel exige divers niveaux de compétence pour les opérations de maintenance du produit global, et les deux processus devraient être réalisés en parallèle. Le Centre de soutien du logiciel de la flotte (FSSC) joue le même rôle pour le logiciel que le Groupe de maintenance de la flotte (FMG) pour le matériel. Dans ces deux secteurs, les fonctions d'ingénierie doivent être réalisées par des ingénieurs et les tâches de production par des techniciens et des technologues. Si des officiers du génie ou de combat réalisaient les tâches de programmation de base au FSSC, cela équivaudrait à confier à des officiers spécialistes des systèmes de combat les tâches de réparation des cartes de circuits imprimés réalisées au FMG.



Il est certain que de nombreux CSE aiment manier un fer à souder, réparer des cartes, mais cela n'utilise pas de manière optimale les ressources en personnel de la marine. Les CCO et les CSE devraient intervenir à l'étape de la formulation des besoins et des paramètres de conception de maintenance du logiciel à titre d'utilisateurs tactiques et des spécialistes des systèmes, tandis que la production du logiciel et du matériel doit être confiée à des techniciens.

On justifie souvent l'utilisation d'officiers à titre de programmeurs en affirmant que pour concevoir ou gérer un logiciel, il est nécessaire d'être un programmeur. Cela équivaudrait à exiger que les spécialistes du matériel soient fondamentalement des techniciens du matériel.

Puisque la programmation n'est pas une fonction d'ingénierie mais bien une fonction technique, elle doit être réalisée par un technicien, c'est-à-dire le personnel non-officier (PNO), comme c'est le cas pour le matériel. On devrait créer un métier PNO de programmeur tactique de marine, dont le point de départ serait le niveau de maître de deuxième classe, en provenance des métiers d'opérateur naval ou de technicien naval, ou depuis l'extérieur de la marine, par un programme de recrutement latéral. Le programmeur tactique de marine suivrait le cours d'analyste programmeur qui serait suivi d'une période de formation d'un an sur le tas. Après avoir réussi sa formation, le membre serait alors reclassé à titre de programmeur tactique de marine.

Le Canada semble être le seul pays membre de l'OTAN qui emploie des officiers de combat naval à titre de programmeurs. Dans les

marines des autres pays, les officiers de combat participent au processus de maintenance du logiciel à titre d'utilisateurs experts, et définissent et valident les besoins en systèmes de combat. Cette approche est plus rentable du point de vue des coûts puisque les phases de conception et de production sont confiées à des entrepreneurs du secteur privé.

### Conclusion

Bien que le recours au logiciel dans nos systèmes de combat ait suivi une croissance dramatique, nous n'avons à peu près pas modifié notre approche pour le développement et la maintenance du logiciel. D'une certaine manière, la maintenance du logiciel est encore une industrie artisanale dans laquelle nous avons employé quelques officiers MARS d'une manière plutôt erratique. Si nous voulons contrôler la crise du logiciel dont souffrent les systèmes de combat contemporains, nous devons aborder la question de la maintenance du logiciel de la même manière que pour le matériel et consacrer à cette fin les ressources en personnel de manière logique et efficace du point de vue de la main-d'oeuvre.



Le Commander Cyr est le chef de la section DSCN 8 en technologie informatique navale au QGDN.



## Aller de l'avant! Écrivez-nous.

- \* Mise à jour des projets
- \* Événements spéciaux
- \* Les gens qui font l'événement

*Vous serez les premiers à nous le laisser savoir!*

La Revue du Génie maritime  
DMGE, Quartier général de  
la Défense nationale,  
Édifice Mgen George R. Pearkes,  
Ottawa, Ontario Canada K1A 0K2



# Les ingénieurs de marine de la Réserve navale

## *Ils sont de retour!*

par Cdr J.R. Pirquet

L'élément G Mar(R) de la Réserve navale est de retour. L'effectif doit être constitué de soixante-dix personnes et les premiers membres enrôlés par la Division universitaire d'instruction navale (DUIN) se composent de onze hommes et de deux femmes qui ont terminé avec succès leur première session de formation d'été en septembre 1988.

L'objet du présent article vise à vous informer, vous les gens du G Mar, de l'arrivée de nouveaux collègues, à vous expliquer le pourquoi de la remise en vigueur du programme et à vous faire accepter cette idée de sorte qu'au moment où les stagiaires entameront leur apprentissage en cours d'emploi à l'été de 1989, vous saurez les accueillir avec considération et enthousiasme.

