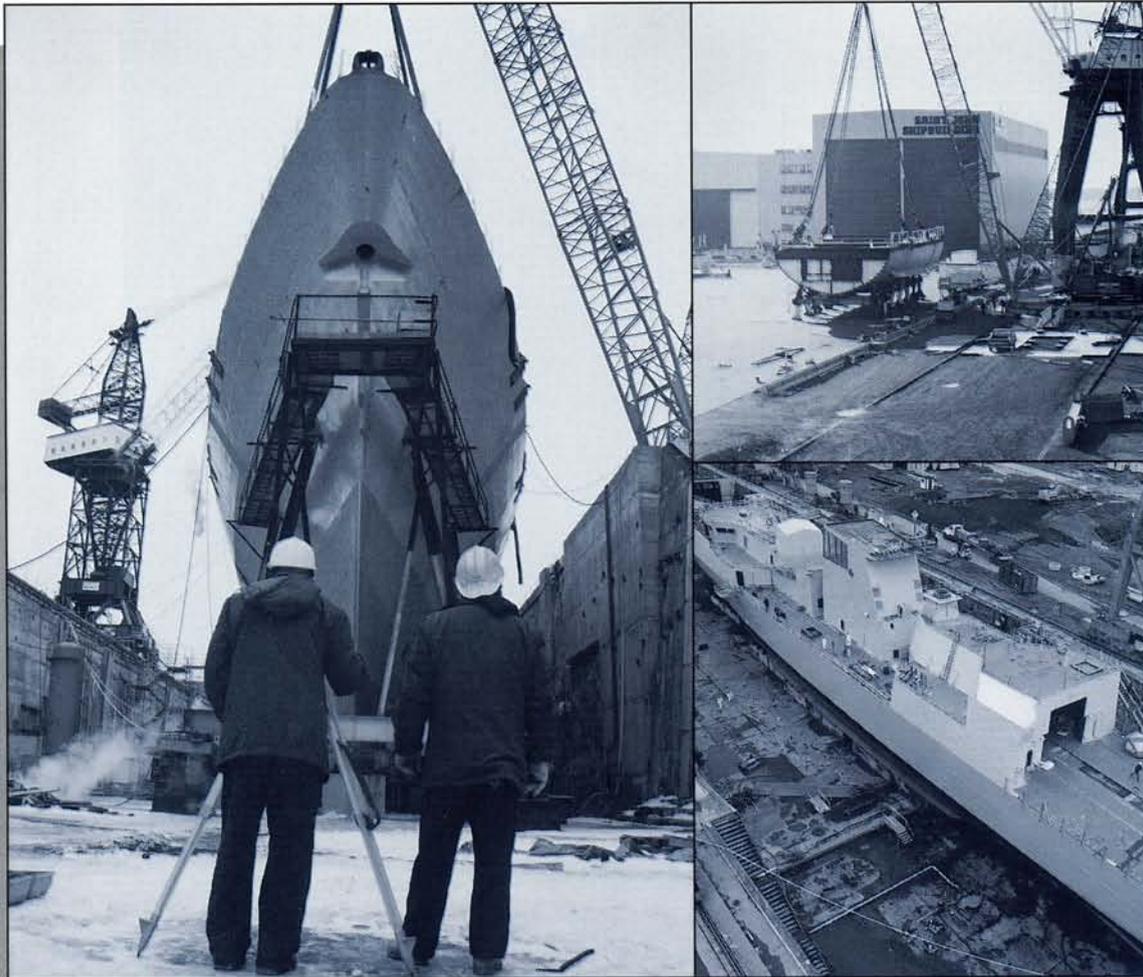


# Revue du Génie maritime

juin 1995



## Expérience acquise dans la construction des FCP

### Plus :

- *Résultats de notre sondage auprès des lecteurs*
- *Incident en mer : Explosion à bord du NCSM Cormorant*

**Rétrospective :**



**le NCSM *Fraser* —  
dernier de la classe *St-Laurent*  
... page 24**



# Revue du Génie maritime

Établie en 1982



Directeur général  
Gestion des programmes  
d'équipement (Mer)  
*Commodore F.W. Gibson*

Rédacteur en chef  
*Capitaine(M) Sherm Embree*  
Directeur du Génie maritime  
et électrique (DMGE)

Directeur de la production  
*Brian McCullough*  
Tel. (819) 997-9355  
FAX (819) 994-9929

Rédacteurs au service technique  
*Lcdr Keith Dewar (Mécanique navale)*  
*Lcdr Doug Brown (Systèmes de combat)*  
*Simon Igici (Systèmes de combat)*  
*Lcdr Ken Holt (Architecture navale)*

Représentants de la Revue  
*Cdr Bill Miles (FMAR P)*  
(604) 363-2406  
*Cdr Jim Wilson (FMAR A)*  
(902) 427-4810  
*PMI Jim Dean (Militaires du rang)*  
(819) 997-9610

Direction artistique par  
*Ivor Pontiroli, D Admin M 2-6*

Services de traduction :  
Bureau de la traduction  
Travaux publics et  
Services gouvernementaux Canada  
*M<sup>me</sup> Josette Pelletier, Directrice*

JUIN 1995

## DÉPARTEMENTS

Collaboration spéciale <i>Par le capt(M) J.R.Y. De Blois</i> .....	2
Chronique du commodore <i>Par le commodore F.W. Gibson</i> .....	3

## TRIBUNE LIBRE

• Lutte contre les avaries des systèmes de combat <i>Par le lcdr Bruce Grychowski</i> .....	4
--	---

## ARTICLES

Expérience acquise dans la construction des fréquences canadiennes de patrouille <i>Par le capt(M) B. Blattmann et le cdr H.V. Archibald</i> .....	5
Incident en mer : Explosion du circuit d'alimentation en oxygène à bord du NCSM <i>Cormorant</i> <i>Par le lcdr Jim Muzzerall, Stephen Dauphinee et le lcdr Kevin Woodhouse</i> .....	13
Le sondage le dit! Les résultats de notre sondage auprès des lecteurs <i>Par Brian McCullough</i> .....	18
Élimination du brouillage au moyen d'un système de réception HF à antenne adaptative (HFAARS) <i>Par le lt(M) Michael P. Craig</i> .....	20

## COIN DE L'ENVIRONNEMENT :

L'hydrogène sulfuré : un compagnon mortel <i>Par le lt(M) K.W. Norton</i> .....	22
--	----

## RÉTROSPECTIVE :

Le NCSM <i>Fraser</i> — dernier navire de classe <i>ISL</i> <i>Par Brian McCullough</i> .....	24
--	----

<b>BULLETIN D'INFORMATION</b> .....	26
-------------------------------------	----

### PHOTO COUVERTURE

La construction des FCP à la Saint John Shipbuilding Limitée : (à partir de la gauche, dans le sens horaire) deux membres de l'équipe de contrôle de la précision surveillent l'assemblage d'un mégamodule ; une grue déplace un module à l'extérieur de l'immense aire d'assemblage ; le NCSM *Halifax* en construction. (Photos courtoisie de la Saint John Shipbuilding Limitée)

La *Revue du Génie maritime* (ISSN 0713-0058) est une publication non officielle des ingénieurs maritimes des Forces canadiennes. Elle est publiée trois fois l'an par le Directeur général Gestion des programmes d'équipement (Mer) avec l'autorisation du vice-chef d'état-major de la Défense. 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 modifier tout matériel soumis. Nous ferons tout en notre possible pour vous renvoyer les photos et les présentations graphiques en bon état. Cependant, la *Revue* ne peut assumer aucune responsabilité à cet égard. À moins d'avis contraire, les articles de cette revue peuvent être reproduits à condition d'en mentionner la source.

# Collaboration spéciale

## Ingénieurs des systèmes du G MAR : des génies de l'organisation

Texte : le capt(M) J.R.Y. De Blois,  
Directeur - Systèmes de combat naval

En cette période de compressions et de privatisation, il est tout à fait pertinent de procéder à une introspection et d'établir exactement ce que le G MAR apporte à la Marine. Autrement dit, quelle est notre «valeur ajoutée»? Après tout, il existe déjà de nombreux ingénieurs qui sont prêts à offrir leurs services, alors à quoi bon conserver un GPM d'ingénieurs maritimes? De toute évidence, notre valeur se situe bien au-delà de nos compétences professionnelles et de notre habileté à manoeuvrer en uniforme.

Notre «valeur ajoutée» est la somme de nos connaissances techniques spécialisées, de notre expérience des navires et de notre connaissance du fonctionnement de l'appui matériel au Ministère. Toutefois, un seul de ces éléments ne peut suffire à justifier l'existence du G MAR. Notre valeur fondamentale réside dans le fait que nous sommes en mesure d'allier opérations, technologie et procédés. Dans quelle mesure doit-on faire intervenir chacun de ces éléments?

La tentation est forte de dire qu'on n'acquiert jamais trop d'expérience opérationnelle. Sans l'existence des opérations, élément fondamental dans notre milieu, nous n'aurions aucune raison d'être. À l'extrême, l'expérience d'un ingénieur maritime qui aurait travaillé en mer toute sa vie ne pourrait pas servir à un ingénieur effectuant un travail différent; ce dernier ne pourrait pas non plus acquérir la même expérience. Quel que soit le niveau idéal d'expérience opérationnelle, il sera vraisemblablement difficile à atteindre dans la pratique : étant donné le nombre limité de plates-formes ouvertes aux ingénieurs de systèmes maritimes et aux ingénieurs de systèmes de combat, il est peu probable que l'on puisse atteindre ce niveau idéal d'expérience opérationnelle.

Qu'en est-il des connaissances techniques? Combien en faut-il? De quel genre de connaissances a-t-on besoin? Dans une certaine mesure, il en faut suffisamment pour combler de façon rentable l'écart entre les besoins opérationnels et les fournisseurs de services. Un tel écart n'existerait pas si, au lieu de

diriger une flotte de navires de guerre, la Marine avait une flotte d'automobiles. Le marché de l'automobile étant autonome, les voitures deviennent plus performantes et les prix baissent, ce qui offre une certaine protection aux consommateurs. Ce n'est pas le cas des navires de guerre ou de leur appareillage. Fondamentalement, la Marine doit être en mesure d'acheter, d'utiliser et d'entretenir son matériel de façon intelligente.

---

***«Ceux qui songent à devenir spécialistes feraient peut-être mieux de changer de carrière et de laisser la place aux véritables ingénieurs maritimes.»***

---

Les membres du G MAR doivent donc être d'abord et avant tout des ingénieurs de systèmes capables de faire preuve de logique en mettant à profit leurs connaissances spécialisées. Les réductions qui nous sont imposées ne nous permettent pas de nous offrir des spécialistes en uniforme, des militaires qui s'attendent à travailler exclusivement dans une spécialité, comme les logiciels ou les lubrifiants. Cela ne signifie pas que nous n'avons pas besoin de services spécialisés, mais plutôt qu'il est plus avantageux de faire affaire avec des fonctionnaires ou des entrepreneurs pour nous les procurer. Ceux qui songent à devenir spécialistes feraient peut-être mieux de changer de carrière et de laisser la place aux véritables ingénieurs maritimes. Le G MAR exige une vaste connaissance des systèmes et un grand savoir technique pour être en mesure de bien exploiter les services spécialisés offerts sur le marché. Il n'est donc pas nécessaire de les connaître tous, ni de les assurer tous, quand il existe d'autres possibilités plus rentables; il suffit de savoir y recourir intelligemment.

Enfin, quelle expérience un ingénieur maritime doit-il posséder dans le domaine de l'appui matériel? Si l'on tient compte du secteur privé et l'on perçoit l'ensemble des services d'appui matériel comme un système, alors le rôle de l'ingénieur maritime reste celui de l'ingénieur de systèmes. Nous sommes indispensables à la Marine dans la mesure où nous pouvons comprendre pourquoi et comment fonctionne un système et ainsi le mettre au service de la Marine. Les membres du G MAR doivent donc acquérir l'expérience de l'appui matériel et en connaître tous les aspects. Les conséquences pourraient être désastreuses si les ingénieurs en systèmes de combat ne connaissaient que les radars et prenaient leurs décisions uniquement en fonction de ceux-ci, sans songer aux effets possibles sur l'ensemble du système de combat. Les conséquences seraient tout aussi graves si chaque élément de l'appui matériel travaillait de façon isolée, sans égard à son influence sur les autres éléments. Une bonne manoeuvre en ce qui concerne le radar pourrait bien faire couler le navire, et ce qui est bon pour une unité pourrait bien s'avérer nuisible pour la Marine. Les ingénieurs subalternes sont appelés à analyser l'aspect technique des systèmes; les ingénieurs principaux doivent en plus considérer les aspects au niveau de tout le système d'appui matériel. Cette vaste expertise qu'offre le G MAR dans le domaine de l'appui matériel en fait un outil de valeur pour la Marine.

Les opérations, la technologie et l'appui matériel ne sont que des éléments de l'organisation de la Marine. Notre rôle est de savoir les combiner efficacement. Les ingénieurs maritimes se doivent d'être polyvalents, du point de vue organisationnel autant que technique. Le G MAR doit éviter de devenir l'équivalent organisationnel du «poseur d'oeillets». En fin de compte, notre véritable valeur dans la Marine réside dans notre habileté à orchestrer tous les éléments et à rendre l'organisation efficace. 🚢



# Chronique du commodore

## Quelques cartes maîtresses

Texte : le commodore F.W. Gibson, OMM, CD  
Directeur général - Gestion des programmes d'équipement (Mer)

Dans la dernière livraison de la Revue, j'ai fait part des changements qui se présentent à nous et du rôle qui nous est dévolu à cet égard. Depuis lors, le QGDN a amorcé la mise en œuvre intégrale de l'opération Excelerate et le COMAR s'est attaqué à la mise en œuvre de l'examen des activités de maintenance du Génie naval (EAMGN). Les organisations et les processus sont en évolution constante — plus rien n'est comme avant et tout cela porte à confusion. Existe-t-il un plan directeur? Y a-t-il quelqu'un qui sait vraiment où l'on va? Permettez-moi d'éclairer votre lanterne et de vous montrer le fil conducteur qui parcourt tous ces changements.

Premièrement, il est important que nous mettions en relief le rapport coûts-avantages d'un projet ou d'une activité. Il faut mesurer les bienfaits d'un élément en fonction de ce qu'il en coûte pour le réaliser si l'on veut le situer correctement dans un programme. Peu importe que nous soyons le collecteur de

l'information ou le décideur, nul ne peut fonctionner dans la marine actuelle sans disposer de ces données fondamentales.

Deuxièmement, notre soutien doit davantage reposer sur des assises «*commerciales*» pour que nous puissions l'offrir de la façon la plus rentable qui soit. Bien entendu, cette évaluation ne sera possible qu'à condition de bien comprendre la notion d'«*efficacité*» et de disposer des moyens d'en mesurer les coûts.

Troisièmement, il nous faut déterminer les risques que nous sommes prêts à courir pour fournir notre soutien. Le risque est un élément très important de notre activité — le fait de ne cibler aucun risque fait monter les coûts, tandis qu'un niveau trop élevé de risque est inacceptable. Combien de fois faut-il revoir quelque chose avant de l'approuver officiellement? Il est important de trouver le juste équilibre dans tous les cas.

Transparence financière, sens des affaires, gestion des risques — voilà les cartes maîtresses qui pourront nous orienter. Notre lot a toujours été de faire face au changement. (Vous vous rendez-compte, n'est-ce pas, que plus ça change, plus c'est la même chose.) Le défi consiste à nous accommoder des contraintes et à les utiliser à notre avantage.

Nous devons en outre profiter de l'occasion qui s'offre à nous et faire en sorte que le changement atteigne ses objectifs. Cela exige de tenir compte de tout facteur externe pouvant avoir une incidence et de s'y adapter. Encore une fois, il nous faut saisir l'occasion de façonner notre avenir, sinon l'opération Excelerate et l'EAMGN n'auront été que de vulgaires exercices de réduction d'effectifs et la marine ne pourra obtenir le soutien escompté dont elle a absolument besoin. 🚩

### Les objectifs de la Revue du G Mar

- promouvoir le professionnalisme chez les ingénieurs et les techniciens du génie maritime.
- offrir une tribune où l'on peut traiter de questions d'intérêt pour la collectivité du génie maritime, même si elles sont controversées.

- présenter des articles d'ordre pratique sur des questions de génie maritime.
- présenter des articles retraçant l'historique 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 du rédacteur

La Revue fait bon accueil aux articles **non classifiés** qui lui sont soumis à des fins de publication, en anglais ou en français, et qui portent sur des sujets répondant à l'un quelconque des objectifs énoncés. Afin d'éviter le double emploi et de veiller à ce que les sujets soient appropriés, nous conseillons fortement à tous ceux qui désirent nous soumettre des articles de communiquer avec le **Rédacteur en chef, Revue du Génie maritime, DMGE, Quartier général de la Défense nationale, Ottawa**

(Ontario), K1A 0K2, no de téléphone (819) 997-9355, avant de nous faire parvenir leur article. C'est le comité de la rédaction de la Revue qui effectue la sélection finale des articles à publier.

En général, les articles soumis ne doivent pas dépasser 12 pages à double interligne. Nous préférons recevoir des textes traités sur WordPerfect et sauvegardés sur une disquette de 3.5", laquelle devrait être accompagnée d'une copie sur papier. La première page doit porter le nom, le titre, l'adresse et le numéro de téléphone de

l'auteur. La dernière page doit être réservée aux légendes des photos et des illustrations qui accompagnent l'article. Les photos et autres illustrations ne doivent pas être incorporées au texte, mais être protégées et insérées sans attache dans l'enveloppe qui contient l'article. Il est toujours préférable d'envoyer une photo de l'auteur.

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

## Lutte contre les avaries des systèmes de combat

Texte : le lcdr Bruce Grychowski

Le groupe d'intervention d'urgence du service de génie des systèmes de combat existe depuis un certain temps déjà. Il a comme mandat de réparer les systèmes de combat lors des situations d'urgence et de combat. C'est ce qui est indiqué dans le Manuel de génie naval, vol. 2, le Manuel de lutte contre les avaries et les Ordres permanents du navire. Malheureusement, il n'y a aucun renseignement sur la façon de procéder et aucune formation n'est donnée. La Division de la Formation maritime a effectué de nombreux exercices avec le groupe d'intervention dans toutes les classes de navires, ce qui a permis de constater qu'il y avait une différence marquée entre la réparation du matériel en situation normale et la réparation du matériel en situation d'urgence ou de combat. La différence, le facteur temps, dicte les méthodes à utiliser, les éléments à prendre en considération et les renseignements à fournir.

L'image qui nous vient à l'esprit lorsqu'on pense à la lutte contre les avaries est celle de mécaniciens en train de combattre des incendies et des inondations dans le noir, à travers des nuages de fumée, leurs voix déformées par leurs masques Chemox pendant qu'ils traînent des tuyaux d'incendie vers les lieux de l'incendie ou qu'ils travaillent avec férocité, de l'eau (toujours froide) jusqu'à la taille. Leur devise est *flotter, se déplacer, combattre*. Cette image ne représente qu'une partie de la réalité de la lutte contre les avaries. *Se déplacer* et *combattre* sont interchangeables, selon le point de vue et la mission du navire. Il est certain que si vous ne flottez pas, vous êtes en mauvaise posture, mais si vous pouvez vous déplacer mais ne pouvez pas combattre, il est préférable de vous déplacer rapidement.

La lutte contre les avaries des systèmes de combat consiste à redonner le maximum de capacité, le plus rapidement possible, au navire qui a subi des pertes de matériel et qui est toujours à risque. Cela ne signifie pas la réparation complète du matériel endommagé. La perte de matériel peut être directement reliée aux combats, à un incendie, à une inondation, à un choc, à une perte de service ou à une défectuosité. Quelle que soit la

cause, les dommages doivent être identifiés, évalués, isolés, contournés, puis réparés. Tout le concept repose sur une connaissance détaillée du navire, des systèmes et de la situation, et s'il n'est pas mis en œuvre de manière efficace, cela influera sur les capacités de combat du navire, qui sera exposé à plus de dommages.

Les pertes de pression d'air, d'eau de refroidissement ou d'air de refroidissement peuvent mettre du matériel hors service. Une interruption de courant peut non seulement rendre inutilisables des systèmes ou du matériel de haute importance, mais même lorsque le courant est rétabli, les logiciels doivent être rechargés, ce qui entraîne des délais inévitables. Les incendies, les inondations et les contraintes physiques peuvent causer plusieurs types de pannes y compris des dommages aux raccords de câbles, des courts-circuits, des arrêts de production de chaleur et des dommages physiques. Il faut des plans, des procédures et des programmes de formation efficaces pour régler chaque situation et redonner au navire le plus de capacités possibles. Les attaques modernes étant de très courte durée, il se peut qu'il soit impossible d'effectuer l'entretien correctif normal, faute de temps, mais il sera toujours possible de contourner le problème, et c'est ce qui correspond à la lutte contre les avaries des systèmes de combat.

