



Défense
nationale

National
Defence

Revue du Génie maritime



Depuis 1982

La Tribune du Génie maritime au Canada

Mars 2017

ÉDITION SPÉCIALE



Le projet de modernisation des navires de la classe Halifax (MCH) et de prolongation de la durée de vie utile des frégates (FELEX)

Dans ce numéro :

- Document d'information – MCH/FELEX
- Dans les coulisses : Perspectives de projet et leçons retenues
- Le regard de l'industrie précieux

Canada

Nouveaux pieds marin pour les frégates canadiennes de la MRC



Le NCSM *Montréal* (FFH-336) pendant le carénage demi-vie de frégates au chantier navale d'Irving Shipbuilding à Halifax



**Directeur général
Gestion du programme
d'équipement maritime**

Commodore Simon Page,
OMM, CD

Rédacteur en chef
Capv David Benoit
Chef d'état-major du GPEM

MDR conseiller éditorial
PM 1 Colin Brown
Chef d'unité de la DGGPEM

Gestionnaire du projet
Ltv Jotham Sterling

**Directeur de la production
et renseignements**
Brian McCullough
**brightstar.communications@
sympatico.ca**
Tel. (613) 831-4932

Corédacteur
Tom Douglas

**Conception graphique
et production**
d2k Graphisme & Web
www.d2k.ca
Tel. (819) 771-5710

Revue du Génie maritime



(Établie 1982)
Mars 2017

Chronique du commodore

Redéfinition du travail d'équipe, de la confiance et du respect 2

Perspectives de projets

Une première pour la Revue du Génie maritime	3
#Travailenéquipe.....	3
MCH/FELEX : un chapitre important de l'histoire technique de la Marine canadienne	4
Technologie et travail d'équipe – les clés du succès	5
Document d'information – MCH/FELEX.....	6
MCH : Une réussite.....	8
Modernisation des navires de la classe Halifax – Les débuts	12
Formulation des exigences et MCH/FELEX : « Garder l'objectif final en tête dès le début » ...	14
Soutien logistique intégré – Soutien essentiel sur la durée de vie.....	18
Cybersécurité et modernisation de la classe Halifax (MCH).....	20
Vérifications des capacités opérationnelles : un élément essentiel, mais imprévu, du programme d'essais de la MCH	23
Ajout d'une capacité de liaisons multiples pour la MCH	26
Habitabilité du commandant de groupe opérationnel – Faire preuve d'innovation et d'ingéniosité dans un espace restreint.....	28
Questions relatives à la sécurité pour les formateurs et les installations côtières.....	30
Exigences de formation, coordination et défis liés au contrat de conception-construction et intégration des systèmes de combat (CC ISC).....	32
Un point de référence commun pour les navires après la MCH	34

Le regard de l'industrie

Perspectives de Lockheed Martin Canada	36
Point de vue sur le projet MCH/FELEX d'Irving Shipbuilding Inc.	47
Victoria Shipyards Co. Ltd.	50



Un NCSM *Calgary* rajeuni pendant des essais fructueux sur la côte Ouest en 2013.

Photo MDN

Tous les numéros de la *Revue* sont disponible en ligne sur le site Internet de l'Association de l'histoire technique de la Marine canadienne – www.cntha.ca

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



Chronique du commodore

Par le Commodore Simon Page, OMM, CD
Directeur général – Gestion du programme d'équipement maritime

Redéfinition du travail d'équipe, de la confiance et du respect



C'est avec grand plaisir que j'écris ces quelques lignes d'introduction pour cette édition spéciale de la *Revue du Génie maritime* portant sur le projet de modernisation des navires de la classe *Halifax* et de prolongation de la durée de vie utile des frégates (MCH/FELEX). En réfléchissant au contenu de mes remarques, je me suis souvenu d'une phrase qu'une personne avait dite récemment aux travailleurs des chantiers navals ayant participé à ce projet complexe qui a connu un énorme succès, et j'ai su à ce moment ce que je voulais partager avec vous tous.