Compte tenu du fait que les écoles et les navires regorgent d'un grand nombre de stagiaires G Mar des forces régulières, pourquoi faut-il alors que la Marine enrôle un nouveau groupe d'ingénieurs de marine qui, en apparence du moins, ne sont pas aussi qualifiés? C'est qu'il faut reconnaître que même si la marine peut combler tous les postes dotés en temps de paix, ce qui n'est pas tout à fait le cas en réalité, une situation d'urgence exigerait un nombre supplémentaire d'ingénieurs embauchés de partout au pays afin de soutenir la flotte opérationnelle. Le temps consacré à la formation de ces nouveaux pour qu'ils puissent fonctionner adéquatement doit être réduit au minimum et c'est pourquoi il est logique que la plupart, sinon tous, aient acquis une connaissance de base des procédures et des systèmes du génie naval. Bien qu'idéalement, tout poste pourrait être comblé par des ingénieurs des forces régulières à la retraite, le nombre de personnes disponibles serait nettement insuffisant pour combler tous les besoins. De fait, il manquerait encore d'ingénieurs en période critique et c'est exactement ce manque que le programme G Mar(R) vise à combler. Autant qu'on puisse l'évaluer pour le moment, le besoin s'élève à environ 70 ingénieurs dans différentes disciplines. En plus de combler les postes vacants en temps de guerre, le programme G Mar(R) permet d'assurer la direction technique de la Réserve en temps de paix.

Le Livre Blanc de 1987 a reconnu le besoin d'établir un élément de réserve efficace pour la « force totale » au Canada et le COMAR a

réagi à la directive visant à revitaliser la Réserve navale en instituant le Comité directeur de la politique relative à la Réserve navale (NRPSC).

Le cmdre Lawder, CEM Mat membre du NRPSC, a reconnu le besoin de raviver le G Mar(R) et, afin de tâter le pouls des membres de la profession, a fait circuler une proposition concernant la marche à suivre dans ce sens. Il a reçu une réaction positive à cet effet et, au mois de septembre 1987, le NRPSC donnait le feu vert au CDN pour procéder au recrutement et à la formation des G Mar enrôlés par la Division universitaire d'instruction navale (DUIN) à partir de l'été de 1988.

Dans la décision concernant la mise en œuvre du programme, il a été reconnu que le stagiaire G Mar(R) ne pouvait pas recevoir une formation aussi complète que son collègue des forces régulières et qu'il lui faudrait se spécialiser dans une certaine mesure. Comme cette « exigence » visait surtout le soutien technique, la spécialisation se ferait dans ce secteur et les objectifs de rendement des stagiaires G Mar(R) indiqueraient clairement cette situation. La principale différence entre le G Mar et le G Mar(R) réside dans le fait que ce dernier ne recevra aucune formation sur les aspects opérationnels et que sa compétence technique dans ce secteur sera donc plus limitée. Du point de vue de la force totale, chaque stagiaire G Mar(R) enrôlé par l'intermédiaire de la DUIN est donc un spécialiste de certains aspects du soutien technique du génie et la liste des emplois spécialisés qui lui sont ouverts représente la portée de sa spécialisation (voir figure 1).

Bien que l'enrôlement direct des G Mar(R) en qualité d'officier (EDO), à la suite du cours universitaire, sera autorisé dans des cas particuliers, ceux-ci devront suivre le programme universitaire de la DUIN, car il assure une période de formation navale raisonnable maximale. Il faut avoir effectué un minimum de trois sessions de quatorze semaines congé/travail dans un programme d'études reconnu en génie pour pouvoir continuer à participer au programme G Mar(R). L'enrôlement par la DUIN s'adresse à deux genres d'étudiants universitaires ou collégiens :

- a. ceux qui suivent un programme régulier de quatre ans et qui bénéficient de congés d'été de quatorze semaines; et