Comment s'entraîne-t-on pour la lutte contre les avaries des systèmes de combat? Que faut-il comme outils et matériel? Où se trouve la documentation d'orientation et qui est responsable? À mon avis, la documentation devrait se trouver dans le Manuel de génie naval vol. 2 et le Manuel de lutte contre les avaries. La personne responsable devrait faire partie du quartier général supérieur et devrait être un membre actif du comité consultatif sur la lutte contre les avaries et de son groupe de travail. Il devrait y avoir un sous-comité chargé d'analyser les préoccupations de la lutte contre les avaries des systèmes de combat et celui-ci devrait maintenir des liens étroits avec le comité consultatif. Des analyses détaillées de scénarios d'avarie devraient être effectuées pour

déterminer les outils et le matériel requis et établir les principes de communication, la position du groupe d'intervention, les tableaux de situations, les moyens de stockage et d'obtention de renseignements et les effectifs nécessaires. La formation devrait faire partie intégrante des cours de qualification des officiers, des chefs et des OM 1 du service de génie des systèmes de combat et tout le personnel du service devrait suivre à l'occasion des cours de recyclage appropriés.

La lutte contre les avaries des systèmes de combat a besoin d'être orientée de façon claire et précise pour devenir une activité de compétence professionnelle. Jusqu'à maintenant, les services de génie des systèmes de combat de chaque navire ont dû établir des systèmes et adapter du matériel en fonction des circonstances. Les résultats obtenus sont variés et comme il n'y a pas de norme, des commandants et des services de combat ont fait état de leur scepticisme sur l'utilité du groupe d'intervention pour la lutte contre les avaries des systèmes de combat. La Division de la Formation maritime a apporté certains changements qui ont permis d'améliorer l'efficacité et de créer un certain esprit d'équipe mais les avantages de ces changements sont perdus chaque fois qu'il y a un mouvement important de personnel. Il est donc temps de poser des gestes concrets pour redresser la situation.

Cet article vise à identifier un problème et n'a pas été écrit dans le but de froisser des gens ou des organisations; la situation se devait d'être mise à jour. Les services de génie des systèmes de combat des navires font un très bon travail malgré leur isolement mais ils ont besoin d'aide, de formation et d'outils pour lutter contre les avaries de manière efficace et professionnelle. Des navires de guerre fonctionnels, voilà notre raison d'être, mais il semble qu'à l'extérieur des navires, on n'a pas porté suffisamment attention à une partie importante de l'objectif visé. 🚫

*Le lcdr Grychowski est l'OGSC de la Division de la formation maritime, Atlantique.*

# Expérience acquise dans la construction des frégates canadiennes de patrouille

Texte par le capt(M) B. Blattmann et le cdr H.V. Archibald

(Photos courtoisie de la Saint John Shipbuilding Limitée)

Il a fallu cinq années et demie à la *Saint John Shipbuilding Limited (SJSJL)* pour construire le NCSM *Halifax*, première frégate canadienne de patrouille (FCP). Par contre, la construction de la cinquième frégate, le NCSM *Fredericton*, n'a duré que trois ans et demi, avec 45 p. 100 d'heures-personnes de moins! La *SJSJL* prévoit que la construction de la dernière FCP, le NCSM *Ottawa*, ne durera que trois ans et nécessitera un peu moins de 50 p. 100 des heures-personnes consacrées à la construction du NCSM *Halifax*. En raison de cette performance, la *SJSJL* mènera à bien le projet de construction des frégates canadiennes de patrouille, en respectant le budget et le calendrier préétablis.

Le plus important projet gouvernemental jamais mené au Canada est une formidable réussite, particulièrement lorsqu'on considère qu'il faut presque le même nombre d'heures-personnes pour radouber cinq navires à vapeur que pour construire une frégate de patrouille. Le présent article tente de démontrer comment on a su utiliser des techniques de construction navale de pointe pour rattraper le retard pris au début du projet de construction des frégates de patrouille et ainsi faire une réussite de celui-ci. Il dresse un tableau de l'expérience acquise qui, nous l'espérons, profitera avantageusement aux ingénieurs navals qui travailleront sur des projets dans l'avenir.

## Méthodes de construction utilisées à la SJSJL

Traditionnellement, la conception et la construction des navires sont exécutées selon des étapes distinctes au cours desquelles les divers composants des navires (appareil propulsif, ventilation, installation électrique, canalisations, etc.) sont dessinés et conçus. Les lots de travaux sont déterminés en fonction de ces composants, tandis que la main-d'œuvre du chantier naval est divisée en ateliers spécialisés. La majorité des travaux de finition est effectuée lorsque la coque du navire est terminée.

En 1984, au tout début de l'avant-projet détaillé concernant les FCP, la *SJSJL*, avec l'aide du MDN, a révisé cette démarche traditionnelle et a introduit des techniques de construction navale de pointe. S'appuyant sur une utilisation généralisée de techniques de préachèvement, la *SJSJL* optait pour un mode de construction de type modulaire.

Les navires ainsi construits sont assemblés à partir d'une série de modules. La conception du navire est divisée en parties et en sous-ensembles (modules provisoires), lesquels sont ensuite groupés selon les exigences de production. La similitude entre les modules provisoires permet l'utilisation d'analyses statistiques pour améliorer continuellement la précision de ceux-ci et la qualité globale du navire. Le chantier naval est divisé par centre d'activité ou par étape de production. Les modules provisoires sont finalement assemblés pour former des modules toujours plus grands sur une chaîne de fabrication. L'objectif général consiste à réduire au minimum les coûts de production et la période de construction par l'optimisation du procédé de fabrication, de l'assemblage et du montage des modules provisoires.

La maximisation du nombre de travaux de finition effectués avant l'assemblage du navire est particulièrement importante dans des pays tels que le Canada où le climat ne permet pas toujours le travail à l'extérieur. D'une manière générale, si un travail effectué au moment propice dans un atelier prend une heure, il faudra trois heures pour faire le même travail à un moment non propice, cinq heures dans le bassin de radoub et sept heures au quai de finition.

Il faut procéder à un important remaniement des ressources de l'entreprise pour appliquer ces techniques et adapter la séquence de construction restructurée qui constitue la source de cette efficacité. Un tel changement exigera énormément des équipes de construction, de planification et d'approvisionnement du fait que leurs modules devront être livrés plus tôt dans la séquence de construction. Qui plus est, il faut mettre en application un nouveau mode de conception et de construction si l'on veut passer d'une méthode traditionnelle de construction à un mode de construction modulaire (Fig. 1).

Il n'a pas été facile de concevoir un navire de guerre canadien à partir de zéro. Non seulement les exigences étaient-elles rigoureuses, mais plus de 20 ans s'étaient écoulées depuis la conception et la construction du dernier navire de guerre important au pays. Comme on pouvait s'y attendre, d'importants retards sont rapidement survenus dans l'achèvement des diverses phases de la conception (y compris dans l'élaboration des dessins d'exécution finaux), particulièrement lorsqu'on a décidé d'adopter un mode de construction modulaire à mi-chemin du processus de conception. En outre, comme la construction des premières FCP se poursuivait alors qu'on travaillait encore à

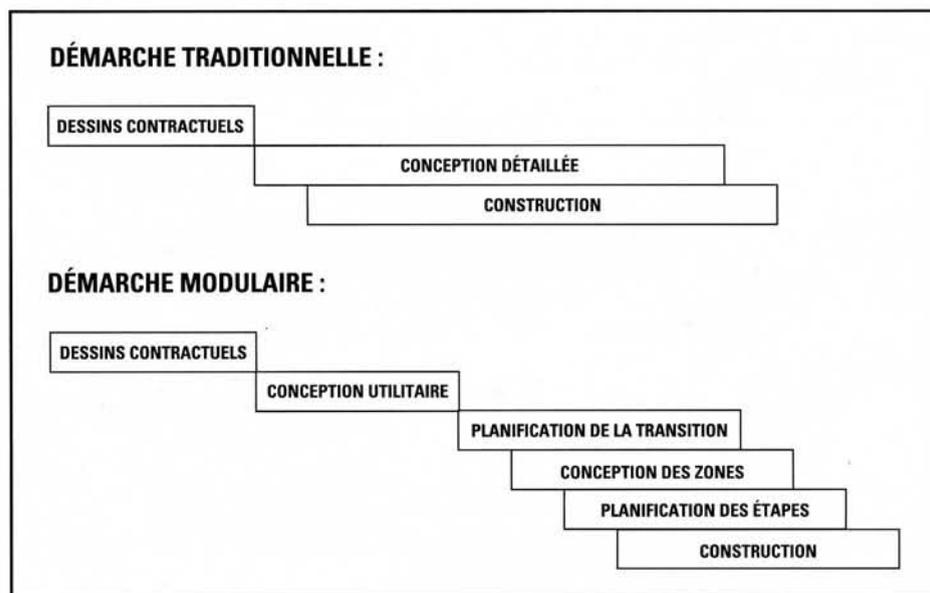


Fig. 1. Étapes de la conception des navires

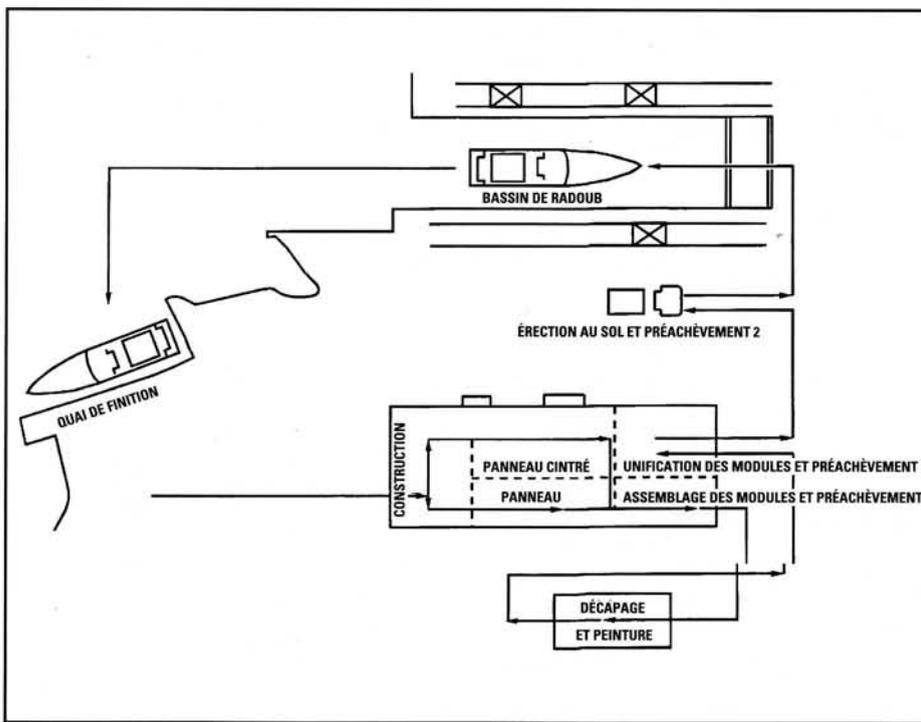


Fig. 2. Disposition des installations de la SJSL

finaliser la conception détaillée, les dates de livraison n'ont pu être respectées. Examinons, en revoyant la succession des techniques de construction employées au cours de ce projet, comment la SJSL a réussi à renverser une situation initiale défavorable et à faire du projet des FCP un succès.

#### NCSM Halifax (premier navire)

Le 8 juin 1986, lorsqu'on a commencé à couper l'acier pour construire le NCSM Halifax, les installations de la SJSL disposaient du plus long bassin de radoub de l'est du Canada. Les trois grues employées dans le bassin étaient capables de soulever des charges d'environ 200 tonnes jusqu'aux postes de travail. La plus grande partie des activités touchant les structures d'acier, l'assemblage

et le préachèvement ont été exécutées dans le hall d'assemblage des structures d'acier, bâtiment d'une longueur de 285 mètres que l'on venait de doter d'un dispositif de coupage par jet de plasma, de deux soudeuses à raidisseurs automatiques à deux têtes MK et d'une meilleure installation de grutage. L'atelier de tuyauterie, qui est l'un des différents ateliers transférés dans les nouvelles installations, de l'autre côté du bassin, a été doté de ceintreuses à tuyaux automatisées (Fig. 2).

La SJSL a appliqué les principes de la construction modulaire au Halifax en divisant, d'une part, le navire en quatre zones, à savoir la proue, les compartiments machines, la poupe et la superstructure et en déterminant, d'autre part, le meilleur endroit pour effectuer le travail dans chaque zone.

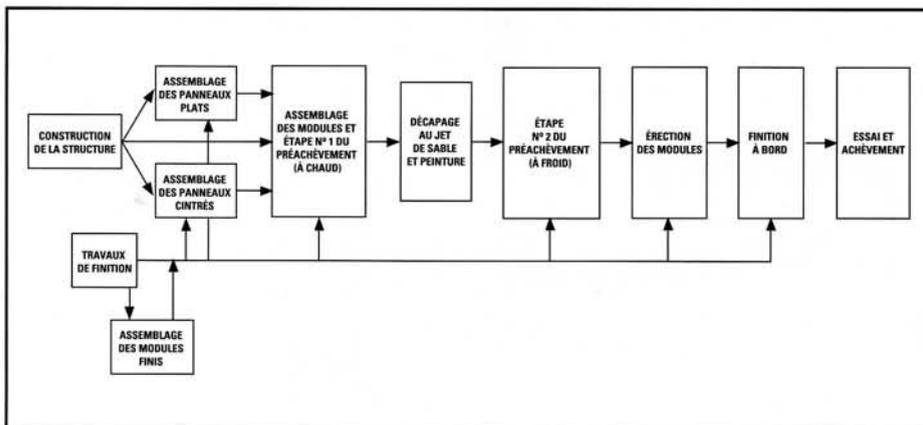


Fig. 3. Schéma de production de la SJSL

Le travail a été divisé en huit étapes, lesquelles correspondent aux centres d'activité dans le chantier. Le navire a ensuite été subdivisé en groupes de parties semblables (modules provisoires) pouvant être fabriquées et installées par lots à l'étape et au moment les plus appropriés (Fig. 3).

La construction du Halifax a nécessité l'assemblage de 57 modules provisoires, chacun mesurant une hauteur de pont et ayant au moins une cloison principale transversale. Les modules provisoires ont été assemblés en des ensembles de deux, trois et quatre niveaux de pont pour former 26 modules partiellement achevés (figures 4 et 5). Le navire a été érigé à partir de ces derniers dans le bassin de radoub. Le navire a ensuite été mis à l'eau, puis avancé dans le bassin où l'on a procédé aux derniers travaux de finition; l'assemblage du navire suivant pouvait alors commencer.

La construction (du début des travaux jusqu'à la mise à l'eau) devait durer 19 mois. Elle a toutefois duré 23 mois dans le cas du Halifax, le retard de quatre mois s'étant produit pendant l'assemblage des modules provisoires. De la même façon, les travaux faits de la mise à l'eau jusqu'à la livraison, qui devaient durer 20 mois, se sont échelonnés sur 37 mois, faisant passer l'échéance pour la réception provisoire de trois ans et demi à plus de cinq ans. À notre avis, la difficulté principale, c'est que la conception préliminaire ne respectait pas le calendrier global. En conséquence, le degré de préachèvement s'est révélé moindre et des problèmes de synchronisation, d'accessibilité et d'entretien sont survenus. En outre, il a fallu procéder à d'importants travaux de rectification, comme ce fut le cas lorsque la SJSL a dû refaire les calculs sur les passages de câbles; ceux-ci, installés avant l'achèvement des plans de câblage, étaient déjà utilisés à pleine capacité.

#### NCSM Vancouver

Le 6 décembre 1986, on commençait, deux mois plus tôt que prévu, à couper l'acier pour la construction de la deuxième frégate, le NCSM Vancouver. La SJSL, forte de l'expérience acquise avec la construction du Halifax, voulait prolonger la période de construction pour atteindre un degré de préachèvement supérieur. Malheureusement, en raison du faible écart entre la mise en chantier des deux navires, le Vancouver a connu bon nombre des problèmes ayant marqué la construction du premier navire. En outre, lorsqu'on relevait des problèmes du côté du Halifax, on tentait de les corriger sur le Vancouver, ce qui en a retardé la construction de six mois.

Ainsi, il a fallu 18 mois pour construire la quille, que l'on prévoyait achever au départ en 12 mois et qui avait été réalisée en huit mois dans le cas du Halifax. L'assemblage

final et l'achèvement de la construction ont été retardés de trois autres mois. On accusait donc un retard de sept mois pour la mise à l'eau du navire, malgré les deux mois d'avance pris au début des travaux. Cependant, le préachèvement additionnel effectué sur le *Vancouver* a permis la réalisation d'économies importantes sur le plan des heures-personnes. Le navire a nécessité quelques 12 p. 100 d'heures-personnes de moins qu'il n'en a fallu pour le *Halifax* (Fig. 6). Néanmoins, le nombre de travaux de rectification reliés aux révisions conceptuelles ont repoussé de deux ans la livraison du *Vancouver* (Fig. 7).

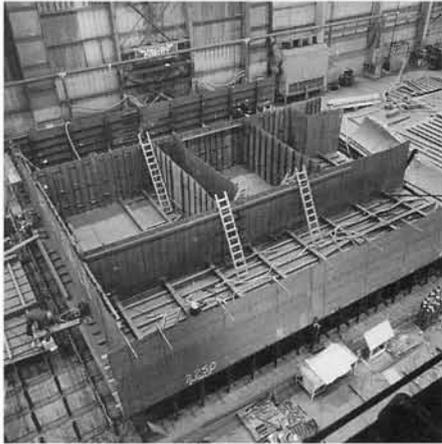


Fig. 4. Unité d'assemblage du NCSM Halifax

#### NCSM Toronto

En raison des problèmes rencontrés au cours de la construction des deux premiers navires et du fait que la construction du *Vancouver* s'est révélée plus longue que prévue, la *SJSL* a retardé la fabrication de l'acier pour le NCSM *Toronto* (désignée FCP-04, il s'agit de la troisième frégate à être fabriquée par la *SJSL* pour que l'on puisse faire la mise à jour des volets ingénierie et conception. On a finalement commencé à couper l'acier pour le troisième navire en janvier 1988, un an après avoir commencé le *Vancouver* et quatre mois plus tard que prévu.

Environ à cette époque, la *SJSL* décidait d'agrandir ses installations et de mettre sur pied un concept «mégamodulaire». Elle espérait ainsi augmenter le degré de préachèvement et maximiser le nombre de travaux pouvant être effectués dans un environnement contrôlé et beaucoup plus productif. En avril 1988, on commençait la construction d'un hall d'assemblage des modules (voir le *plat recto*) en vue de remplacer les abris temporaires (Fig. 8) sous lesquels les modules des deux premières fréquences ont été achevés. Le bâtiment, qui était érigé en février 1990, a permis l'assemblage de neuf mégamodules

à partir de 26 modules (Fig. 5) avant l'assemblage final. Pour transporter ces nouveaux mégamodules dans le bassin de radoub, la *SJSL* a loué deux portiques de déchargement de matériaux Scheurle de 350 tonnes ainsi qu'une grue Manitowac d'une capacité de levage de 600 tonnes. Le chantier pouvait maintenant construire des modules dépassant 450 tonnes, une amélioration importante par rapport à la limite initiale de 200 tonnes.