En effet, c'était durant l'événement médiatique du projet MCH/FELEX qui célébrait la dernière des 12 périodes de travaux de carénage de demi-vie à Halifax que Brian Carter, le président de Seaspan Shipyards, a déclaré ce qui suit aux travailleurs d'Irving Shipbuilding Inc. qui étaient rassemblés : « Je ne vous connais pas personnellement, mais je sais ce que vous faites et combien vous le faites bien. » À mes yeux, ces mots ont saisi l'essence de l'exécution et du succès du projet MCH/FELEX en englobant, d'une manière très intime, un si grand nombre de principes qui sont devenus indispensables à l'exécution réussie des projets d'équipement complexes d'aujourd'hui. Des valeurs comme le respect, la confiance, le travail d'équipe et l'interaction de bonne foi ressortent clairement des paroles de M. Carter et mettent l'accent sur une approche moderne de la vision de projet qui est essentielle au succès.

Le projet MCH/FELEX était une leçon que nous avons tous retenue quant à la façon dont le travail d'équipe naît de l'établissement de liens de confiance et de relations respectueuses, et dont il crée sa propre énergie et ses propres relations afin de produire d'excellents résultats. Les valeurs incarnées dans la déclaration de M. Carter doivent être adoptées sans réserve à tous les niveaux des organisations comme moyen de réunir des personnes en équipe, et c'était cela qui nous a permis de gérer l'environnement complexe et intense du projet MCH/FELEX si brillamment.

Les gens se définissent par de nombreuses choses, mais pour ceux d'entre nous qui servent dans la Marine royale canadienne (MRC), ou qui exercent leur expertise dans l'une des organisations de soutien de la MRC au gouvernement ou dans l'industrie, ce sont les navires et les projets sur lesquels nous travaillerons tout au long de notre carrière qui définiront notre génération. Pour ceux d'entre nous qui peuvent maintenant se considérer comme des membres de la « génération MCH/FELEX », je suis convaincu que les leçons que nous avons retenues au sujet du travail d'équipe, de la confiance et du respect redéfiniront notre manière de penser, notamment la façon dont nous aborderons et exécuterons les prochains projets navals difficiles et complexes.

J'espère que vous prendrez plaisir à lire cette édition spéciale et qu'à votre manière vous prendrez part au succès du projet MCH/FELEX – un projet marquant de notre génération.



Une première pour la Revue du Génie maritime



Au nom des équipes de rédaction et de production, nous sommes ravis de vous présenter cette édition spéciale de la *Revue* – la première de cette nature dans les 35 ans d’histoire de la publication.

Comme il s’agit du 150^e anniversaire de la Confédération du Canada,

cette édition revêt une importance si particulière que nous avons mis l’accent sur le succès spectaculaire du projet de modernisation des frégates canadiennes de patrouille de la classe *Halifax* de la Marine royale canadienne (MRC), environ 25 ans après leur mise en service réussie dans la flotte dans les années 1990. Ces navires ont servi de façon exemplaire à assurer la sécurité et la prospérité dans notre merveilleux pays par le passé, et ils continueront de le faire

pour de nombreuses années, alors que la MRC répond aux besoins continus du gouvernement du Canada (et les surpasse) dans un monde en pleine évolution.

Cette édition spéciale vise à explorer et à documenter les efforts formidables déployés au fil des ans par d’innombrables fonctionnaires, membres du personnel des Forces armées canadiennes et partenaires de l’industrie dévoués et travaillants pour remettre en service les principaux navires de combat de la Marine. Toutes les personnes qui ont fourni du contenu pour la présente publication espèrent sincèrement que leurs connaissances aideront, avec le temps, à définir les prochains projets et efforts en vue d’obtenir des résultats tout aussi positifs.

Pour l’instant, je vous souhaite une bonne lecture et mes meilleurs vœux pour l’année 2017.