### Structure des emplois G Mar(R) — enrôlement par le DUIN

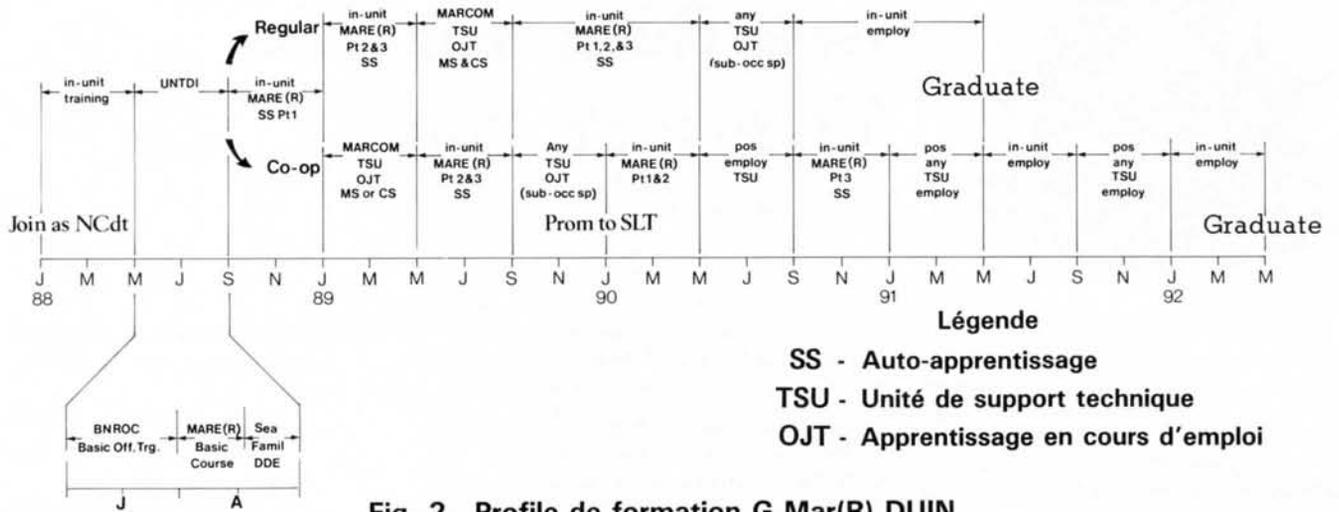
	F — Soutien technique
	G — Surveillant des systèmes
	H — Conception des systèmes
	J — Systèmes de commande
MS R44	K — Systèmes électriques
	M — Systèmes de soutien
	N — Systèmes de propulsion
	P — Systèmes de transport de fluides
	Q — Systèmes mécaniques
	R — Acoustique
CS R44	S — Ingénieur — logiciels
	T — Commandes électroniques
	V — Mécanique des armes
NC R44	D — Construction navale
NA R44	E — Architecture navale

Fig. 1

- b. ceux qui suivent un programme de coopération de six ans où les périodes de scolarité alternent avec des périodes de travail (formation) après le premier été.

Bien que ces deux programmes en un, si l'on peut dire, peuvent sembler rendre la tâche de formation plus complexe, en fait, ils l'améliorent, car ils permettent à un nombre plus petit, mais plus stable de stagiaires de parfaire leur apprentissage en cours d'emploi dans les unités de soutien technique (UST) une fois la formation de base terminée le premier été. La figure 2 illustre bien cette situation. Le stagiaire qui suit le programme de coopération dispose aussi de deux sessions de travail supplémentaires qu'il peut utiliser pour poursuivre sa formation de la Réserve navale s'il le désire.

## UNTD MARE(R) Training Profile



Cependant, les universités aiment mieux normalement que les stagiaires consacrent un certain temps à un employeur différent; ainsi, il est peu probable qu'un stagiaire passe plus de trois, peut-être quatre sessions de travail dans la marine.

Une fois qu'il est recruté vers la fin de son premier semestre à l'université, le stagiaire G Mar(R) se rend à son unité de la Réserve navale et est initié à la marine les soirs d'exercice pendant la semaine. À la fin du mois de mai de chaque année, le G Mar(R) a bon espoir de rejoindre ses collègues d'opérations maritimes et de logistiques au cours élémentaire d'officiers de la Réserve navale (ENROC) à Albert Head. Ce cours d'une durée de neuf semaines est dispensé de la même façon que la formation élémentaire des forces régulières à Chilliwack, mais comporte un petit côté plus « marin ». Après la graduation du cours ENROC, les ingénieurs de la Réserve navale suivent un cours de trois semaines au CEOM pour acquérir des connaissances générales sur l'administration et les systèmes du génie naval. Pour compléter leur première sortie dans le monde du génie naval, ils passent une période de familiarisation de deux semaines en mer à bord d'un destroyer.