Un changement si radical du procédé de construction constituait un risque considérable au moment où le chantier adoptait un concept de construction modulaire, mais les dirigeants étaient prêts à courir ce risque. Ils se rendaient compte que s'ils n'effectuaient pas une révision radicale du procédé, il leur serait tout simplement impossible de rattraper le temps perdu. Le *Toronto* est devenu la première des FCP construite selon le nouveau procédé lorsque quatre modules formant la proue ont été assemblés en un mégamodule de 350 tonnes. En octobre 1990, le mégamodule était descendu dans le bassin avec huit élingues en Kevlar de 125 mm d'épaisseur, une première dans la construction navale. Jusqu'alors, les lourdes charges étaient toujours déplacées avec des

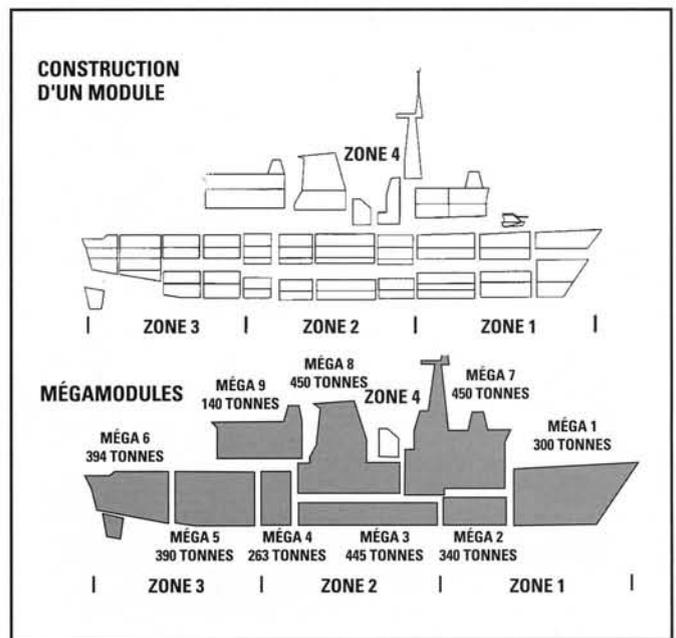


Fig. 5. Construction par mégamodules par rapport à la construction par modules.

câbles d'acier classiques. On s'est servi d'un système à commande hydraulique pour mettre le mégamodule en place dans le bassin au lieu d'utiliser la méthode de la moufle à chaîne qui est peu expéditive et qui nécessite beaucoup de main-d'œuvre.

À la mise à l'eau, le délai initial de quatre mois du *Toronto* était passé à 14 mois, principalement en raison de ressources limitées. Le *Halifax* et le *Vancouver* faisaient alors l'objet des derniers travaux et essais relatifs au SICM et aux systèmes d'armes. Néanmoins, la *SJSL* a su tirer profit de la

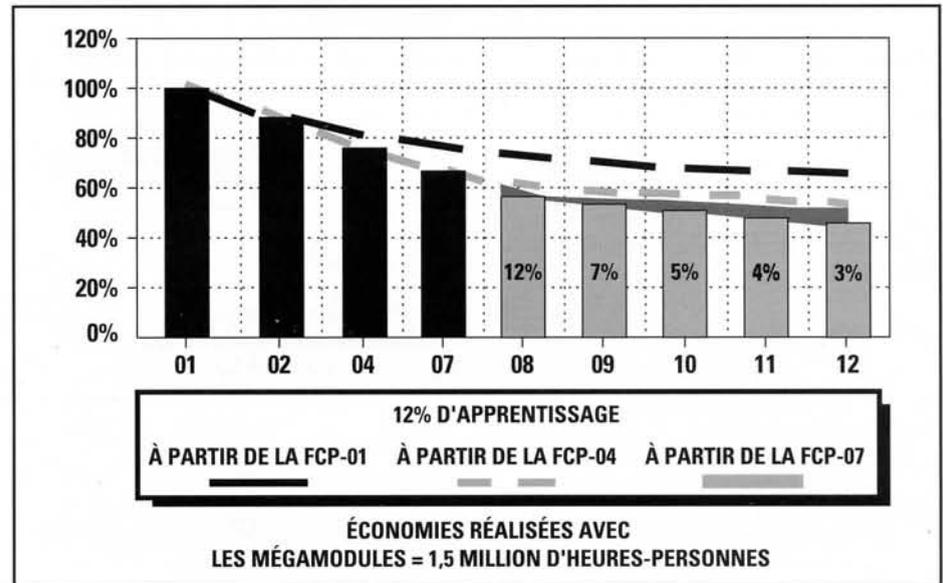


Fig. 6. Courbe d'apprentissage de la *SJSL*

### CALENDRIER DES FCP

		DÉBUT DE LA CONSTRUCTION	MISE SUR CALE	MISE À L'EAU OU LANCÉ (L)	DÉBUT DES ESSAIS EN MER	LIVRAISON
CPF-01 HALIFAX	S. A.	31-May-86 08-Jun-86	14-Mar-87 19-Mar-87	09-Jan-88 30-Apr-88	20-May-89 06-Aug-90	25-Oct-89 *28-Jun-91
CPF-02 VANCOUVER	S. A.	14-Feb-87 06-Dec-86	06-Feb-88 19-May-88	10-Dec-88 08-Jul-89	12-May-90 10-Feb-92	24-Sep-90 11-Sep-92
CPF-03 VILLE DE QUÉBEC	S. A.	02-May-87 25-May-87	17-Oct-88 17-Jan-89	27-May-89 16-May-91 (L)	16-Jun-90 16-May-93	29-Jan-91 23-Sep-93
CPF-04 TORONTO	S. A.	26-Sep-87 16-Jan-88	17-Dec-88 24-Apr-89	21-Oct-89 18-Dec-90	15-Dec-90 21-Sep-92	29-Apr-91 23-Dec-92
CPF-05 REGINA	S. A.	07-Nov-87 11-Aug-88	18-Jun-88 06-Oct-89	19-May-90 25-Oct-91 (L)	15-Jun-91 27-Nov-93	15-Oct-91 02-Mar-94
CPF-06 CALGARY	S. A.	06-Feb-88 21-Feb-89	18-Jun-88 15-Jun-91	24-Feb-90 26-Aug-92 (L)	11-Jan-92 19-Jun-94	29-Apr-92 30-Aug-94
CPF-07 MONTRÉAL	S. A.	17-Dec-88 14-Jan-89	13-Jan-90 08-Feb-91	29-Jun-91 26-Feb-92	19-Sep-92 20-Jun-93	29-Dec-92 27-Jul-93
CPF-08 FREDERICTON	S. A.	17-Mar-90 03-Jul-90	10-Nov-90 25-Apr-92	21-Mar-92 13-Mar-93	12-Jun-93 23-Jan-94	29-Sep-93 24-Feb-94
CPF-09 WINNIPEG	S. A.	15-Dec-90 02-Jul-91	24-Aug-91 19-Mar-93	19-Sep-92 11-Dec-93	12-Mar-94 06-Sep-94	29-Jun-94 11-Oct-94
CPF-10 CHARLOTTETOWN	S. A.	07-Dec-91 19-Apr-92	11-Jul-92 18-Dec-93	18-Sep-93 31-Oct-94	17-Dec-94 (27-Mar-95)	29-Mar-95 (28-Apr-95)
CPF-11 ST. JOHN'S	S. A.	26-Sep-92 26-Jul-92	22-May-93 24-Aug-94	11-Jun-94 (4-Jul-95)	16-Sep-95 (13-Nov-95)	29-Dec-95 (10-Dec-95)
CPF-12 OTTAWA	S. A.	05-Jun-93 31-May-93	29-Jan-94 (27-Apr-95)	18-Mar-95 (24-Dec-95)	15-Jun-96 (27-May-96)	29-Sep-96 (30-Jun-96)

#### NOTA :

S = DATE SELON LE CALENDRIER PRÉVU AU CONTRAT

A = DATE RÉELLE

(DATES PRÉVUES ENTRE PARENTHÈSES)

\* DATE DE RÉCEPTION PROVISoire DE LA FCP-01 : 28 JUIN 1991; DATE DE LIVRAISON RÉELLE : 23 DÉCEMBRE 1992.

Fig. 7. Calendriers : prévu au contrat, réel et prévu

phase de construction prolongée du *Toronto* pour améliorer ses techniques de construction et planifier la construction mégamodulaire, rehaussant ainsi le degré de préachèvement. Citons, entre autres choses, la baisse du taux de refus de soudures radiographiées au hasard qui est passé de presque 25 p. 100 pour le *Halifax* à 5 p. 100 pour le *Toronto*. Même si le *Toronto* comptait 20 mois de retard à la livraison, le 23 décembre 1992, il avait nécessité environ 18 p. 100 d'heures-personnes de moins que le *Vancouver*.

#### NCSM Montréal

La *SJSL*, ayant démontré qu'il était possible d'utiliser et de manutentionner des mégamodules en toute sécurité, enchaînait avec la construction du NCSM *Montréal* (FCP-07), qui comptait six mégamodules et onze modules classiques (Fig. 9). Les travaux ont débuté un an après ceux du *Toronto*, le 14 janvier 1989, avec seulement un mois de retard sur le calendrier initial. Cependant, l'érection ne commençait que le 8 février 1991, c'est-à-dire près de 13 mois après la date prévue initialement pour les structures

non mégamodulaires. Dans le cas du *Toronto*, le retard était attribuable en grande partie à la *SJSL* qui procédait à l'adoption de nouveaux procédés et tentait d'exécuter un maximum de travail dans l'étape de construction.

Des six mégamodules ayant servi à la construction du *Montréal*, le mégamodule un, la proue, est peut-être celui qui présente le plus d'intérêt pour les ingénieurs. La *SJSL*, se basant sur son expérience, a étudié la possibilité d'installer le canon entier en atelier (Fig. 10) avant de déplacer le mégamodule dans le bassin de radoub. Il s'agissait d'un changement radical du fait que l'installation et le réglage du canon avaient toujours été effectués après l'assemblage final. L'entreprise audacieuse de la *SJSL* devint une première mondiale. Le réglage final du canon a toujours constitué une préoccupation, mais la *SJSL* a réussi en grande partie grâce à son service de contrôle de la précision.

Le contrôle de la précision occupe une place unique et cruciale au sein de la *SJSL* en raison du rôle qu'il joue dans tout le

chantier naval. L'équipe du service de contrôle de la précision surveille presque chaque procédé, de la coupe de l'acier jusqu'à l'assemblage des mégamodules. La base de données numériques constituée par l'équipe fournit des renseignements statistiques utilisés par les services de planification, de soudure et de production pour mettre en pratique des méthodes de production innovatrices. Ces données ont été utilisées pour améliorer les séquences de soudage et pour réduire la déformation et tout non-respect des tolérances entre les modules, ce qui a donné au chantier naval l'assurance nécessaire pour entreprendre la construction mégamodulaire.

La *SJSL*, qui a réussi à intégrer six mégamodules dans le *Montréal*, a également exécuté le plus de travail possible au niveau du préachèvement. Par exemple, la *SJSL* a reconnu que les travaux de rectification et de peinture ainsi que les autres correctifs apportés après l'exécution de travaux à haute température effectués après les étapes du décapage au jet de sable et de la peinture ont accru de façon importante les coûts de construction et constituent un domaine où l'on pourrait faire de grandes économies. Ce n'était qu'un des nombreux points abordés juste avant la construction du *Montréal* par les responsables du programme d'amélioration continue de la *SJSL* (*Continuous Improvement Program*), programme semblable aux initiatives de gestion de la qualité totale ayant cours dans la Marine. L'un des résultats immédiats du programme, c'est qu'un certain nombre d'améliorations de la productibilité ont été introduites pendant la construction du *Montréal*.

En conséquence, le *Montréal* a été premier navire à bénéficier considérablement de la construction mégamodulaire et du programme d'amélioration continue. Lorsque le premier module a été érigé, le navire avait environ 13 mois de retard sur le calendrier mais, le jour de sa mise à l'eau, le 6 février 1992, le retard avait été réduit de cinq mois. Pour la première fois, l'entreprise a également été capable de rattraper le temps perdu au cours de la mise à l'eau de sorte qu'à la livraison, le 27 juillet 1993, le *Montréal* n'affichait que sept mois de retard sur le calendrier établi six ans auparavant. L'amélioration du respect du calendrier a marqué un tournant dans le projet et indiquait comment l'avenir allait se présenter. La *SJSL* a réussi une fois de plus à réduire le nombre d'heures-personnes consacrées à la production de plus de 14 p. 100 cette fois, comparativement au *Toronto*.

#### NCSM Fredericton, Winnipeg et Charlottetown

La tendance s'est poursuivie avec le NCSM *Fredericton* (FCP-08), cinquième frégate de patrouille construite par la *SJSL*. Ce navire a été le premier à être construit

presque entièrement à partir de mégamodules (c.-à-d. huit mégamodules). Sa construction a nécessité environ 12 p. 100 d'heures-personnes de moins que ses prédécesseurs. L'un des nouveaux mégamodules, le septième (pont, salle des opérations, coquille et mât), pesait 450 tonnes, soit la capacité de levage maximale de la *SJSL* (Fig. 11). Le préachèvement atteignait un nouveau degré dans le mégamodule huit. Les sorties de gaz étaient maintenant entièrement calorifugées, les locaux étaient peints et les inspections finales étaient effectuées avant l'assemblage dans le bassin de radoub.

Du début de la construction à la livraison, il a fallu un peu plus de trois ans et demi, ce qui est une réussite digne de mention. Pour la première fois, la *SJSL* avait réduit le temps de construction (Fig. 12) et croyait pouvoir réduire celui-ci suffisamment, pour les prochaines FCP, pour rattraper le temps perdu à la FCP-10 (NCSM *Charlottetown*) et livrer les deux derniers navires plus tôt.

La *SJSL* a procédé à d'autres améliorations au chapitre du préachèvement du *Winnipeg* (FCP-09), particulièrement dans le module du hangar (Fig. 13). Le système de défense à courte portée, l'équipement de maintenance des torpilles, le radar arrière de surveillance et de recherche d'objectif ainsi que les antennes de télécommunication ont été installés au cours des travaux de préassemblage; ainsi, il n'a pas été nécessaire de recourir à Paramax pour effectuer ces tâches à l'extérieur. Lorsque le hangar fut érigé, il présentait un degré d'achèvement de 85 p. 100. L'achèvement des soudures à franc-bord des circuits principaux de tous les mégamodules dans l'atelier a représenté une autre amélioration qui permettait le début des



Fig. 8. Abri temporaire pour le NCSM *Halifax*

travaux de soudure des circuits principaux aussitôt le mégamodule mis en place dans le bassin.

Lorsque le *Winnipeg* a été livré, à la fin de 1994, le nombre d'heures-personnes avait encore été réduit de près de 8 p. 100, ce qui avérait les allégations de la *SJSL* voulant que si on avait employé, dès le début, la vraie démarche mégamodulaire avec le *Montréal*, on aurait amorcé une nouvelle courbe

d'apprentissage de 12 p. 100 dans la construction navale. La différence entre une courbe type de 12 p. 100 établie à partir du *Toronto* et les projections actuelles établies à partir du *Montréal* est directement attribuable à la construction mégamodulaire et se chiffre à 1,5 million d'heures-personnes! L'initiative audacieuse prise par la *SJSL*, au début des années 90, est manifestement rentable.

La *SJSL* a continué à soumettre les méthodes de construction mégamodulaire à des études afin d'en maximiser l'efficacité. Par exemple, à compter du septième navire de la *SJSL*, le NCSM *Charlottetown*, on a ajouté la salle des machines auxiliaires au mégamodule trois, ce qui réduisait d'un mois de temps d'immobilisation par navire. Cela améliore grandement l'installation des tuyaux, des câbles, etc. qui vont, depuis les génératrices diesel, les chaudières auxiliaires, les unités «ROD» et tout autre pièce d'équipement, jusqu'à la salle des machines avant (Fig. 14). Pour économiser davantage de temps, les réservoirs du *Charlottetown* feront, pour la première fois, l'objet d'un essai pneumatique dans le hall d'assemblage des modules plutôt que d'un essai hydraulique. De plus, le dispositif «Ball» du CRDS sera installé dans les sorties de gaz avant l'érection du mégamodule huit. Lorsque le *Charlottetown* a été mis à l'eau, il était terminé à environ 69,3 p. 100, ce qui représentait le plus haut degré de finition jamais atteint à la mise à l'eau. En raison des améliorations apportées, la livraison du *Charlottetown* à la Marine est prévue pour avril 1995, seulement un mois après la date projetée en 1987.

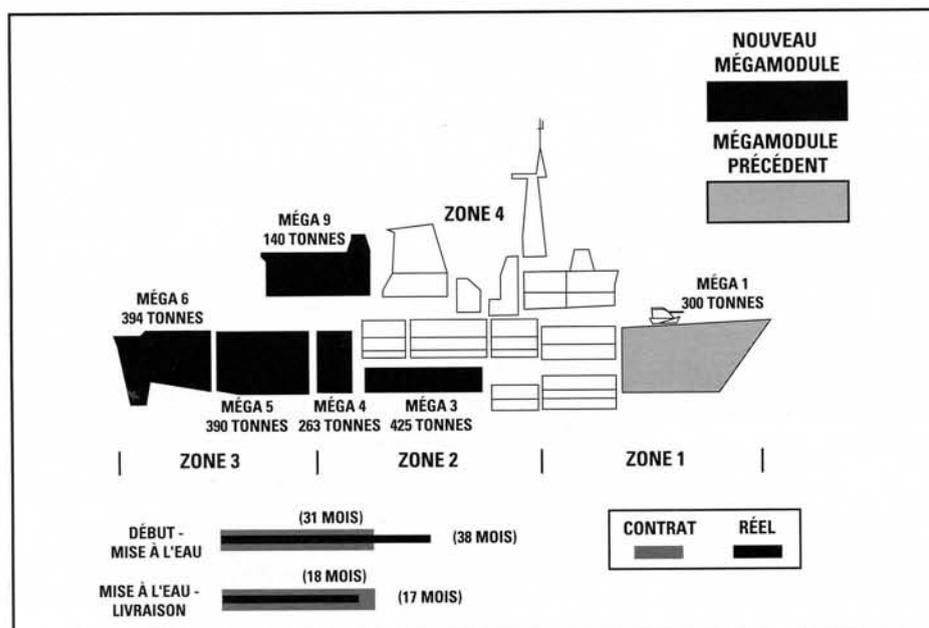
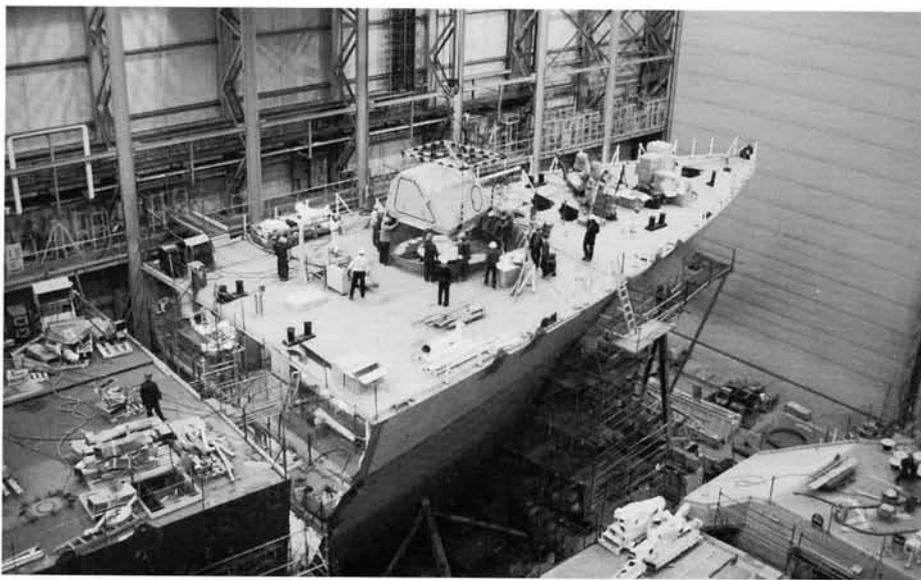


Fig. 9. Construction et calendrier du NCSM *Montréal*



**Fig. 10. Mégamodule 1 avec canon**

Même si le projet est en voie d'être terminé, la SJSL n'a pas atténué son désir d'innover. Une grue additionnelle Manitowac sera installée au printemps 1995 pour accroître la capacité de levage du chantier à 800 tonnes. L'on prévoit augmenter la grosseur des mégamodules pour le NSCM *Ottawa*, notre douzième et dernière FCP. Ce concept veut combiner les mégas quatre et cinq, en plus d'installer le train d'engrenage, les turbines à gaz et leurs fondations dans le méga trois, et ce, avant la construction. Une autre proposition qui voudrait créer deux «super» mégamodules des mégas deux, sept et huit est aussi à l'étude (Fig. 15). Ces changements sont conçus pour augmenter la productivité et réduire le temps de construction et devraient aider la SJSL à éviter le «syndrome du dernier navire» si commun dans les programmes de cet envergure.