Le stagiaire passe les deux périodes suivantes de quatorze semaines de formation en cours d'emploi dans les unités de soutien technique où il doit remplir les objectifs de rendement qui lui permettront d'acquérir progressivement des connaissances et des compétences de manière à pouvoir servir en qualité de membre subalterne d'une unité à la fin de sa formation universitaire ou collégiale.

Comme le montre la figure 1, le CEM G Mar(R) permet un grand choix de spécialisations dans les sous-groupes professionnels et la formation dans ce sens se reflète surtout dans la deuxième phase de l'apprentissage en cours d'emploi alors que le stagiaire sera envoyé dans l'UST de la spécialisation qu'il aura choisie. Idéalement, le stagiaire retournera dans cette unité au cours des périodes subséquentes de service naval continu qui peuvent se produire de temps à autre tout au long de sa carrière en qualité de membre de la réserve. À un certain moment, normalement après sa graduation, le stagiaire sera appelé à passer un examen oral devant le comité d'examen ou un examen écrit pour se qualifier dans son sous-groupe professionnel (R44F, G, etc.); le cas échéant, il aura terminé sa formation officielle. On s'attend à ce que le G Mar(R) diplômé demeure actif dans la Réserve navale et qu'il retourne dans « son » unité de services techniques pour accomplir son temps nécessaire de service naval continu. La période obligatoire de service est de deux semaines à tous les trois ans, mais elle peut se prolonger si les besoins de la réserve existent et que la personne est disponible.

Dans mes efforts pour trouver des postes de stagiaires G Mar(R) en apprentissage en cours d'emploi, je me suis souvent fait demander par des commandants embarrassés à court de personnel: « Que peuvent-ils vraiment faire pour moi? » Je leur répondais qu'ils ne devaient pas être une charge administrative et qu'avec un minimum de supervision, ils pouvaient fonc-

tionner et qu'à mesure de leur progrès, ils deviendraient de plus en plus utiles. Je suis convaincu qu'avec un encadrement minimum, les G Mar(R) travailleront fort et que bien que leur période de service continu soit limitée, ils apporteront une contribution significative à leur unité à mesure qu'ils progresseront dans leur carrière civile. D'après mon expérience jusqu'à maintenant avec ces « verts », il est certain que ces personnes ont de grandes qualités et qu'elles sont avides d'apprendre. Si nous ne tirons pas parti de l'occasion qui nous est offerte, nous perdrons une source potentielle précieuse de talent que sont les ingénieurs civils; par le passé nous avons négligé de les exploiter à leur plein rendement.

Pour ceux que les statistiques intéressent, les coûts (solde et allocations) affectés à la formation d'un G Mar(R) afin qu'il puisse accomplir un travail utile est d'environ 25 000 \$ comparativement aux 90 000 \$ pour la formation d'un G Mar des forces régulières au niveau 44B. Le G Mar(R) sera cependant considérablement limité dans son travail sans spécialisation supplémentaire. Je suis d'avis qu'il s'agit d'un petit prix à payer pour les considérables ressources que représente le personnel G Mar(R) en temps de paix et dont peut se doter la force régulière, ainsi que pour le temps considérable qui n'aura pas à être consacré à la formation en temps de guerre ou de situation d'urgence.

Au moment où vous lirez cet article, les treize premiers stagiaires G Mar(R) issus du programme DUIN auront commencé leur première phase d'apprentissage en cours d'emploi. Laissez-moi savoir comment vous les avez trouvés, et quelles sont leurs points forts et leurs faiblesses. De cette façon nous pourrions améliorer le programme de cours, les documents d'auto-apprentissage et les compétences des G Mar(R) de manière à satisfaire à vos besoins.



*Le commandeur Pirquet a pris sa retraite des forces régulières en 1987 et depuis, il est responsable du rétablissement de l'élément du génie naval de la Réserve navale. Son bureau de projet spécial G Mar(R) se trouve au CEOM sur la côte du Pacifique. On peut le contacter au 604-380-5811.*



## 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.

## GUIDE DE RÉDACTION

Nous désirons recevoir des textes non classifiés, en anglais ou en français, qui répondent à l'un des objectifs de la Revue. Le Comité de rédaction de la Revue voit à la sélection des articles qui sont publiés dans la Revue.

Les articles doivent être dactylographiés à double interligne sur feuilles de papier à lettre de 8 1/2 sur 11 et, en règle générale, ils ne doivent pas dépasser 4 000 mots (environ 17 pages). La première page de tout texte doit indiquer le nom, l'adresse et le numéro de téléphone de l'auteur. Les illustrations et les photographies doivent être accompagnées d'une légende complète, et le manuscrit doit comprendre une brève note biographique sur l'auteur. Une photo de l'auteur serait appréciée, mais n'est pas absolument nécessaire.

Les lettres de toutes longueurs sont les bienvenues. Cependant, seules les lettres signées pourront être publiées.

# Rétrospective:

## Incident technique en mer

— *une leçon*

### Introduction

Au cours d'un exercice, on ordonna à un DDH-205 de regagner son poste: l'opération exigeait le maintien d'une vitesse de 25 noeuds pendant cinq heures. Quatre heures plus tard, les machines fonctionnaient bien et on décida d'effectuer un essai périodique à puissance maximale. Cette puissance fut atteinte puis le niveau d'eau dans la chaudière tribord com-

mença à chuter rapidement. L'officier mécanicien de quart fut avisé immédiatement et les procédures d'urgence furent mises en oeuvre. On coupa les moteurs et le niveau d'eau revint à la normale. Il n'y avait aucun problème apparent à la chaudière et le navire rejoignit l'exercice.

### Données

Peu de temps après avoir repris la route, l'officier mécanicien de quart s'aperçut que le moteur bâbord demandait une pression de vapeur supérieure d'environ 40 lb/po<sup>2</sup> à la tuyère de premier étage par rapport à celle du moteur tribord. Se rappelant de la récente situation d'urgence pour la chaudière, il commença



à enquêter et découvrit par des lectures au torsiomètre que le moteur bâbord développait une puissance substantiellement plus élevée que le moteur tribord. Bien qu'il n'y avait aucune vibration ni bruits anormaux, il redouta une déformation de l'arbre bâbord; il fit arrêter le navire et fit appeler l'officier des systèmes navals et le chef mécanicien.

Sous la direction de l'officier des systèmes navals, on augmenta le régime des moteurs progressivement jusqu'à 70 tr/min. Pour un même régime indiqué à chaque arbre, le moteur bâbord nécessitait une plus grande pression de vapeur et développait proportionnellement une plus grande puissance que le moteur tribord. Un diagramme des résultats fut tracé et indiquait que la puissance maximale était atteinte à l'arbre bâbord bien avant le régime maximal de 230 tr/min. On arrêta l'essai et on fit fonctionner le navire avec un seul arbre. On considéra même l'idée de se retirer de l'exercice.

Pendant l'essai, la température à tous les paliers et les valeurs d'usure et de dilatation étaient normales. Malgré les valeurs indiquées élevées, le torsiomètre bâbord semblait fonctionner correctement car la courbe tracée était douce et avait la même forme que celle pour le côté tribord. On rejeta la possibilité d'une déformation du tube d'étambot, car il n'y avait aucune vibration ni bruits anormaux dans l'espace du presse-étoupe. La possibilité d'un rotor de turbine déformé fut aussi rejetée pour les mêmes raisons. La présence d'un filet de pêche ou d'un autre obstacle obstruant l'hélice

fut aussi écartée après un examen par les plongeurs du bord. Le mystère persistait.

L'officier des systèmes navals prit l'initiative de tenter une autre approche. Les deux arbres furent mis en rotation jusqu'à 70 tr/min comme l'indiquaient les tachymètres. On utilisa ensuite une lampe stroboscopique pour s'assurer que les valeurs indiquées étaient correctes. Tout était parfait du côté tribord, mais l'arbre bâbord tournait en réalité à 92 tr/min. Le problème était donc attribuable à une défectuosité d'un tachymètre. Le navire put rejoindre l'exercice sans problème.

### Avaries aux machines

Aucune. La mauvaise lecture était imputable à un glissement dans le tachymètre.

### Leçon à tirer

Il faut toujours considérer la possibilité d'une erreur des instruments. Une défectuosité mineure peut parfois présenter les mêmes symptômes qu'une importante anomalie de fonctionnement.