### Expérience

#### *Avantages des techniques de construction navale de pointe*

L'aspect le plus important de l'expérience acquise par la SJSL dans la construction des FCP, c'est que la maximisation du préachèvement en atelier présente des avantages importants. L'entreprise a clairement démontré que des coûts de construction inférieurs, une qualité améliorée et un temps de construction moindre ne sont pas l'apanage des chantiers dont les employés sont expérimentés. Une planification rigoureuse et un cadre de gestion sérieux mettant en œuvre de bons concepts d'ingénierie industrielle de base peuvent aboutir à de tels résultats. En réussissant à mettre en pratique ces techniques et pratiques, la SJSL s'est imposée comme entreprise concurrentielle dans le marché mondial de la construction navale.

#### *Processus de conception*

On a également acquis de l'expérience au niveau de l'exploitation du chantier. Comme nombre de gens le savent, la stratégie d'approvisionnement du projet des FCP était passablement innovatrice, comparativement aux stratégies antérieures. L'entrepreneur s'est vu confier l'entière responsabilité du projet, y compris l'exécution des dessins contractuels et du projet détaillé. On voulait que l'entrepreneur livre, clés en main, des frégaies conformes aux exigences de rendement prescrites. Pour assurer l'indépendance du gouvernement, on avait appliqué une politique dite de «mise en garde» pendant la phase de définition du projet. Or, c'est cette politique de mise en garde qui doit être reconsidérée car elle a fait en sorte que le gouvernement et l'industrie n'ont pas travaillé comme des partenaires au cours des premières étapes du projet, mais plutôt comme des entités pratiquement indépendantes. Un tel environnement n'est pas favorable à la mise en œuvre des concepts de productivité rattachés à la construction modulaire. Ceux-ci nécessitent une certaine coopération entre la Marine et le constructeur du navire et ce, au tout début du projet, afin que se crée une atmosphère favorable à l'atteinte des compromis nécessaires.

Les avantages de l'intégration de stratégies et de concepts de productivité à partir des premières étapes ont largement été démontrés dans le projet des FCP. Toutefois, comme les économies importantes n'ont été réalisées qu'après la livraison de la FCP-07 (*Montréal*), la véritable déception, c'est de ne pas avoir tiré tous les avantages qu'aurait amené l'introduction des nouveaux concepts au cours des premières phases du processus de conception. Plusieurs autres avenues auraient également pu être prises en considération (la construction d'un navire à structure intégrale, laquelle est plus lourde mais plus simple, p. ex.), mais elles exigent la participation du constructeur du navire dès le début au processus de conception pour favoriser une élaboration simultanée des produits et des procédés. Dans le cas des FCP, ce n'est que tard dans le processus de conception détaillée que l'élaboration du procédé de construction a commencé. En outre, cette dernière ne s'est réellement terminée qu'après l'achèvement du septième navire. Il importe donc, avant la construction, de prendre en considération la productivité et le procédé de construction dans toutes les étapes de la conception.

Au nombre des concepts appliqués actuellement par les Forces navales des États-Unis pour rendre plus efficaces la conception des navires et le procédé de construction et rendre ce procédé à la fois plus expéditif et plus économique, on souhaite une participation plus hâtive du constructeur du navire au processus de conception. La Marine canadienne en tient également compte dans les concepts



**Fig. 11. Mégamodule 7, superstructure**

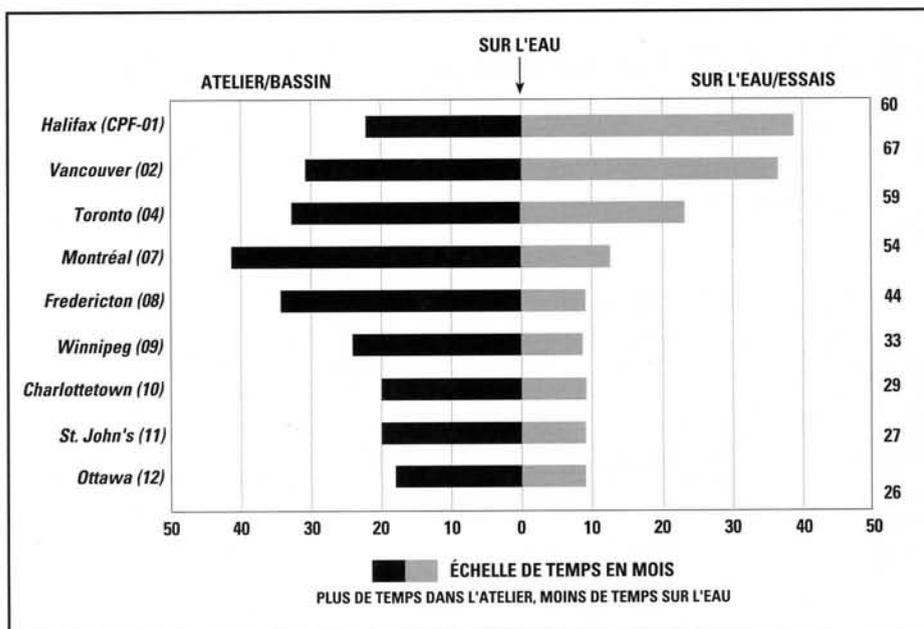


Fig. 12. Durée de la construction navale à la SJSL

initiaux relatifs à un processus d'élaboration d'un navire de soutien polyvalent (*Revue du Génie maritime*, juin 1994), lequel prévoit la participation d'une équipe de conception composée de représentants de l'entrepreneur et de la Marine. Néanmoins, la démarche doit être uniforme et systématique si l'on veut évaluer les conséquences des concepts de productibilité. Des critères doivent être établis afin que les compromis concernant la productibilité soient faits afin que la Marine soit assurée d'obtenir le produit final souhaité. Le succès d'une telle initiative nécessite également la formation des ingénieurs navals et des ingénieurs de l'entrepreneur.

#### Stratégie pour le premier navire

L'expérience démontre également qu'il importe de conserver un délai suffisant entre le premier navire et les navires suivants. Le contrat original prévoyait un délai de seulement un an entre la livraison du premier et du deuxième navire. Les problèmes occasionnés par ce faible délai ont été aggravés par le fait que le calendrier original n'allouait que trois ans pour la construction de chaque navire. Nous savons maintenant que le temps requis pour construire une première frégate type est d'environ cinq ans et que, même dans les circonstances les plus favorables, la construction du deuxième navire prendra environ quatre ans. En conséquence, du premier navire aux navires subséquents, tout concourait à la répétition des problèmes rencontrés relativement à la construction et aux matériaux, sans compter les coûts des travaux de rectification qu'il a fallu exécuter. La situation s'est détériorée au moment où la conception détaillée a commencé à chevaucher la période de

construction réelle des autres navires. La première partie du calendrier prévu au contrat est vite devenue complètement irréaliste. Aussi l'entrepreneur a-t-il eu de la difficulté à prévoir les dates de livraison et le nombre d'heures-personnes nécessaires pour terminer chaque navire.

L'exécution de modifications et de travaux de rectification est chose courante dans n'importe quel nouveau projet de construction. Toutefois, un nombre important d'heures-personnes auraient pu être économisées si le délai avait été plus grand entre les deux premiers navires. À la lumière de l'expérience acquise avec les FCP, on pourrait facilement réunir des arguments pour appuyer le recours à un prototype. Si l'on disposait d'un délai adéquat entre la livraison du premier navire et celle du navire suivant, une grande partie des défauts de construction et de conception pourraient être relevés et éliminés avant que la pleine production ne soit entreprise. À moins d'un contrat distinct, ce qui pourrait être impossible pour des raisons de maintien de l'emploi sur le chantier naval, il faudra obligatoirement achever la conception détaillée avant le début de la construction et conserver un délai suffisant. Voilà probablement la plus importante leçon apprise dans le cadre du projet des FCP.

#### Conclusion

Les objectifs initiaux du projet étaient a) de construire de nouveaux navires de guerre polyvalents satisfaisant aux exigences de la Marine, b) d'engendrer des retombées industrielles pour le Canada et c) de créer un centre d'excellence en construction navale au Canada. La conception et le rendement des FCP constituent de véritables réussites. Le NCSM *Halifax* a parcouru, jusqu'à maintenant, plus de 40 000 milles marins et est très bien adapté aux missions prolongées menées sous toutes les conditions météorologiques. Le *Halifax*, le *Toronto* et le *Montréal* ont été utilisés lors des opérations de maintien de la paix de l'ONU dans la mer Adriatique, tandis que le *Vancouver* a servi en Extrême-Orient à titre d'élément intégré d'une force opérationnelle. Comme le commandant d'une FCP l'a fait remarquer au retour de sa première mission prolongée, il ressort que les FCP sont égales ou supérieures à n'importe quel autre navire de guerre polyvalent de dimensions comparables.

Le Projet de la frégate canadienne de patrouille a généré des retombées industrielles considérables (plus de 70 p. 100 du travail a été effectué au Canada). En pleine période de construction, le maître d'œuvre et ses sous-traitants principaux assuraient à eux seuls plus de 6 000 emplois directs. En outre, bon nombre des entreprises canadiennes (plus de 200) fournissant de l'équipement pour les navires et les installations auxiliaires sont devenues des exemples de réussite.

Toutefois, le plus important, c'est peut-être que la SJSL possède maintenant des installations de construction navale modernes et qu'on reconnaît sa capacité de concevoir et

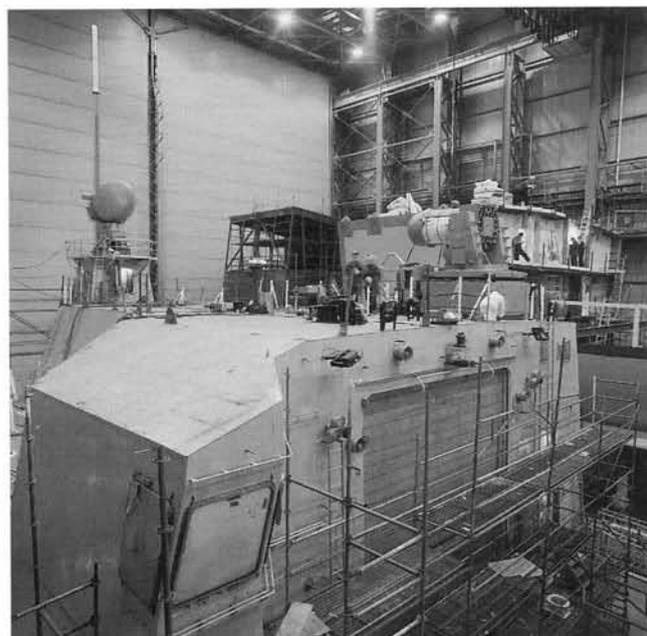


Fig. 13. Hangar du NCSM *Winnipeg*

de construire des navires de première qualité d'une manière efficace et économique. La Marine et la *SJSL* ont souvent collaboré pour apporter des changements qui s'avéraient avantageux pour les deux parties. Cette collaboration est non seulement importante du point de vue national, mais elle est maintenant reconnue sur le plan international. La *SJSL* vise actuellement un certain nombre de débouchés sur les marchés étrangers. Un seul d'entre eux pourrait remettre le Canada bien en vue en tant que constructeur naval. En conséquence, grâce à ses qualités de chef, à ses innovations et à ses réalisations, la *SJSL* s'est mérité à juste raison le titre de centre d'excellence en construction navale. Aussi les Canadiens peuvent-ils en être fiers.

#### Remerciements

Nous tenons à remercier la *Saint John Shipbuilding Limited* et le Bureau de direction du Projet de la FCP à Ottawa pour le support qu'ils ont fourni. Nous voulons également exprimer notre gratitude à M. Derry Oke, M. Daniel Cyr et M<sup>me</sup> Mary Parsons qui ont collaboré à la préparation du présent article et dont les suggestions et commentaires se sont révélés des plus précieux. 🏠



Fig. 14. Mise sur cale du NCSM Charlottetown

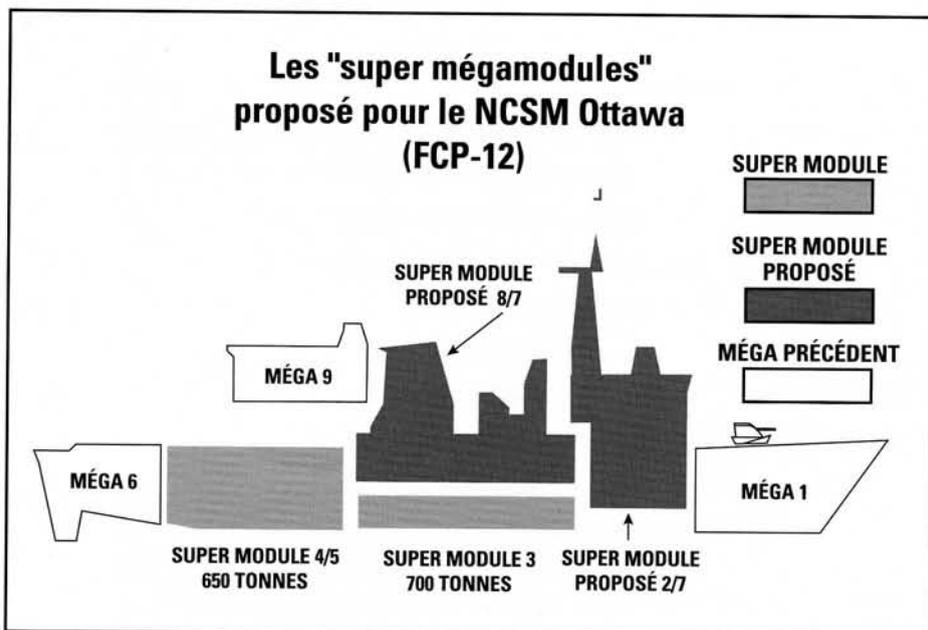


Fig. 15. Les «super mégamodules» proposé pour le NCSM Ottawa (FCP-12)

#### Ouvrages de référence

- [1] D.J.S. Beck, «*The Application of Advanced Design and Construction Techniques to the Canadian Patrol Frigate*», présenté à l'Institut canadien technique maritime le 15 avril 1986.
- [2] Capt(M) R.E. Chiasson, «*DPM (Construction) Lessons Learned*», 15 juin 1990.
- [3] Cdr P.J. Child, «*The Acquisition of New Ships for the Canadian Navy*», présenté à la Conférence SNAME à Washington D.C., à l'été 1985.
- [4] Cdr L.P. Dumbrille, «*CPF Lessons Learned*», 14 août 1985.
- [5] R.G. Keane et H. Fireman, «*Producibility in the Naval Ship Design Process : A Progress Report*», *Journal of Ship Production*, volume 9, numéro 4, novembre 1993.
- [6] Cdr P. McMillan et Icdr B. Staples, «*Saint John Shipbuilding Limited and Canadian Patrol Frigate (CPF) Construction*», *Revue du Génie maritime*, page 5, janvier 1987.
- [7] Icdr R. Payne, «*The Product Work Breakdown System — Blueprint for CPF Construction*», *Revue du Génie maritime*, page 17, septembre 1988.

- [8] M. Reid et J.J. Dougherty, «*The First Time Integration of Product by Stage of Construction with Cost/Schedule Control Application*», présenté au *Ship Production Symposium* qui s'est tenu à Arlington, Virginie, du 13 au 15 septembre 1989.
- [9] Icdr A. Smith, «*Product Oriented Design and Construction Impact on Operating and Support Costs*», préparé pour le *ASE Seminar* tenu le 22 décembre 1993 (ébauche).

*Le capt(M) Blattmann a été commandant du détachement de la FCP à Saint-Jean (Nouveau-Brunswick) de 1990 jusqu'à son affectation comme commandant de l'Unité de radoub (Pacifique) en 1994.*

*Le cdr Archibald a été commandant de chantier naval (en charge du personnel du service naval) à la Saint John Shipbuilding Limited de 1993 jusqu'à son affectation comme commandant du détachement de la FCP en 1994.*

# Incident en mer : Explosion du circuit d'alimentation en oxygène à bord du NCSM *Cormorant*

Texte par le lcdr Jim Muzzerall, Stephen Dauphinee et le lcdr Kevin Woodhouse

Le 18 novembre 1992, le personnel du NCSM *Cormorant*, bâtiment de soutien pour les opérations de plongée de la marine, menait des opérations au large des côtes de la Nouvelle-Écosse lorsqu'une petite explosion s'est produite dans le compartiment des bouteilles de plongée. Le personnel du navire venait tout juste de terminer les opérations de plongée avec le sous-marin crache-plongeurs *SDL-1* et se préparait à effectuer le remplissage des réservoirs d'oxygène du sous-marin lorsque l'explosion a eu lieu. Le remplissage des réservoirs est une procédure normale après une plongée. Or, il s'agissait du premier transfert d'oxygène depuis les travaux de radoub effectués sur le *Cormorant* six mois auparavant.

Le compartiment des bouteilles contient 28 bouteilles d'oxygène et 20 bouteilles d'hélium-oxygène. Ces gaz, stockés sous une pression de 1 650 lb/po<sup>2</sup>, sont destinés aux plongeurs, aux deux sous-marins (*SDL-1* et *Pisces*) et à la chambre de recompression du navire. Sur ce dernier, l'alimentation en gaz de plongée et en air comprimé est assurée par les collecteurs et les conduites de distribution.

Pour remplir les réservoirs d'oxygène du *SDL-1* à la pression de 3 000 lb/po<sup>2</sup>, on a ouvert les vannes pour pressuriser la pompe de surpression servant au transfert du gaz. L'oxygène stocké à 1 650 lb/po<sup>2</sup> dans les bouteilles du compartiment du pont n° 2 a alors refoulé dans la conduite jusqu'à l'orifice d'aspiration de la pompe de surpression qui est située à l'extérieur du compartiment. L'orifice de refoulement de la pompe devait être raccordé aux réservoirs d'oxygène du *SDL-1*; toutefois, une vanne avait accidentellement été laissée fermée. Au moment où la pompe de surcompression faisait passer la pression de l'oxygène de 1 650 lb/po<sup>2</sup> à 3 000 lb/po<sup>2</sup>, une explosion s'est produite à l'intérieur du compartiment des bouteilles.

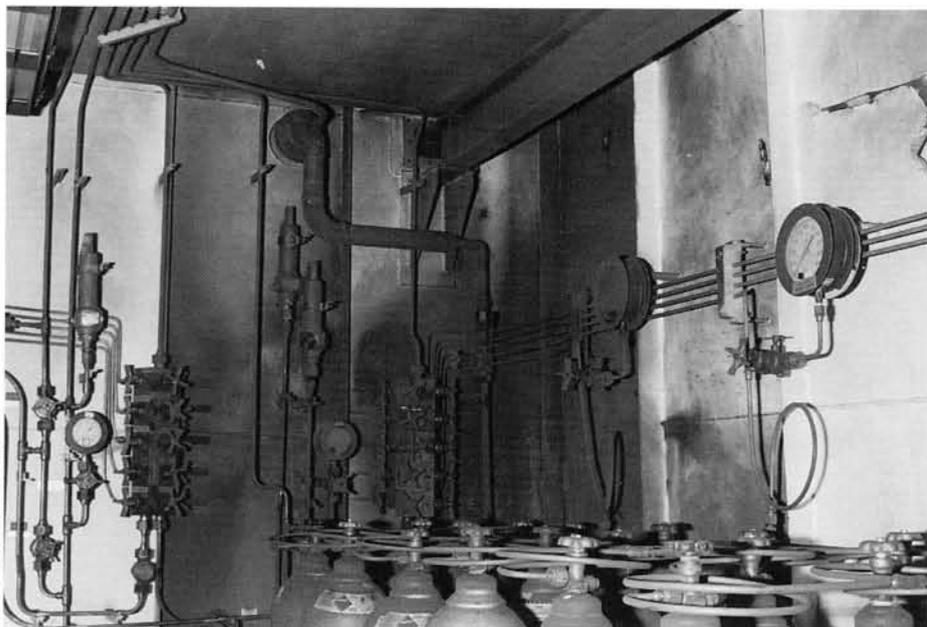
Heureusement, les hommes qui effectuaient le remplissage des réservoirs d'oxygène se trouvaient près de la pompe de surpression, juste à l'extérieur du compartiment. Ils ont entendu une forte détonation mais ont pensé qu'il s'agissait de l'ouverture de la soupape de détente. (Elle était réglée à 3 050 lb/po<sup>2</sup>, pour une pression de fonctionnement de 3 000 lb/po<sup>2</sup>.) Ils ont arrêté la pompe et sonné l'alarme dès qu'ils ont

aperçu une épaisse fumée grise et rougeâtre. L'équipe d'intervention rapide est arrivée sur les lieux et a actionné manuellement le système au halon. Une fois à l'intérieur du compartiment des bouteilles, l'équipe d'intervention a localisé le foyer d'incendie et a constaté que les cloisons et les plafonds étaient roussis (Fig. 1).

On n'a pas réalisé immédiatement l'importance de l'incident et les risques pour le personnel et l'équipement. À son arrivée à Halifax, le *Cormorant* était attendu par des tuyauteurs de l'URFC (A) prêts à enlever les pièces endommagées, par des rédacteurs de spécifications de l'UGN (A) chargés d'évaluer l'importance des travaux de réparation et par le personnel technique de l'escadron pour faire une évaluation directe des dommages. C'est alors que le personnel de l'escadron a constaté que l'incendie avait, en fait, été provoqué par une explosion découlant de la défaillance catastrophique d'un composant du circuit d'alimentation en oxygène. Le compartiment a été mis en quarantaine immédiatement. Aucune réparation ne pouvait être effectuée avant la tenue d'une enquête technique.



NCSM *Cormorant*



**Fig. 1. Compartiment des bouteilles endommagé par l'incendie à bord du NCSM Cormorant, navire de soutien des opérations de plongée.**

L'enquête technique a permis de découvrir une soupape de détente éclatée et un tuyau de transfert brûlé (Fig. 2). L'inspection rapide d'un tuyau de transfert non endommagé sur le circuit a permis de découvrir la présence d'un bouchon de protection en chlorure de polyvinyle (Fig. 3) qui aurait dû être enlevé. Il était donc probable qu'un bouchon semblable soit demeuré à l'intérieur du tuyau endommagé. On a en outre découvert une quantité excessive de graisse de silicone sur les raccords Union du collecteur d'oxygène. Puisque la présence d'un tel contaminant signifie qu'il y a eu négligence, voire sabotage, l'enquête technique a recommandé de tenir une enquête sommaire afin de déterminer la cause de l'explosion et s'il y avait bel et bien eu négligence grave. L'enquête recommandait aussi de prendre des mesures afin qu'un tel incident ne se reproduise pas.

#### Enquête sommaire

L'enquête sommaire a débouché sur les conclusions suivantes.

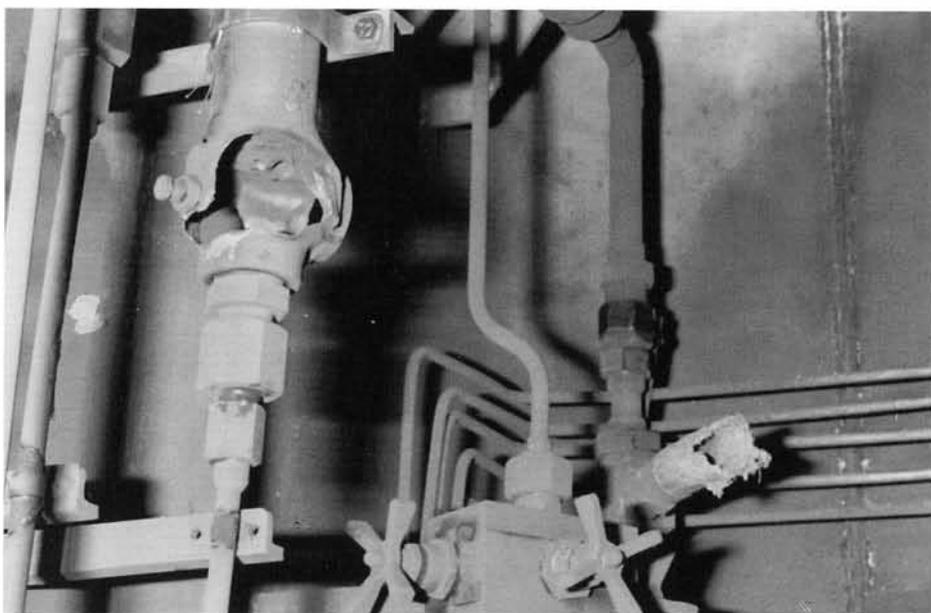
- Le circuit des gaz de plongée n'avait fait l'objet d'aucune certification de propreté ni d'essai de fonctionnement.
- Certaines vannes et certains raccords Union du circuit avaient été lubrifiés abondamment avec de la silicone, substance qui se comporte comme un carburant dans une atmosphère riche en oxygène<sup>1</sup>.
- Un bouchon de protection en PVC avait été accidentellement laissé à l'intérieur d'un tuyau de transfert en acier inoxydable. Or, à l'intérieur d'une conduite d'oxygène, un tel bouchon constitue à la fois un obstacle et un carburant.<sup>2</sup>

La contamination à la silicone était une cause possible de l'explosion. La graisse de silicone trouvée à l'intérieur du circuit s'enflamme plus facilement et dégage plus de chaleur, une fois enflammée, que les graisses fluorées. Le bouchon en PVC trouvé à l'intérieur du circuit pourrait aussi expliquer l'explosion. «La présence d'un bouchon similaire dans le tuyau de transfert détruit pourrait avoir fourni le carburant nécessaire au déclenchement de l'incendie ainsi qu'à la destruction de la soupape de détente et de la conduite de transfert.»<sup>4</sup> À l'exception de l'erreur de procédure, le fait que la vanne ait été fermée n'a eu aucune incidence sur le

remplissage. En fait, cela n'a fait que déclencher plus tôt l'ouverture de la soupape de détente. À la lumière des conclusions de l'enquête, l'explosion à l'intérieur du circuit de transfert d'oxygène a probablement été causée par un contaminant d'entretien (c'est-à-dire la présence du bouchon en PVC ou de la graisse de silicone). Ce contaminant aurait servi de carburant, l'oxygène étant le comburant et l'oxygène haute pression assujéti à une compression adiabatique provoquant l'inflammation.

À titre indicatif, il y a compression adiabatique lorsqu'un gaz haute pression est introduit rapidement dans un circuit basse pression et rencontre un obstacle. L'augmentation de pression entraîne une hausse de température spectaculaire. En théorie, l'oxygène soumis à une compression adiabatique provoquée par une admission, à 3 000 lb/po<sup>2</sup>, dans un circuit à la pression d'une atmosphère et à une température de 20 °C, atteint 1 066 °C. Le PVC, mêlé à de l'oxygène pur et à une atmosphère, s'enflamme à environ 390 °C. Manifestement, la température théorique causée par la compression adiabatique était beaucoup plus élevée que la température d'inflammation du bouchon de protection en PVC.

La pressurisation du circuit d'oxygène contaminé a provoqué l'ouverture de la soupape de détente, permettant au gaz sous pression (3 000 lb/po<sup>2</sup>) d'entrer en contact avec le bouchon en PVC. Ce n'était qu'une question de secondes avant que la compression adiabatique de l'oxygène fasse augmenter la température et provoque l'inflammation du bouchon. Une fois allumé, le feu a gagné les réserves d'oxygène pur et, comme un chalumeau coupeur, s'est propagé à l'intérieur du tuyau d'acier inoxydable (Fig. 4), utilisant ce



**Fig. 2. Soupape de détente et tuyau de transfert endommagés du compartiment des bouteilles.**

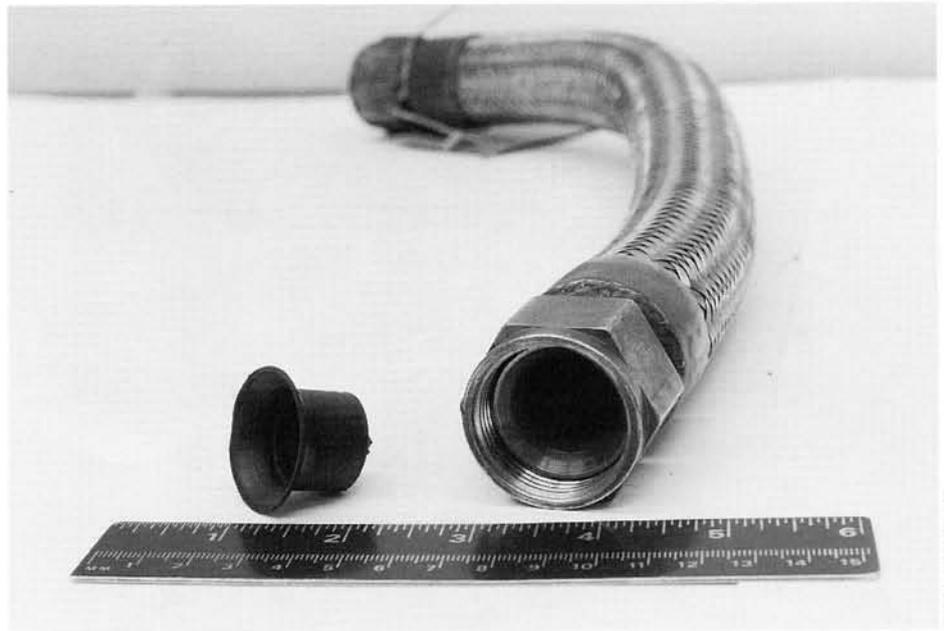
dernier comme carburant. L'incendie a atteint le corps de la soupape de détente ouverte et l'a fragilisé, ce qui a provoqué un bris mécanique et l'explosion subséquente. Cela a eu pour effet de disperser le laitier et de brûler la surface des cloisons, des plafonds, des canalisations de transfert et des accessoires connexes du compartiment des bouteilles.

À un moment donné le combustible a dû manquer, car la chaleur de la flamme et du comburant était toujours présente. (L'oxygène a continué à s'échapper des bouteilles jusqu'à ce que l'équipe d'intervention rapide pénètre dans le compartiment et ferme les vannes). Il est probable que l'incendie n'ait duré que quelques secondes. La chaleur intense s'est dissipée tellement rapidement à l'intérieur du compartiment qu'elle n'a pas déclenché le système d'extinction au halon. Compte tenu des dommages mineurs, l'incendie était éteint bien avant que l'équipe d'intervention d'urgence n'actionne le système d'extinction au halon.

Comment expliquer cet incendie? Comment le contaminant s'est-il retrouvé à l'intérieur du circuit d'oxygène du *Cormorant*? Comment se fait-il qu'il n'ait pas été détecté? Comment a-t-on pu approuver l'utilisation du circuit d'alimentation en gaz de plongée? Voilà certaines des questions qui ont mené à la découverte de plusieurs problèmes concernant l'entretien du circuit d'oxygène.

#### Contamination du système

Le bouchon en PVC trouvé à l'intérieur du tuyau d'acier inoxydable avait probablement été oublié. Les tuyaux neufs sont livrés



**Fig. 3. Bouchon en PVC trouvé dans le tuyau de transfert non endommagé qui n'était pas pressurisé lors de l'explosion.**

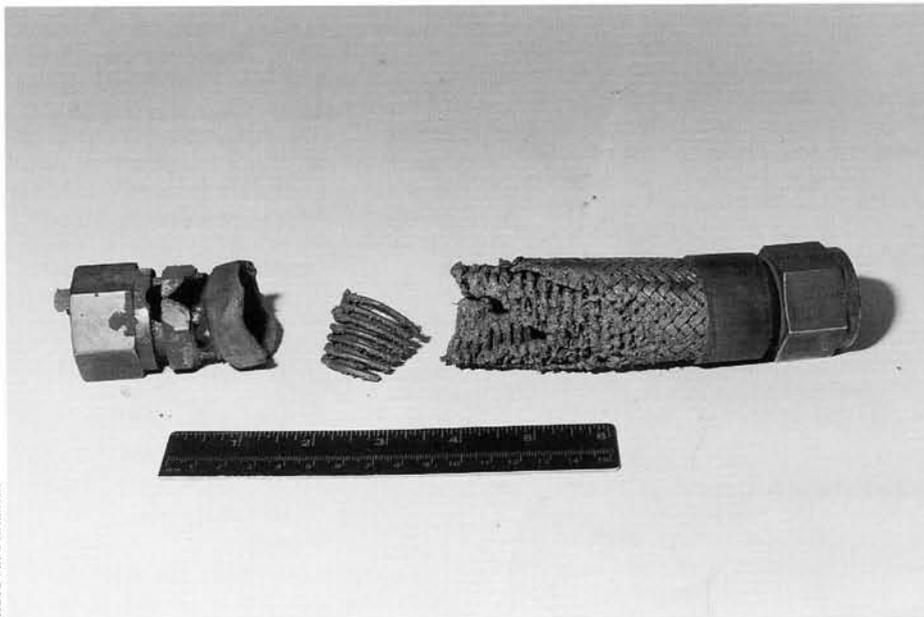
avec des bouchons pour les protéger de la contamination. Dans le cas présent, on a oublié un bouchon en PVC et le responsable de l'AQ ne s'en est pas aperçu.

Sur certaines conduites d'oxygène, on a relevé la présence d'une quantité excessive de graisse de silicone, substance dont l'usage sur les circuits d'oxygène n'est pas approuvé en raison des risques d'incendie associés à ses caractéristiques d'inflammation. (La seule graisse approuvée pour les circuits de plongée est la Christo-Lube MCG III.®) Il est possible que la graisse non approuvée

trouvée dans le circuit de gaz de plongée ait été introduite au cours des travaux de radoub ou d'entretien. Les travaux de maintenance courants du navire pourraient donc être la cause de la présence de cette graisse. L'enquête a découvert que la maintenance de premier échelon des circuits d'alimentation en gaz de plongée n'a pas été effectuée par le service technique, mais par des plongeurs qui ne sont pas toujours au fait des procédures techniques courantes concernant les essais et l'assurance de la qualité.

Pourtant, même si un circuit de gaz de plongée avait été contaminé au cours de travaux de maintenance, cela aurait dû être décelé par les vérifications et les essais du circuit. Malheureusement, ceux-ci n'ont pas été faits car les travaux sur le circuit d'oxygène du *Cormorant* n'étaient pas encore achevés à la fin de la période de radoub. La fiche d'inspection FC 1148 indique qu'aucun contre-essai n'a été réalisé en raison d'une défaillance, ni consigné comme ayant été effectué. Il convient de noter que l'essai de fonctionnement spécifié dans les travaux de radoub n'exigeait pas que les soupapes de détente soient soumises à des essais sur place. En conséquence, le fonctionnement de ces soupapes est vérifié à l'occasion du premier programme de maintenance semestriel ou, comme cela s'est produit, dès qu'une soupape de détente se soulève.

En dernière analyse, nous ne pouvons dire avec certitude qui est responsable de la présence du bouchon en PVC et de la graisse de silicone. Nous pouvons toutefois affirmer qu'il y a eu des lacunes sur le plan de l'assurance de la qualité, et que celles-ci sont attribuables à l'entrepreneur, au DSTFC, à l'URFC (A) ou au personnel du bâtiment. La production de matériel de réparation et de



**Fig. 4. Tuyau de transfert en acier inoxydable détruit au cours de l'explosion. Il servait à raccorder une soupape de détente à une conduite de récupération de l'oxygène soumis à une pression excédentaire.**

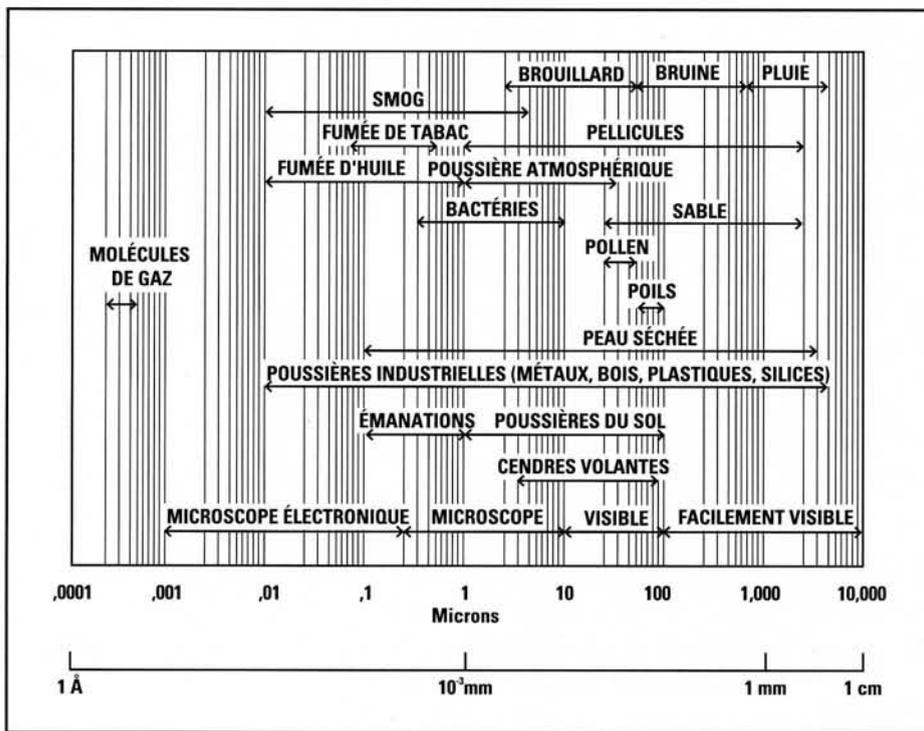


Fig. 5. Contaminants possibles du circuit d'oxygène.

maintenance incertain est également en cause. L'existence de ces lacunes témoigne d'une mauvaise connaissance, de la part de la communauté du génie maritime, des risques associés aux circuits d'oxygène.

### Réparations

Un mois après l'explosion, à la conclusion de l'enquête sommaire, l'UGN (A) avait préparé une instruction de 30 pages (qui ressemblait étrangement à l'instruction initiale concernant les travaux de radoub). Ce serait à L'URFC (A) d'effectuer ces travaux, tandis que les plongeurs du *Cormorant* seraient chargés de l'assurance de la qualité.

La procédure de base en matière de réparation et de révision des soupapes et des conduites consistait à :

- déposer les soupapes afin de les nettoyer;
- rincer les conduites en installant des raccords temporaires à l'emplacement des soupapes;
- réinstaller les soupapes sur les conduites;
- effectuer des essais de pression;
- prélever un échantillon de gaz;
- effectuer un essai de fonctionnement du circuit.

Une fois déposées, les soupapes ont été démontées et les composants de métal et de plastique séparés. Les composants de métal ont été nettoyés dans un bain ultrasonique contenant du fréon, puis tous les composants ont été lavés avec un détergent chirurgical et rincés à l'eau. On a inspecté les pièces sous

lumière noire afin de s'assurer qu'il n'y avait pas de traces d'hydrocarbures, puis elles ont été réassemblées et soumises à des essais de pression avec de l'azote ou de l'hélium purs. Finalement, des bouchons d'extrémité ont été posés et les soupapes ont été mises dans des sacs hermétiques de plastique épais auxquels on a attaché les étiquettes de certification. Les soupapes ont ensuite été retournées au bâtiment pour fins d'installation.

À bord du bâtiment, les conduites du circuit d'alimentation en gaz de plongée ont été rincées pendant 30 minutes avec du fréon, puis rincées à nouveau pendant 15 minutes avec du fréon frais. Un échantillon de fréon a par la suite été prélevé dans une boîte de Pétri et placé dans une salle blanche où on l'a inspecté sous lumière noire pour déceler la présence d'hydrocarbures. On a ensuite laissé le fréon s'évaporer pour permettre l'inspection visuelle, sous lumière noire, de la boîte de Pétri, afin de déceler toute trace de résidus. Après avoir certifié la propreté, on a purgé les conduites avec de l'azote gazeux chaud pour éliminer le fréon. Par la suite, les extrémités ont été recouvertes d'un bouchon et de plastique épais et on a fixé l'étiquette de certification.

On a réinstallé les composants nettoyés et on les a soumis à des essais de pression pour s'assurer de leur résistance et de leur étanchéité. Les essais se sont déroulés sans incident, sauf dans le cas de sur certains flexibles en téflon qui ont laissé des molécules d'hélium s'échapper. Bien qu'ils aient tous réussi l'épreuve de résistance, certains composants ont échoué l'essai d'étanchéité. Les flexibles de rechange n'ont pas donné de

meilleurs résultats, mais on s'en est quand même servi temporairement, ce qui a permis d'utiliser le circuit jusqu'à l'installation des flexibles de remplacement entièrement conformes cinq mois plus tard.

La dernière partie du processus de réparation consistait à envoyer un échantillon de gaz aux laboratoires Mann de Toronto pour fins d'analyse. À la lumière des résultats, l'IMCME a certifié que le gaz ne représentait aucun danger pour la plongée. Le personnel du bâtiment a examiné les documents de l'URFC (A) afin de s'assurer qu'ils étaient complets et que tout était en ordre pour la plongée. Celle-ci a eu lieu à la fin de mai 1993. Quelques jours plus tard, nous avons reçu un message nous avisant que l'essai de fonctionnement avait été couronné de succès, que rien n'avait sauté et que l'air était de bonne qualité.