*Cet article est extrait d'un recueil de descriptions d'incidents réels préparé par le Cmdre E. Murray en 1979-1980, à l'époque où il était Commandant de la Division du génie de l'école de la Flotte à Halifax. Ce document visait à faire prendre conscience aux ingénieurs navals d'erreurs passées de manière à éviter la répétition d'erreurs semblables. Les détails sont extraits des dossiers de commissions d'enquête*

*et d'enquêtes sommaires conservés au Quartier général du Commandement maritime.*

*Le souci du détail en génie naval est aussi important aujourd'hui qu'il était dix ans plus tôt et c'est pourquoi la publication des détails d'incidents et de leçons apprises sont encore d'actualité. Nous encourageons donc les lecteurs à nous faire parvenir des compte rendus d'incidents de même nature plus récents qui pourront être publiés dans les prochains numéros de la Revue.*

## Bulletin d'information

### Le cdr Bell prend sa retraite

Après avoir servi pendant 24 ans dans la marine canadienne, le commander Don Bell prend sa retraite et quitte son poste d'Officier supérieur — Radoub pour occuper un emploi à la Corporation commerciale du Canada (CCC), à Ottawa. La CCC est la société d'État qui s'occupe de conclure, pour le Canada, des ententes commerciales avec les gouvernements d'autres pays.

Le cdr Bell détient un diplôme de génie qu'il a obtenu dans le cadre du PFOR après avoir fait des études au CMR et RMC. Il a aussi reçu une bourse d'études Athlone du British Board

of Trade en 1969 et a passé les deux années suivantes au Royaume-Uni où il a été, la première année, adjoint à la recherche en génie et où il a fait, au cours de la deuxième année, ses études de maîtrise en administration des affaires à la City University, de Londres. Il a plus tard obtenu une maîtrise en administration des affaires de l'université St. Mary's, à Halifax.

Au cours de sa carrière, le cdr Bell a, entre autres, été officier du génie à bord du NCSM *Margaree*, officier — service technique à la 1<sup>re</sup> Escadre de destroyers du Canada, ingénieur-mécanicien à l'Unité de génie naval

Atlantique et officier des opérations de production à l'Unité de radoub des Forces canadiennes (Atlantique) où, en raison de la valeur de son apport à la flotte opérationnelle, il a reçu une mention élogieuse du Commandant du commandement maritime.

Dans ses nouvelles fonctions en tant qu'agent des contrats à la Corporation commerciale canadienne, M. Don Bell sera responsable des ventes de matériel militaire à la marine des États-Unis dans le cadre de l'Accord sur le partage de la production de défense.

### Commodore Ball meurt à 56 ans

Le commodore Ernest C. Ball (à la retraite) est décédé dans un hôpital de Toronto, le 3 avril 1989. Il laisse dans le deuil sa femme Joyce, ses filles Lynne et Kathryn, ainsi que ses fils Gordon et David.

Le commodore Ball a servi dans la MRC, RMRC et dans les Forces armées canadiennes de 1951 jusqu'à sa retraite en 1984. Ancien officier d'artillerie navale, sa dernière affectation dans le service était comme Directeur-général génie maritime et maintenance à Ottawa.

Après sa retraite le commodore Ball a rempli les fonctions de Directeur des ressources humaines et des services intégrés avec Burroughs Canada, ensuite comme Directeur des services intégrés et des communications avec UNISYS Canada Inc. Deux mois avant son décès, il déménagea à Montréal pour remplir la fonction de Sous-Directeur du projet FCP avec Paramax Electronics Incorporated.

Le service funéraire du Commodore Ball a eu lieu au Temple de l'Armé du Salut le vendredi, 7 avril 1989.

*Voir page 3*

## Hank Baker à la retraite

Henry Baker, un expert du MDN en matière d'équipement électronique naval, a pris sa retraite du DSCN 3 après plus de 45 ans de service dans la marine et la fonction publique. Pendant sa longue carrière, Baker a implanté plusieurs innovations sur des équipements radio, radar et sonar. Dans les années 50, il a inventé un système de formation pour les radiogoniomètres et aussi élaboré une méthode pour tracer les radiations d'antennes radio à bord des navires. En 1965, Baker a reçu un certificat de mérite pour son travail sur la modification de l'équipement du sonar à immersion variable AN/SQA-501, et en 1986 il a reçu des éloges pour son apport au programme de sonar à immersion variable de la marine italienne. Son dernier projet au sein du MDN fut le développement du gyroscope laser qui fournit un élément stable pour le sonar à immersion variable SQS-505.



**Un changement  
d'hélice  
sous l'eau  
pour le *Huron***  
— À venir  
en septembre