### Problèmes

Le processus de réparation ne s'est pas effectué sans heurts. Premièrement, le fréon n'a pas permis l'enlèvement de la graisse de silicone. Il a donc fallu procéder au nettoyage chimique des soupapes et au nettoyage à la vapeur des conduites, ce qui a contribué à augmenter de beaucoup la durée des réparations.

Deuxièmement, même après l'élimination de la silicone, les premiers rinçages révélèrent encore des traces d'hydrocarbures. Après de nombreuses réflexions, on a conclu que le milieu de travail en était la cause première. Il semble que le circuit et les échantillons étaient exposés à une foule de contaminants potentiels (Fig. 5). Même si cette condition n'est pas spécifiée expressément dans les ITFC, il est logique d'aménager des endroits propres où l'on peut nettoyer les soupapes et rincer et éprouver les conduites. La propreté du circuit d'alimentation en gaz est essentielle si l'on veut fournir de l'air sain aux plongeurs et prévenir les risques d'explosion. Afin d'assurer la propreté du circuit, un certain nombre d'ITFC décrivent les exigences et les procédures générales relatives à l'entretien des circuits d'alimentation en gaz de plongée et au prélèvement des échantillons de gaz. Si l'on exige que le gaz soit pur, quel doit être le degré de propreté des soupapes et des conduites? Fondamentalement, très élevé. Ces éléments doivent présenter :

- aucune trace d'hydrocarbures;
- moins de 5 ppm de résidus dans le liquide de nettoyage;
- aucun résidu à l'intérieur des composants.

Il convient de souligner que même des particules de moins de 10 microns de diamètre (matière invisible) peuvent être source de contamination. Or, même l'essai au gant blanc standard du MDN ne permettrait pas de les déceler.

Une aire de travail désinfectée a donc été aménagée à bord du bâtiment. Complètement isolée, elle était alimentée en air filtré et pressurisée pour empêcher l'entrée des contaminants. L'agent de rinçage au fréon et les échantillons de fréon étaient soigneusement protégés contre toute forme de contamination. On a aussi aménagé une salle blanche à l'intérieur de l'édifice W7, à Dartmouth, qui comprenait une salle de travail à accès réservé, un établi et une installation pour les essais de pression. À la suggestion du personnel du *Cormorant*, la salle a été nettoyée conformément au mode de désinfection utilisé dans les salles d'opération des hôpitaux. L'accès était limité par des rideaux de plastique à toutes les entrées et par des écriteaux interdisant l'entrée. Toute personne pénétrant dans l'une ou l'autre des salles blanches devait porter une combinaison blanche non ouatée. Lorsque les opérations de rinçage ont repris, la contamination a disparu.

Finalement, nous avons manqué de réfrigérant (fréon) au cours du rinçage. En raison de tous les problèmes de contamination, l'URFC (A) a vite épuisé ses barils de 45 gallons. Qui plus est, les stocks de fréon étaient à peu près épuisés partout. Que faire? Nous pouvions utiliser du phosphate trisodique, mais nous estimions que les risques techniques étaient trop grands. Finalement, on a décidé de recycler le fréon. L'atelier de tuyauterie a construit un évaporateur maison en un temps record. Peu de temps après, la production a pu reprendre.

### Expérience acquise

Dans l'ensemble, l'expérience acquise est double : elle porte sur le cas particulier du *Cormorant* et sur les points qui s'appliquent à tous les circuits de gaz de plongée hyperbares. De façon générale, la plus grande leçon tirée de cet incident est liée à la nécessité de confier les travaux sur le circuit d'alimentation en gaz de plongée à un membre du personnel du *Cormorant* qui utilise et connaît bien ce circuit. Après tout, si la vie d'une personne dépend du bon fonctionnement du circuit, cette personne ne manquera pas d'examiner tous les aspects relatifs à la sécurité.

Compte tenu des dangers inhérents aux soupapes de détente haute pression, nous recommandons l'installation d'un écran de protection en acier autour des soupapes, ce qui permettra de réduire au minimum les blessures ou les dommages en cas d'explosion. Nous recommandons également que soit installé, à l'extérieur du compartiment, un dispositif qui permettra de couper l'alimentation en gaz des bouteilles. Au cours de l'incident, l'équipe de secours a dû pénétrer à l'intérieur du compartiment pour couper l'alimentation en gaz. La pression d'ouverture de la soupape de détente a aussi été examinée. Le fait qu'elle ne soit que de 50 lb/po<sup>2</sup>

supérieure à la pression maximale de 3 000 lb/po<sup>2</sup> constitue une marge beaucoup trop serrée, surtout que le manostat du compresseur s'enclenchait à une pression supérieure. La soupape de détente du circuit d'oxygène a été réglée à la pression de service plus 10 %, soit à 3 300 lb/po<sup>2</sup>. Ainsi, le compresseur sera mis hors circuit bien avant que la soupape soit prête à se soulever. En outre, celle-ci ne se soulèvera que si le fonctionnement du compresseur n'est pas interrompu.

L'explosion et les dommages résultant d'une opération courante, nous avons dû réexaminer les procédures d'entretien des circuits d'alimentation en gaz de plongée utilisées dans la marine canadienne. Les réparations effectuées sur le circuit du *Cormorant* ont été bien faites, grâce en grande partie au fait qu'un seul organisme, l'URFC (A), était responsable de tout ce qui touchait les réparations et la certification. Les membres de l'URFC (A) ont démonté le circuit, nettoyé les soupapes et les conduites, remonté le circuit, prélevé des échantillons d'air et certifié que le circuit était propre. De nombreux problèmes sont survenus au cours de l'étape de réassemblage, mais ils ont été résolus grâce aux efforts combinés de l'URFC (A), du personnel du *Cormorant*, du personnel de l'escadron, de l'Unité de plongée expérimentale de Toronto et de l'UGN (A).

Combien de temps a-t-il fallu consacrer à tout ceci? Les réparations ont duré six mois. Les enquêtes (technique et sommaire) se sont échelonnées sur un mois. Si les travaux ne s'étaient limités qu'à la réparation des dommages causés par l'explosion, environ un mois et demi aurait suffi. Mais il a fallu consacrer approximativement 3 mois et demi de plus aux travaux de réparation en raison de la forte contamination à la silicone.

Pourquoi tout cet intérêt pour les circuits d'alimentation en gaz de plongée? Premièrement, tous les navires et tous les sous-marins sont dotés de circuits d'alimentation en gaz pour les scaphandre autonome. Et contrairement à la croyance populaire, c'est l'officier des services techniques, et non les plongeurs, qui est chargé de l'entretien de ces circuits. Vous pourriez en fait être affecté à une équipe de plongée où votre première responsabilité serait non pas les moteurs de propulsion d'un navire de soutien d'opérations de plongée, mais le circuit d'alimentation en gaz de plongée. Alors, il faut se rappeler que la propreté est critique pour ces circuits.

### Remerciements

L'incident du circuit d'alimentation en gaz de plongée du *Cormorant* a fait ressortir certains besoins particuliers au chapitre des procédures d'entretien et de réparation. De notre avis, nous pouvions nous occuper de l'aspect technique, mais nous avions besoin d'une

personne qui pouvait mettre à profit les connaissances qu'elle avait acquises par l'expérience. Nous avions en fait besoin d'un plongeur qui pouvait effectuer le travail selon les règles de l'art. Nous avons trouvé deux personnes : le **lcdr Paul Morson**, de l'Unité de plongée expérimentale de Toronto, et le **lcdr Jack Copes**, de l'USN, qui a récemment joint les rangs du personnel du *Cormorant*. La collaboration et l'aide précieuse de ces deux officiers ont joué un rôle de premier plan au niveau des réparations et pour cela, nous les remercions. 🙏

### Références

- [1] "Manual on Fire Hazards in Oxygen-Enriched Atmospheres," NFPA 53M, National Fire Protection Association, Inc., 1 Batterymarch Park, Quincy, Ma, 1990, Table 5-4.
- [2] NFPA 53M, Table 5-2.
- [3] Centre de recherches pour la défense (Atlantique)/laboratoire du chantier naval 3715 PRIAL -3-1.994, 7 déc. 1992.
- [4] CRDA/LCN 3715 PRIAL-3-1.973, 4 déc. 1992
- [5] NFPA 53M, Table 5-2.
- [6] Diving general Memorandum 2/92/E DOMPR 2107 211207 jan. 92
- [7] American Society for Testing and Materials G93-88.



*Le lcdr Muzzerall (à gauche) est l'officier technique adjoint du groupe du CMOG1 à Halifax. Il a dirigé l'enquête sommaire visant à déterminer la cause de l'explosion du circuit d'oxygène à bord du NCSM Cormorant.*

*Stephen Dauphinee (au centre) est un ingénieur d'études de l'Unité de génie naval Atlantique. Il était en charge des travaux de réparation à bord du Cormorant.*

*Le lcdr Woodhouse (à droite) est l'officier technique du groupe du CMOG5. Il était responsable de l'enquête technique sur l'explosion du circuit d'oxygène à bord du Cormorant.*

# Le sondage le dit!

## *Nous avons les résultats de notre sondage d'octobre 1994. Voulez-vous que je vous en parle?*

Texte par Brian McCullough

«Encore plus de systèmes de combat!»

«À bat les systèmes de combat!  
Plus sur les systèmes maritimes!»

«Trop technique!»

«Pas assez professionnel!»

Vous êtes-vous déjà retrouvé au beau milieu d'une bataille d'oreillers? Lorsque nous avons commencé à recevoir les réponses au sondage que nous avons effectué en octobre dernier auprès de nos lecteurs, notre première réaction a été de nous mettre à l'abri. Surtout lorsque les as de la haute technologie de l'étage au-dessus de nos bureaux ont commencé à nous *faxer* leurs réponses. Heureusement, nous avons survécu à l'expérience et nous allons vous en parler.

Tout d'abord, nous avons été enchantés de la participation. Nous avons obtenu les commentaires d'un bon échantillonnage de nos lecteurs et avons reçu assez de fleurs et de pots pour nous tenir occupés pendant longtemps encore. Les répondants ont parfois laissé transparaître leurs couleurs, mais ils ont réussi à s'entendre sur quelques points importants. Nous avons constaté que la majorité des gens étaient satisfaits de la *Revue du Génie maritime*, mais qu'ils étaient prêts à nous sauter dessus en raison de notre distribution inefficace.

Parmi les 1 550 personnes à qui nous avons posté un exemplaire de la *Revue*, 303 ont pris le temps de répondre à notre questionnaire. De ce groupe, 53 (surtout des militaires de grades subalternes) ont retourné des questionnaires vierges, indiquant simplement qu'ils n'avaient jamais entendu parler du magazine (nous en prenons bonne note). Deux autres (un matelot de 1<sup>re</sup> classe et un lieutenant) exigeaient, dans un style plutôt lourdaud, la cessation immédiate de la publication par souci d'économie (ça aussi, c'est noté), mais n'avaient rien de constructif à dire.

Par conséquent, pour des raisons d'exactitude des résultats et d'équité à l'égard de ceux qui ont formulé des réponses éclairées, nous avons fondé le reste de nos conclusions sur les 248 autres réponses — ce qui reste un taux de participation impressionnant de 16 %. (Au cours de notre sondage de 1987, nous avions reçu 93 réponses pour 1 400 exemplaires postés, soit une participation de 7 %.) D'après ce que les gens nous ont dit dans le

questionnaire, nous avons estimé, de façon très *conservatrice*, que le nombre total de nos lecteurs se situait aux environs de 3 100 personnes, ou encore deux lecteurs pour chaque exemplaire posté.

### Qui a dit quoi dans le sondage

Les répondants à notre questionnaire provenaient des bases et quartiers généraux (58 %), des centres d'instruction (16 %), des chantiers maritimes et des navires (15 %). La plupart des autres travaillaient dans d'autres ministères du gouvernement et dans des bureaux de projet. Parmi les participants à notre sondage, il y avait 62 % de militaires, dont les trois quarts étaient des lieutenants et des lieutenants-commanders des groupes de la mécanique navale et du génie des systèmes de combat. Nos sous-officiers supérieurs étaient également bien représentés (23 %), la presque totalité d'entre eux étant des m 1 et des m 2 des métiers techniques du génie. Sur les 38 % de répondants civils, nous avons dénombré des ingénieurs (25 %), des technologues (18 %) ainsi que quelques gestionnaires de l'AQ, gestionnaires financiers, agents de projet, agents de soutien administratif et commis.

Sur le plan linguistique, 87 % des répondants lisent la *Revue* en anglais, 3 % en français et 7 % dans les deux langues (dans certains cas pour exercer leur français). Juste pour nous confondre, une personne, qui lit apparemment le magazine en français, a répondu au questionnaire en anglais. Une autre à l'esprit diabolique a fait le contraire — un soi-disant lecteur anglophone a rempli le questionnaire en français, indiquant du même coup qu'il n'était aucunement en mesure de juger de la qualité du texte français! Hum! (Parmi les 41 personnes qui ont évalué la traduction, 14 l'ont trouvée très bonne, 26 bonne et 1 mauvaise.)

### Contenu du magazine

L'intérêt manifesté par les lecteurs pour les diverses sections de la *Revue* était encourageant, l'une ou l'autre des sections étant lues en moyenne par 67 % des lecteurs. Étonnamment, 52 % des répondants ont indiqué qu'ils lisaient le magazine de début à la fin (un autre 12 % disaient le lire en entier, à l'exception d'un article ou d'une rubrique). Pour ce qui est des sections les plus populaires, près de la

moitié des répondants préféraient les articles (aucun sujet ne semble préféré), 21 % aimaient mieux le Bulletin d'information, 19 % appréciaient davantage la Tribune libre et 18 % optaient pour la Rétrospective. Quant aux autres sections, elles étaient cotées à 12 et 15 %. Même si la plupart des gens ont refusé d'indiquer une section *moins appréciée*, chacun de nos quatre articles de fond a reçu quelques claques.

Les lecteurs étaient généralement satisfaits de la complexité des articles; en effet, 70 % ont dit que les articles étaient parfaits, tandis que les autres prétendaient, à part égale, qu'ils étaient trop techniques ou trop généraux. De même, deux tiers des répondants se sont dit satisfaits des articles d'intérêt général, mais dans ce cas, la majorité des autres estimaient que le contenu non technique était trop futile. Les répondants étaient plus catégoriques (83 %) pour nous dire qu'ils aimaient la variété des articles dans chaque numéro.

À la question «À quelle fréquence devrions-nous publier?», les lecteurs ont eu diverses réponses allant de deux fois par mois (*ouille!*) à jamais (*peuh!*). Une personne a même suggéré de publier «aussi souvent que nécessaire». La réponse de loin la plus populaire était tous les trois mois (34 %), suivie de la fréquence actuelle, soit trois fois par année (19 %), puis une fois par mois (13 %) et six fois par année (10 %). En ce qui a trait aux frais d'abonnement, une *extrême* prudence était de rigueur. Cinquante-huit pour cent étaient carrément contre, tandis qu'un pourcentage surprenant de 30 % étaient d'accord pour payer de tels frais (compte tenu, bien entendu, du montant exigé).

Si vous croyez que le télescope spatial Hubble avait des problèmes d'optique, nous n'avons certainement pas fait un bon coup de relations publiques lorsque nous avons (ou plutôt j'ai) omis les civils et la plupart des groupes professionnels du génie chez les MR dans la liste des publics visés à la question 11. Un répondant vexé a alors refusé de poursuivre le sondage. Bien fait pour lui.

Ce que nous avons retenu à la fin, c'est qu'on aimerait bien que la *Revue* soit diffusée dans tous les secteurs du génie maritime, y compris le secteur commercial. On nous a demandé, tout particulièrement, d'inclure

plus d'articles et commentaires rédigés par (ou qui présentent un intérêt pour) les MR des métiers techniques et les entrepreneurs civils qui assurent un soutien en matière de génie maritime.

### Objectifs de la Revue

Nous sommes restés perplexes devant le nombre de gens qui nous ont demandé quels étaient les objectifs du magazine. Nous les publions dans chaque numéro. Peut-être est-ce comme les gens qui ne remarquent plus le papier peint après un certain temps. Quoiqu'il en soit, 68 % des répondants ont indiqué que les objectifs devraient demeurer inchangés, et 21 % n'avaient aucune opinion à ce sujet.

Plusieurs personnes nous ont dit que le magazine était trop superficiel sur le plan technique pour être une revue professionnelle de la branche du génie. Nous devrions avant tout chercher, comme nous le suggérait quelqu'un d'autre, à susciter l'intérêt, à faire connaître et à sensibiliser. Par ailleurs, certains proposaient d'élargir nos horizons, de façon à nous situer dans l'industrie et sur la scène internationale. D'autres recommandaient d'axer davantage la publication sur les MR qui constituent la majorité de la branche. Un ingénieur a même mis en doute la nomination d'un membre supérieur du G MAR au poste de rédacteur en chef. «Tant que le rédacteur en question sera un capt (M), écrivait-il, la Revue ne sera jamais une tribune libre, car les militaires de grades inférieurs se sentiront intimidés.» Dans une même veine, une autre personne a mentionné que nous n'offrons pas un forum adéquat où tous les points de vue semblent bienvenus — «trop de discipline de parti».

### La dure réalité

Il a été très instructif de demander aux lecteurs d'évaluer l'utilité de la Revue. Tandis que 67 % la trouvaient utile, 27 % signalaient qu'elle leur était presque d'aucune utilité. Certaines personnes n'aimaient pas notre choix de mots, affirmant qu'ils jugeaient le magazine plus éducatif qu'utile. (Nous aurions peut-être dû demander aux lecteurs d'évaluer l'importance de maintenir une revue.) Pour ce qui est des impressions générales, 17 % des gens se disaient Très favorables à l'égard de la Revue, 56 % étaient Favorables et 3 %, Défavorables. Ce qui nous ennuie, c'est que 19 % ont donné une réponse neutre. Si l'on replace le tout dans le contexte global du sondage, il semble évident que a) les gens veulent une revue plus d'actualité et plus axée sur le travail, et que b) notre distribution au petit bonheur nous tue.

Alors, qu'allons-nous faire? Ce qui compte, bien entendu, c'est d'améliorer la Revue pour vous, les lecteurs. Nous avons reçu bon nombre de suggestions, certaines très populaires et d'autres délicieusement contradictoires. L'aspect le plus impressionnant, à mon avis, était la profondeur de votre

intérêt pour la *Revue du Génie maritime*. Voici un échantillon de vos commentaires :

### Politique et production

- assurer une livraison régulière;
- décerner un prix pour l'«Article de l'année» afin de promouvoir l'excellence dans la rédaction d'articles;
- élargir la portée de la *Revue* de façon à représenter tous les GPM maritimes;
- faire davantage appel aux organisations maritimes commerciales et aux universités;
- rendre la *Revue* plus accessible et plus agréable à lire;
- adapter davantage le magazine aux grades subalternes (p. ex., créer des postes de MR rédacteurs techniques et une Rubrique des MR);

### Présentation

- assurer une publication électronique (courrier électronique ou CD-ROM);
- séparer les sections anglaise et française pour économiser de l'argent;
- s'inspirer d'autres revues comme *Journal of Naval Engineering*, *Proceedings*, les revues de l'IEEE, *Popular Science*;
- imprimer sur du papier recyclé ou des matériaux recyclables;
- utiliser plus de couleur et plus de photos;
- adopter un format tabloïd pour économiser de l'argent.

### Plus de nouvelles sur...

- mises à jour de projets, nouveaux développements dans l'industrie;
- tendances et problèmes dans le domaine du génie;
- calendriers des conférences et des colloques;
- changements organisationnels (p. ex., Opération Excelerate);
- intérêts propres à la branche (p. ex., formation des MR, analyse professionnelle du G MAR);
- qui fait quoi au sein du génie maritime canadien.

### Éditoriaux/Énoncés d'opinion

- établir des sections régulières pour les grandes organisations de génie et les conseillers des GPM;
- discuter plus ouvertement de sujets controversés — moins de niaiseries, moins de procédures;

- inciter les officiers supérieurs à rédiger plus d'articles sur l'orientation future;
- discuter davantage du leadership;
- créer une rubrique de questions et réponses.

### Articles

- aborder plus de questions d'intérêt professionnel (p. ex., études de cas);
- présenter des rapports sur des questions d'actualité en matière de politique technique;
- publier plus d'articles sur les systèmes des navires et sur le travail «salissant»;
- mettre davantage l'accent sur le génie et la gestion de projet;
- élaborer sur l'aspect historique de certains sujets techniques;
- publier plus d'articles sur les systèmes de combat et le génie logiciel;
- donner plus de place à l'humour (p. ex., caricatures ou photos drôles);
- publier des «Nouvelles de la mer»;
- publier des résumés de thèses de maîtrise.

### De façon générale...

- Ne faites rien — c'est déjà assez mauvais...;
- C'est formidable, continuez — ne changez rien;
- Finis les sondages!

Voilà, vous savez tout. Grâce à votre excellente participation, le comité de rédaction peut planifier l'avenir en prenant des décisions plus éclairées sur le but et l'orientation du magazine. Il ne s'agit que du deuxième sondage effectué auprès des lecteurs de la *Revue* en 13 ans d'existence. L'objectif que nous visons cette fois, c'est de réorienter la *Revue*, de façon à répondre aux besoins de la collectivité du génie maritime canadien en cette nouvelle ère de gestion financière plus responsable.

Au moment où vous lirez ces lignes, nous aurons déjà pris des mesures pour corriger notre problème numéro Un — la distribution. Il y aura forcément des pépins, mais avec votre aide et votre humeur toujours excellente, nous pourrions remettre la machine en marche le plus rapidement et le plus rondement possible. Merci de vos bons mots d'encouragement et aussi pour vos critiques mordantes. (Peut-être qu'un jour nous pourrions vous rendre la pareille.) Nous serons heureux de publier tous vos articles dans la *Revue*.

À la prochaine. 🍷

*Brian McCullough est chef de production pour la Revue du Génie maritime depuis 1985.*

# Élimination du brouillage au moyen d'un système de réception HF à antenne adaptative (HFAARS)

Texte par le Lt(M) Michael P. Craig

## Introduction

Les progrès importants en matière de traitement numérique des signaux (DSP) ont des conséquences sur tous les aspects des systèmes de combat militaires. Le débit plus élevé ainsi que la réduction des dimensions et de la consommation obtenus grâce aux circuits DSP ont permis le développement de sous-systèmes qui améliorent la performance globale des systèmes. Le système de réception haute fréquence à antenne adaptative (HFAARS) tire partie de ces avantages.

Les systèmes de réception à antenne adaptative annulent le brouillage du signal dans les communications radio. Le brouillage peut être causé par d'autres émetteurs fonctionnant sur la même bande de fréquences, par du bruit artificiel ou par des phénomènes naturels comme les orages électriques. Dans le domaine précis des communications militaires, le brouillage peut aussi prendre la forme de signaux brouilleurs émis par

l'ennemi. Le traitement adaptatif de signaux de réseaux d'antenne combat le brouillage en constituant un diagramme d'antenne composite qui réduit dans une grande mesure le gain dans la direction d'une source de brouillage et améliore le gain dans la direction d'origine d'un signal utile (fig. 1).

Dans la description simplifiée du système de la fig. 2, le signal provenant de chacune des antennes d'un réseau est reçu par des récepteurs HF indépendants, numérisé et transmis à un circuit DSP qui effectue le filtrage, le décalage de fréquence et la génération des données complexes. Les données filtrées sont ensuite examinées pour détecter le début du signal de communication et établir la synchronisation. Des valeurs de pondération sont calculées pour rehausser les caractéristiques de référence connues intégrées au signal de communication et éliminer par la même occasion les autres signaux (brouilleurs). Les valeurs de pondération

règlent la phase et l'amplitude de chacun des signaux provenant des antennes. À la fin, les signaux sont combinés de manière à annuler les signaux brouilleurs et fournir un rapport signal utile/signal brouilleur maximal.

## Recherche et développement au MDN

Le système de réception HF AN/FRQ-26 HF fabriqué par Andrew Corporation fait appel aux techniques adaptatives de suppression du brouillage en utilisant quatre récepteurs et antennes HF identiques. Il peut annuler le brouillage produit par un maximum de trois brouilleurs indépendants pour améliorer la réception de la Liaison 11 et des signaux en MDF (modulation par déplacement de fréquence). Ce système particulier (le seul de son espèce en production commerciale) a été acheté en 1991 dans le cadre d'un projet de R&D géré par DSCN 6, et parrainé et financé par le Chef de la recherche et du développement (CR Dév).

DSCN 6 a entrepris des recherches sur l'élimination du brouillage au milieu de 1990. Il avait pour objectif l'étude et le développement d'un système d'antenne HF perfectionné au Centre de recherches sur les communications (CRC) à Shirley's Bay, près d'Ottawa. Jusqu'à présent, les techniques de traitement des signaux et le logiciel temps réel ont été développés principalement pour l'usage de la Marine. Il a été démontré que ce système peut assurer des communications fiables dans la bande HF en présence d'à peu près tout type de brouillage naturel ou intentionnel. Les techniques de traitement peuvent s'étendre à d'autres applications militaires ou civiles, comme la radio cellulaire mobile terrestre.

Le projet de recherche et développement du HFAARS s'est poursuivi en se concentrant sur le développement d'algorithmes DSP de défense contre les systèmes brouilleurs intelligents afin de maximiser les débits de données HF dans des environnements hostiles. Les travaux menés jusqu'à présent au CRC ont produit des algorithmes DSP mis au point pour tirer parti des protocoles spécifiques de transmission de données en HF servant dans les communications avec des unités amies. L'objectif visé est de détecter le début d'un signal de communication ami et de synchroniser automatiquement le

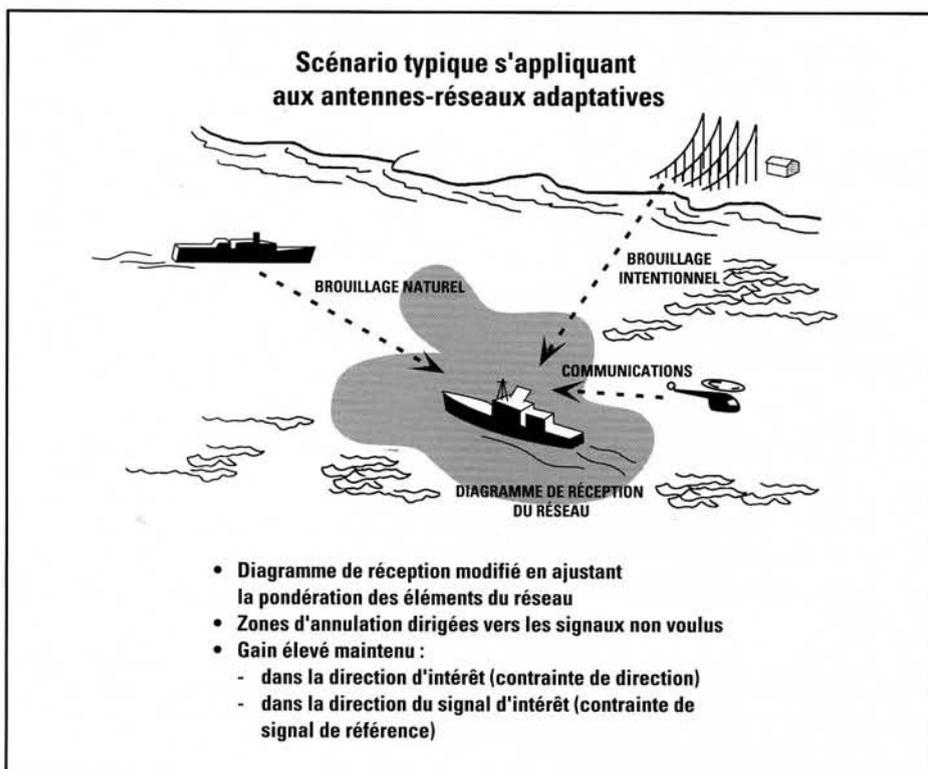


Fig. 1. Scénario typique s'appliquant aux antennes-réseaux adaptatives

matériel récepteur en temps réel dans un environnement hostile. Les messages sont ensuite séparés des signaux brouilleurs, démodulés et décodés.

Deux protocoles de communication HF récemment élaborés ont été choisis pour le développement des algorithmes et du logiciel. Ce sont la forme d'onde STANAG 4285 de l'OTAN et la forme d'onde Mil-Std-188-110A des États-Unis. Ce sont toutes deux des formes d'ondes tonales série pour la transmission numérique de données qui sont conçues pour tirer parti du codage optionnel pour la correction d'erreurs. Les algorithmes anti-brouillage développés par le CRC aux fins de systèmes HFAARS comportent les procédures de traitement fondamentales suivantes :

- détection du signal de communication et établissement de la synchronisation;
- élimination des signaux brouilleurs de diverses formes d'ondes, y compris les signaux à variation temporelle et le brouillage impulsif;
- désimbrication des données et du code correcteur d'erreurs;
- démodulation et décodage.

Les travaux menés jusqu'à présent sur le système HFAARS ont permis d'améliorer la réception de la forme d'onde STANAG 4285 en présence de divers types de brouillage. La plus grande part de la recherche a porté sur l'élaboration d'algorithmes logiciels et sur l'amélioration du matériel de traitement numérique des signaux. L'augmentation de la puissance de traitement a pour conséquence que le système peut reconnaître automatiquement la forme d'onde STANAG 4285 et rejeter d'autres signaux brouilleurs sans intervention humaine. Le système HFAARS a été testé en présence des signaux brouilleurs suivants : signaux à tonalité fixe, à compression d'impulsion, à bruit continu et à bruit pulsé.

L'environnement naval présente des exigences très élevées en matière de systèmes de réception à antennes adaptatives. Le système doit pouvoir s'adapter rapidement aux mouvements du navire qui tendent à éloigner le point d'annulation du diagramme d'antenne de la source de brouillage. Les harmoniques RF et les bruits d'intermodulation générés par le navire ajoutent à la complexité de cet environnement. En outre, la direction d'origine des signaux brouilleurs et des bruits du navire est pratiquement inconnue et elle peut changer rapidement. Les signaux non voulus peuvent aussi être considérés comme non statiques du point de vue statistique — c'est-à-dire qu'ils peuvent se comporter comme du bruit impulsif.

Lors d'essais sur le terrain, les algorithmes de traitement des signaux élaborés au CRC ont permis d'atteindre des taux très élevés de détection des signaux ainsi que des taux très faibles d'erreurs sur les bits en présence des

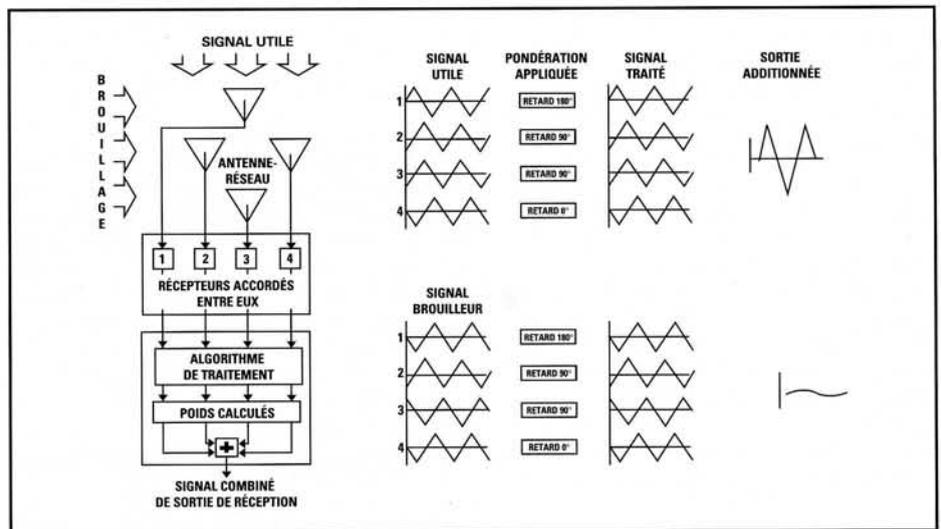


Fig. 2. Description du système — traitement d'une antenne-réseau adaptative

brouillages les plus nuisibles (c.-à-d. des rapports signal brouilleur/signal utile dépassant 30 dB). Parmi les divers types de brouillage, le brouillage par bruit impulsif est considéré comme l'un des plus graves et des plus difficiles à combattre.

Les quatre récepteurs du HFAARS sont bien accordés en phase et en amplitude, une caractéristique essentielle à l'efficacité de la suppression du brouillage. Le cœur de ce système est un processeur DSP programmable. Ce DSP est le lieu du traitement adaptatif en temps réel du signal et des données. Le matériel initial du HFAARS fourni par Andrew comportait des transputers pour assurer le traitement des signaux. On les a toutefois remplacés par un seul processeur de signal numérique TMS320C40 (C40 en court) de Texas Instruments. Bien que les algorithmes relatifs au STANAG 4285 n'exigent qu'un seul C40, des algorithmes à venir exigeant une plus grande puissance de traitement pourront être satisfaits en ajoutant tout simplement d'autres CI C40.

#### Techval S/859 à bord du NCSM Saskatchewan

À la fin de 1993, la recherche sur le système HFAARS avait suffisamment progressé pour qu'on envisage une évaluation technique (TECHVAL) à bord d'un navire. Cette évaluation visait à valider les travaux effectués au CRC et à déterminer quels autres travaux seraient nécessaires pour transformer ce système en un produit final. En février 1994, on a donc procédé à la TECHVAL (S/859) du HFAARS pendant une semaine à bord du NCSM *Saskatchewan*. Cette évaluation technique a été faite à quai et en mer dans les îles Gulf et le détroit de Géorgie. Le NCSM *Restigouche*, agissant à titre de navire ennemi brouilleur, et la SFC Aldergrove (à Matsqui), qui émettait les signaux du message-source, ont collaboré à cette évaluation.

L'évaluation technique a démontré que le HFAARS peut donner un bon rendement dans un environnement opérationnel hostile au moyen des antennes existantes du navire en exécutant l'algorithme antibrouillage pour la forme d'onde STANAG 4285. Elle a aussi démontré que l'algorithme MDF antibrouillage accroît considérablement les performances en présence d'un signal brouilleur. Il faut savoir que c'était la première fois que la SFC Aldergrove émettait des messages à un débit de 2400 bauds à une unité opérationnelle en mer. L'utilisation de formes d'ondes tonales série (c'est-à-dire la fonction modem RF-5710) avec le HFAARS accroîtra grandement la fiabilité et le débit du trafic de messages en mer.

#### L'avenir du HFAARS

Les travaux de développement à venir accroîtront les possibilités du HFAARS en élaborant de nouveaux algorithmes qui assureront notamment la mise à jour des fonctions antibrouillage s'appliquant à la MDF et à la liaison 11, ainsi que l'amélioration de la réception de la nouvelle forme d'onde Mil-Std-188-110A. L'amélioration de la réception des signaux HF reçus par des trajets de propagation par onde ionosphérique, avec les déformations par étalement Doppler et les retards de propagation par trajets multiples qui leur sont associés, est aussi prévue.

Les algorithmes et le logiciel actuels sont conçus pour tourner avec le système de réception HF à antenne adaptative AN/FRQ-26 de la Andrew Corporation. Ce système est utilisé au CRC comme banc d'essai pour évaluer la performance des algorithmes et logiciels de traitement des signaux en laboratoire, mais son encombrement est trop grand pour ses possibilités et il utilise une technologie du DSP quelque peu dépassée (il utilise des transputers). Il apparaît évident qu'une nouvelle architecture matérielle sera requise pour

l'exécution des nouveaux algorithmes. Comme le nouveau logiciel est écrit en langage C, il serait logique de lui apporter les légères modifications nécessaires pour le porter à d'autres plate-formes de traitement des signaux semblables.

Grâce à la nouvelle technologie électronique, les versions futures du système de réception à antenne adaptative seront beaucoup plus petites et moins onéreuses. La nouvelle norme VXI (extension VME pour appareils), une version RF de l'architecture de bus VME, est l'architecture hôte envisagée pour les circuits DSP C40 comportant les algorithmes antibrouillage. Le marché offre aujourd'hui des modules de récepteur HF, des modules DSP comportant les CI C40 et des contrôleurs d'ordinateurs à base de 486, qui sont tous compatibles VXI. Si ce type de

matériel est utilisé, les travaux de développement consisteront à effectuer l'intégration logicielle de ces modules et à implanter les algorithmes de réception adaptatifs.

Un contrat a été conclu récemment avec SED Systems de Saskatoon en vue de fabriquer un prototype de système HFAARS (basé sur l'architecture VXI). Les travaux effectués dans le cadre de ce contrat devraient être terminés pour le début de 1996. Il y aura ensuite des évaluations opérationnelles de ce prototype qui dureront jusqu'à 6 mois et qui tiendront compte de la réaction des usagers. Il est ensuite prévu d'acheter des unités «de production» pour chacun des principaux navires de guerre. Le système de réception à antenne adaptative pourrait vraisemblablement évoluer en un système radio multivoies, multibandes et multifonctions entièrement

programmable. Un tel système satisferait la plupart des besoins en matière de communications navales de temps de paix et de guerre jusqu'à une période avancée du siècle à venir. 🗨️



Le Lt(N) Craig est l'officier de R&D pour DSCN 6.

## Coin de l'environnement

### L'hydrogène sulfuré : un compagnon mortel

Texte par le Lt(M) K.W. Norton

La plupart des ingénieurs navals connaissent bien les dangers que constituent les espaces confinés. Toutefois, une nouvelle menace est apparue à la suite de la mise en application, à l'échelle nationale et internationale, de règlements sur la prévention de la pollution. Les changements apportés aux modes opératoires et l'installation de systèmes d'épuration des eaux-vannes, des eaux grises et des eaux mazouteuses en vue de satisfaire à ces exigences ont accru les risques de dégagement d'hydrogène sulfuré toxique ( $H_2S$ ).

La plupart des gens connaissent bien l'odeur «d'œufs pourris» associée à l'hydrogène sulfuré, mais seules quelques personnes sont conscientes des dangers que représente ce produit. La USN, la RAN ainsi que des organismes civils ont fait état de cas de mortalité à la suite de l'inhalation de  $H_2S$ . Lors d'un accident survenu récemment sur le navire de soutien de maintenance NASM *Stalwart*, du  $H_2S$  provenant d'un réservoir d'eaux mazouteuses a entraîné la mort par asphyxie de trois marins et l'hospitalisation de 56 autres.

L'hydrogène sulfuré, un gaz asphyxiant, est produit lorsque du sulfure de fer réagit avec de l'acide sulfurique ou chlorhydrique dilué. Ce gaz est aussi formé lors du métabolisme anaérobie par des bactéries sulfatoréductrices de

constituants soufrés de matières organiques telles que produits pétroliers, détergents, eaux d'égout, résidus d'aliments et produits chimiques de traitement. De telles conditions anaérobies peuvent exister à l'interface entre l'eau et des matières organiques dans des milieux aussi divers que du pétrole, des combustibles et des eaux d'égout. On trouve couramment des bactéries sulfatoréductrices dans l'environnement marin et, ainsi, dans le fond de cale des navires, mais plusieurs facteurs importants doivent être réunis pour que ces bactéries soient présentes en grandes quantités :

- a. La croissance des bactéries sulfatoréductrices n'est possible que dans un milieu anaérobie, c'est-à-dire un milieu dépourvu d'oxygène. Dans un environnement riche en matières organiques biodégradables, de telles conditions peuvent être facilement et rapidement atteintes par la multiplication de bactéries aérobies qui consomment de l'oxygène.
- b. Pour assurer la croissance des bactéries sulfatoréductrices, il faut aussi une quantité suffisante de sulfate (ou d'une autre forme de soufre réductible). Comme le sulfate est un important constituant des sels présents dans

l'eau de mer, on en trouve normalement de grandes quantités dans l'eau de cale et dans les systèmes d'eaux-vannes fonctionnant par gravité. Toutefois, il y a lieu de noter que la limite supérieure des risques associés au  $H_2S$  dépend de la quantité de soufre utilisable présent.

- c. La croissance des bactéries sulfatoréductrices et d'autres bactéries dans des eaux usées exige aussi la présence d'une source de carbone oxydable pour assurer les besoins en énergie et en matière cellulaire. Les détergents biodégradables présents dans les eaux de cale et les systèmes d'eaux-vannes peuvent satisfaire à ces besoins, soit directement soit indirectement par dégradation partielle par d'autres bactéries présentes dans les eaux usées.
- d. D'autres substances secondaires, dont des phosphates, des minéraux présents à l'état de traces et des vitamines, sont également essentielles à la croissance des bactéries. Ces substances peuvent pénétrer dans les eaux de cale et les systèmes d'eaux-vannes par l'addition de produits chimiques, comme des nettoyants et des détergents, et par le rejet de résidus d'aliments et de déchets.

	<b>0,05 ppm</b>	<b>odeur perceptible</b>
	<b>0,10 ppm</b>	<b>irritation des yeux et des voies respiratoires supérieures</b>
	<b>10 ppm</b>	<b>limite d'exposition (TLV, exposition de 8 heures)</b>
	<b>30 ppm</b>	<b>odeur très prononcée mais toujours supportable</b>
	<b>50 ppm</b>	<b>la personne exposée se plaint d'irritation des yeux, halo autour des sources lumineuses, maux de tête, perte de l'odorat, nausées, sensation d'âpreté dans la gorge, toux et difficultés respiratoires</b>
<b>ZONE DANGEREUSE</b>	<b>150 ppm</b>	<b>une fatigue olfactive apparaît rapidement (perte de l'odorat)</b>
	<b>300 ppm</b>	<b>évanouissement après une exposition de quelques minutes</b>
	<b>500 ppm</b>	<b>évanouissement rapide après seulement quelques respirations, stimulation du centre de la respiration et respiration rapide</b>
	<b>600 à 1000 ppm</b>	<b>arrêt respiratoire et évanouissement après une seule respiration</b>
	<b>4300 ppm et plus</b>	<b>risque d'explosion — température d'inflammation : 500°F</b>

**Tableau 1 : Effets de diverses concentrations d'hydrogène sulfuré**

En général, il faut plusieurs jours avant qu'il n'y ait dégagement d'hydrogène sulfuré; la vitesse de production de H<sub>2</sub>S augmente rapidement par la suite. Le temps qu'il faut pour atteindre des conditions anaérobies (et pour que le risque de dégagement de H<sub>2</sub>S soit accru ultérieurement) est plus court lorsque la température est élevée, la plupart des activités microbiennes étant favorisées à une température comprise entre 20 et 40 °C. Une pellicule microbienne s'accumule à la surface au fur et à mesure que les bactéries sulfatoréductrices se multiplient. Cette pellicule crée un environnement de plus en plus anaérobie en raison de la consommation d'oxygène par les bactéries aérobies, même si la plus grosse partie du mélange est oxygéné. Cette désoxygénation peut se produire à l'interface entre l'eau et la matière organique.

Actuellement, les eaux mazouteuses et les eaux-vannes sont couramment conservées sur les navires pendant des périodes de beaucoup supérieures au temps nécessaire pour produire du H<sub>2</sub>S. De plus, les eaux de cale, les réservoirs d'eaux-vannes et d'eaux grises, ainsi que les eaux mazouteuses et les réservoirs dans lesquels elles sont stockées constituent des milieux idéals pour la croissance des bactéries sulfatoréductrices. On sous-estime le risque de dégagement de gaz par perturbation de ce dépôt à ces endroits.

L'hydrogène sulfuré est plus lourd que l'air et peut s'accumuler en concentrations

élevées dans les endroits mal ventilés. Le H<sub>2</sub>S n'est pas toxique en faibles concentrations (< 10 ppm), mais son odeur désagréable caractéristique d'œufs pourris dégrade gravement la qualité du milieu de travail à ces faibles teneurs. Malheureusement, l'odeur n'est pas un bon indice de la présence de concentrations toxiques de H<sub>2</sub>S dans l'air. Comme le montrent les données du *tableau 1*, l'odorat ne permet pas (en raison de la paralysie olfactive que provoque cette substance) de déceler l'hydrogène sulfuré en concentrations constituant un grave danger de toxicité pour le personnel. Les nerfs olfactifs deviennent rapidement fatigués et ne réagissent plus aux concentrations modérées. La présence de cette odeur dans l'air ne doit pas être prise à la légère dans les endroits où le H<sub>2</sub>S peut atteindre des concentrations élevées ou dans les cas d'accidents où il y a eu asphyxie à la suite d'inhalation d'hydrogène sulfuré. Il y a lieu dans ces cas de procéder à des prélèvements à l'aide d'appareils de contrôle appropriés pour déterminer l'importance du risque.

La réduction au minimum de la quantité d'hydrogène sulfuré dégagée par des déchets stockés à bord des navires est essentiellement un problème «d'entretien ménager» dont la meilleure solution est la prévention. L'incidence de H<sub>2</sub>S sera d'autant plus contrôlée si les eaux usées ne favorisent pas la présence des bactéries sulfatoréductrices. Le nettoyage des cales à l'aide uniquement de nettoyants *approuvés* constitue la meilleure façon de

minimiser la production de H<sub>2</sub>S dans ces endroits. La plupart des détergents contiennent les éléments nutritifs nécessaires à la croissance des bactéries sulfatoréductrices. On ne doit pas, et cette exigence est très importante, stocker des eaux mazouteuses pendant des périodes plus longues qu'il ne le faut, surtout lorsqu'il fait chaud.

Bien entendu, le fond de cale n'est qu'un endroit parmi d'autres où il peut y avoir production d'hydrogène sulfuré. Ce gaz peut aussi se former dans les ballasts, ainsi que dans les réservoirs et les conduites de combustible et d'huile de graissage. On a même signalé un cas où il y a eu formation d'hydrogène sulfuré dans le carter d'un moteur diesel. Les réservoirs d'eaux usées sont très susceptibles à cet égard, car on y retrouve les conditions idéales à la formation d'une couche de boue. Il est absolument essentiel de suivre à la lettre les instructions d'entretien préventif relatives au rinçage et à la vidange de ces réservoirs.

Pour éviter les situations dangereuses, il faut faire preuve de bon sens et posséder une connaissance approfondie des dangers que constitue l'hydrogène sulfuré. L'application de bonnes mesures d'entretien et de méthodes établies pour pénétrer dans des espaces en étant muni d'un appareil respiratoire non de type Chemox, ainsi que l'utilisation d'un détecteur de gaz, comme le détecteur Exotox-50, assureront un bon niveau de protection. 🚫

## Références

- [1] RAdm R.R. Calder, RAN, *Understanding the Dangers and Causation of Hydrogen Sulfide*, CNE 1281/85, 12 décembre 1985.
- [2] Cdr M.H. Hall, RAN, *Toxic Gas Accident in HMAS Stalwart*, DTSN 27/86, 19 mars 1986.
- [3] C-03-005-033/AA-000, NEM vol. I, part 4, sect. 1, ch. 3.
- [4] Dr. K.C. Hodgeman et al., *Hydrogen Sulfide Generation in Shipboard Oily-Water Waste*, Annexe C du compte-rendu de l'IEP/ABCA/3, 1991.
- [5] *Something Nasty in the Crank Case*, Marine Engineering Newsletter, septembre 1994.

*Le Lt(N) Norton est l'ingénieur de projet DGME 5 pour les systèmes de déchets liquides.*

## NCSM *Fraser* — Dernier navire de classe ISL

*Lorsqu'il a été condamné, le 5 octobre 1994, le Fraser était le dernier des sept escorteurs rapides canadiens de la classe Saint-Laurent à être retiré du service. Toutefois, grâce aux efforts d'un groupe de protection du patrimoine, le Fraser pourrait entreprendre à Kingston une nouvelle carrière de navire historique.*

Texte par Brian McCullough

Le monde est en constante évolution et les navires n'échappent pas à cette règle. Au mois d'octobre dernier, la Marine canadienne a tourné la page d'un important chapitre de son histoire, lorsque le NCSM *Fraser*, dernier des escorteurs rapides de classe *Saint-Laurent*, a été définitivement condamné après 37 ans de service. Portant des noms de fleuves et de rivières du Canada, le *Fraser*, navire de 2 400 tonnes (DDH 233), et ses six navires-jumeaux, à savoir le *Saint-Laurent* (205), le *Saguenay* (206), le *Skeena* (207), l'*Ottawa* (229) le *Margaree* (230) et l'*Assiniboine* (234), ont été les premiers navires de guerre d'importance conçus et construits au Canada.

Lors de leur mise en service dans la Marine royale du Canada, au milieu des années 1950, les navires de la classe *Saint-Laurent* étaient considérés comme des bâtiments de surface GASM à la fine pointe de la technologie. Leur vitesse, leurs sonars de conception canadienne et leur armement GASM (mortiers et torpilles) les plaçaient dans une classe à part. Grâce à leur citadelle pressurisée étanche aux gaz et à leur coque arrondie unique, ils pouvaient survivre et demeurer opérationnels pendant une guerre nucléaire ou biologique.

Au début des années 1960, ils ont été convertis pour transporter un hélicoptère *Sea King* et équipés d'un sonar à immersion variable, ce qui a augmenté de beaucoup leur efficacité anti-sous-marine. Rebaptisés «DDH améliorés de classe *Saint-Laurent* (ISL)», ces navires sont la preuve manifeste que le Canada a réussi à jumeler de petits navires et de gros hélicoptères de guerre anti-sous-marine.

Bien que le NCSM *Saint-Laurent* ait été déclaré excédentaire en 1974, les autres navires de cette classe sont toutefois demeurés en service pendant des décennies. Au début des années 1980, ils ont bénéficié du Programme de prolongation de la vie des destroyers



**Sur cette photo du NCSM *Saint-Laurent*, probablement prise en 1956, on remarque les affûts des mortiers tritubes GASM *Limbo* reposant horizontalement et immobilisés en position de chargement dans le puits arrière ainsi que l'absence d'abris de canon en fibre de verre sur les tourelles des canons avant et arrière.**

# Rétrospective

(Delex) en attendant que les frégates de patrouille de classe *Halifax* intègrent la flotte. Lors de la mise en service des nouvelles frégates, les navires de classe *ISL* ont été condamnés l'un après l'autre.

Aujourd'hui, le *Fraser* est le dernier bâtiment intact de sa classe. À l'exception du *Saguenay* qui, au début de l'année dernière, a été dépouillé de son équipement et coulé près de Lunenburg, en Nouvelle-Écosse, pour servir d'épave pour les plongeurs, les autres bâtiments de classe *ISL* ont été condamnés ou sont sur le point de l'être.

Pour Dave Matts, directeur de la Canadian Naval Heritage Foundation pour la grande région de Kingston, la situation s'est avérée quelque peu frustrante. Depuis des années, la Fondation cherche à éviter que

l'un de ces prestigieux navires tombe entre les mains des démolisseurs et désirerait qu'il soit exposé à Kingston à titre de monument du patrimoine. Le groupe est finalement parvenu à conclure un accord de prêt pour l'achat du *Fraser* au montant de 200 000 \$. À l'heure actuelle, l'accès au navire est interdit afin que soient préservés les artefacts. La Fondation devra réunir la somme de 100 000 \$ pour remorquer le destroyer jusqu'à Kingston.

«Nous progressons lentement», d'affirmer Matts. «Plus tôt le *Fraser* sera à Kingston, plus tôt les gens pourront le visiter et plus tôt l'argent commencera à rentrer».

Une vocation de navire historique constituerait une fin de carrière honorable pour le *Fraser*. Dernier représentant de l'illustre classe *Saint-Laurent*, le *Fraser* ferait partie

du petit groupe privilégié des navires de guerre historiques canadiens préservés. Ce groupe compte la corvette *Sackville*, à *Halifax*, le destroyer de classe tribal *Haida*, à *Toronto*, et l'hydroptère *Bras d'Or*, à Bernier, au Québec. Comme le souligne Dave Matts, «Le *Fraser* est le dernier navire de la classe *Saint-Laurent*, d'où son importance». 🚢

*C'est à titre de jeune officier de la réserve navale qu'au printemps 1976 Brian McCullough se joignit, à Montréal, au personnel du NCSM Margaree afin de recevoir un stage de familiarisation de deux semaines. Ce stage se fit à la dure puisqu'à ce moment le navire était captif des glaces et l'équipage était atteint par une épidémie de grippe qui dura 48 heures.*



Le NCSM *Fraser* (233) et le *Margaree*, une année ou deux après leur conversion en destroyers porte-hélicoptères, au milieu des années 1960. Ces escorteurs de la classe *Saint-Laurent* étaient, au moment de leur construction dans les années 1950, des bâtiments de surface GASM à la fine pointe de la technologie.

## Nouveau modèle de boîtes pare-éclats de LCA

Bientôt, des boîtes pare-éclats de LCA améliorées seront disponibles sur les navires de guerre canadiens. Ces boîtes en composite verre-résine seront construites d'après un modèle conçu au Canada à partir d'un concept de la Marine royale.

Les équipes de LCA des navires de guerre utilisent des boîtes pare-éclats pour boucher les trous que laissent les projectiles et les obus dans la coque, les ponts et les cloisons et ainsi réduire au minimum les risques d'invasion des compartiments. Les boîtes pare-éclats en acier actuellement utilisées dans la Marine canadienne sont de forme carrée et présentent les dimensions suivantes : côtés variant de 305 à 457 mm; hauteur de 150 mm; poids variant de 15 à 29 kg.

La Marine royale s'est aperçue, après avoir utilisé des modèles similaires pendant la Guerre des Malouines, que les boîtes pare-éclats en acier étaient lourdes et difficiles à manipuler, surtout lorsqu'elles sont remplies d'eau en raison d'une mer agitée. Forte de cette expérience, la Marine royale s'est employée à mettre au point des boîtes pare-éclats en composite verre-résine plus légères, tirant avantage de l'excellent rapport résistance-poids de ce matériau.

Un prototype élaboré à partir du concept de la Marine royale a été fabriqué et mis à l'essai par l'École du génie naval des Forces



PHOTO DU CETM PAR MICHAEL BERGIN

**Fig. 1. Ces nouvelles boîtes pare-éclats en composite verre-résine comportent de nombreuses améliorations par rapport au modèle en acier actuellement utilisé pour la lutte contre les avaries à bord des navires.**

canadiennes d'Esquimalt/ÉGNFC(E). À la lumière de la première évaluation, le concept, bien que nécessitant d'autres améliorations, est supérieur aux modèles en acier actuels. Le DMGE 4 a demandé au CETM (Centre d'essais techniques [Mer]) de Lasalle, au Québec, de raffiner le concept en évaluant le prototype et en y incorporant d'autres caractéristiques souhaitables.

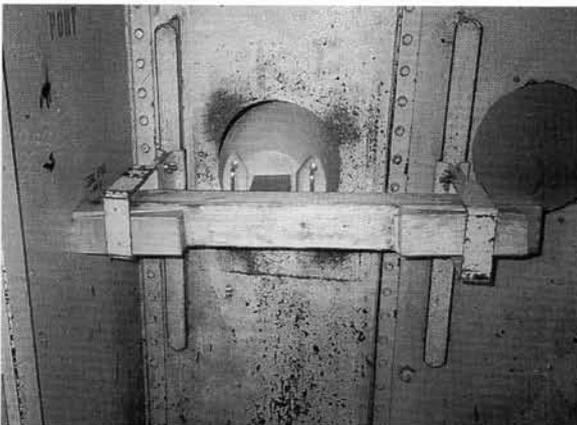
Un concept préliminaire de boîtes pare-éclats améliorées a été mis au point et les premiers prototypes ont été fabriqués et mis à l'essai au CETM. Les essais opérationnels à échelle réelle ont été effectués aux Divisions de l'organisation sécurité de l'ÉGNFC(E) et de l'ÉGNFC(H). À la suite de ces essais, d'autres améliorations ont été apportées, ce qui a permis d'incorporer au produit final la plupart des caractéristiques souhaitées par le DMGE 4, le personnel de LCA de l'ÉGNFC et le CETM.

Les boîtes pare-éclats viennent en quatre grandeurs et peuvent être dotées de deux types de dispositifs de fixation (Fig. 1).

Les boîtes pare-éclats ont un diamètre variant de 250 à 550 mm, un poids de 3 à 8,5 kg et sont arrimées par paires emboîtées. Elles sont munies de poignées encastées, d'une surface antidérapante et de joints étanches profonds et souples qui se remplacent facilement.

Selon le cas, les boîtes sont retenues en place par des épontilles en bois classiques (Fig. 2) ou par l'un des autres dispositifs de fixation pour lesquels elles sont configurées. Il y a tout d'abord le dispositif à boulons à ailettes, qui comprend une traverse pivotante, un boulon et un écrou papillon. Le deuxième dispositif, celui à courroie de fixation, comporte une courroie d'arrimage (dotée d'un tendeur à cliquet) munie de têtes de crochet en acier antidérapantes.

Les nouvelles boîtes pare-éclats plus légères se sont révélées faciles à manipuler, sans compter qu'elles s'installent rapidement. Elles sont adaptables et, dans bon nombre de cas, une seule personne peut les installer. Les nouvelles boîtes pare-éclats en composite verre-résine devraient commencer à être fournies à la flotte au début de 1996. Colin Smith, chargé de projet, Section MSI, CETM, et lcdr A.-J. Lafrenière, DMGE 4-2. 🇨🇦



**Fig. 2. Une boîte pare-éclats en composite verre-résine de 350 mm faisant l'objet d'une évaluation à la Division de l'organisation sécurité de l'ÉGNFC(E).**

PHOTO DU CETM PAR COLIN SMITH



## *Le prix CAE*

Le stt Dan Riis (DGSM 6) reçoit le prix CAE de M. Bill Grayson, Directeur des Relations d'affaires pour CAE Ottawa, pour souligner son succès académique en génie des systèmes maritimes. (Photo par le lt(M) Chuck Doma).

## *L'ingénieur et la princesse*

Son Altesse Royale la princesse Diana escortée en juin 1994 par un ingénieur maritime canadien lors de la cérémonie d'inauguration au monument commémoratif canadien de Londres. Le lcdr Ted Dochau (D Gén M 9), un ingénieur des systèmes maritimes, a passé quatre mois en Angleterre comme adjoint spécial pour le capt(M) E. Davie, conseiller maritime au ELFC(L), afin de coordonner les activités du Jour-J en Angleterre.



NUNN SYNDICATION PHOTO

## Distinctions

Nous tenons à féliciter les personnes suivantes dont les efforts remarquables ont été soulignés par le Canada, le Chef de l'état major de la Défense, le SMA(Mat) ou le DGGPEM.

**John Porter** et **Danny Morehouse**, du CRDA, pour les travaux effectués avec **Doug Nickerson**, de l'UGN(A), au chapitre de la détermination de la cause des défaillances prématurées des turbosoufflantes et de l'élaboration d'un plan pour résoudre le problème.

**James Moores**, du CRDP, pour sa contribution remarquable à la résolution des problèmes de corrosion des navires de guerre.

**Kevin Chadwick** (DSCN 4) pour ses 20 ans de service exceptionnel dans les domaines des systèmes radar ainsi que du commandement et du contrôle navals, tout spécialement pour ses travaux sur la résolution des problèmes techniques du radar AN/SPS-503.

**Lcdr Jamie Quatham** (DSGM 6) pour ses réalisations exceptionnelles à titre de directeur de projet adjoint du Projet SGMN.

**Lt(M) René Hatem** (D Gén M 2) pour ses travaux remarquables à titre d'officier de réforme du matériel.

**Lcdr Dave Ashling** (D Gén M 3) pour sa contribution, en tant que chargé de projet du QGDN, aux travaux de radoub du NCSM *Protecteur* (Pacifique).

**Bob Laidley** (DMGE 6) pour ses travaux remarquables dans les domaines des sources d'alimentation électrochimiques et de la technologie AIP.

**Bob Coren** (DMGE 4) pour ses travaux exceptionnels en tant que responsable de la GCVM des systèmes hyperbares et de plongée.

**Cdr Peter MacGillivray** (retiré à titre de DMGE 7) pour sa contribution exceptionnelle touchant l'organisation du 10<sup>e</sup> colloque sur les systèmes de commande de navire. Nous tenons en outre à souligner la contribution remarquable, lors de cet événement, des **militaires et des civils membres du comité organisateur de ce 10<sup>e</sup> colloque** et de **Melanie MacGillivray** pour sa présence remarquable, son doigté et son énergie hors du commun au chapitre de l'animation du programme pour les conjoints.

## Mérite militaire

**Cdr Richard Houseman** (D Gén M) qui, en tant qu'architecte naval à l'UGN(P), s'est penché sur les problèmes de frottement mécanique du NCSM *Restigouche*. Il a été nommé Officier de l'Ordre du mérite militaire.

**OM2 Wayne McIsaac** — PMO MCDV (l'un des membres-fondateurs de la Naval Electrical Society). Nommé Membre de l'Ordre du mérite militaire. 🇨🇦

## Projet PMNT : l'installation du lanceur vertical de missile À paraître en octobre