— **Capitaine Dave Benoit, MRC, rédacteur en chef**



#Travailenéquipe

Je suis très reconnaissant de ce qu’ont accompli le Commodore Page et son équipe pour préparer, pour la toute première fois, un numéro spécial de la *Revue du Génie maritime*, numéro qu’ils ont dédié aux responsables des travaux menés dans le cadre de la modernisation

des navires de la classe *Halifax*. Ce projet de modernisation témoigne du leadership, du travail d’équipe et du professionnalisme exceptionnels de tous ceux ayant apporté une contribution tout au long du projet. Le terme « tous » dans ce contexte renvoie à l’industrie, aux autres ministères, à la Défense et à la Marine royale canadienne (MRC). Je suis extrêmement fier de la réussite que représente ce projet, non seulement parce qu’il a été mené à bien dans le respect du budget et des délais prescrits, mais, plus important encore, en raison de la grande capacité qu’il fournira aux hommes et aux femmes intelligents, engagés et dévoués qui servent leur pays en mer afin de faire toute la différence à domicile comme à l’étranger au nom du Canada et de la population canadienne.

La réalisation de ces améliorations a été constatée lors d’exercices tels que *Rim of the Pacific 2016* et *Trident Juncture*, et dans le cadre d’opérations à l’appui de nos engagements envers l’OTAN. Je suis d’avis que la mesure du succès de ce projet de modernisation réside dans le fait que la Marine royale de la Nouvelle-Zélande déploiera ses frégates au Canada pour subir des améliorations au titre d’un projet de modernisation similaire, et que d’autres marines se tournent aussi vers le Canada pour moderniser leurs navires de guerre.

Pour conclure, je tiens à féliciter l’impressionnante équipe de professionnels du Directeur général – Gestion du programme d’équipement maritime et, de façon plus générale, les responsables du soutien technique naval de la MRC, d’avoir joué un rôle déterminant dans une véritable expérience réussie entièrement canadienne. BRAVO ZULU!

Salutations cordiales,
Vice-amiral Ron Lloyd
Commandant de la MRC



MCH/FELEX : un chapitre important de l'histoire technique de la Marine canadienne

Bienvenue à cette édition spéciale de la *Revue du Génie maritime*. L'idée de rédiger l'histoire de la réussite du projet de modernisation et de prolongation de la durée de vie utile des frégates de la Marine royale canadienne est venue du Ltv David Irvine, l'ancien officier des systèmes de combat au Bureau de projet (BP) MCH/FELEX au Quartier général de la Défense nationale à Gatineau, au Québec. Alors que le projet tire de plus en plus à sa fin, nous croyons que son initiative d'immortaliser cet important chapitre de l'histoire technique de la Marine canadienne avant que la plupart des joueurs se dispersent était opportune. Grâce à ses efforts considérables, et à ceux des autres personnes et organisations qui ont partagé leurs connaissances, il existe désormais un remarquable dossier des coulisses de l'un des projets techniques les plus complexes de la Marine.

Les articles suivants visent à donner un exposé des principaux défis, des approches en matière de résolution de problèmes et des leçons retenues qui étaient essentielles à la réussite du projet. Certains thèmes reviennent d'un article à l'autre : résolution de problèmes collaborative, accent sur les résultats en matière de rendement au niveau des systèmes et travail acharné et persévérance afin d'assurer l'atteinte des bons résultats. Il ne faut pas oublier que lorsque la mise en œuvre a commencé il y a huit ans, plusieurs de ces initiatives étaient nouvelles, non éprouvées et innovatrices pour leur époque. Le projet de MCH a permis de rassembler de nouvelles approches de gestion des exigences, de collaboration avec les partenaires de l'industrie et de gouvernance pour la résolution des problèmes qui pouvaient nuire au progrès. Le projet a bénéficié d'un soutien clair et sans réserve à chaque niveau dans les chaînes du sous-ministre adjoint (Matériel) et de la MRC, et, lorsque c'était nécessaire, ces relations avec la haute direction ont eu une influence positive sur des activités qui étaient importantes pour les intervenants au sein de l'industrie et du gouvernement.

Tout aussi importants ont été le professionnalisme et le dévouement de chaque membre du personnel du BP et des équipes élargies à Halifax et Esquimalt, du bureau du SMA(Mat). Cela a été un dur labeur et a nécessité de la passion et souvent de très longues journées pour effectuer les examens, les réunions, les essais et les discussions complexes qui étaient à la base du travail. Nous avons collectivement augmenté notre expertise technique et de gestion de projet au cours des huit dernières années, et de nombreuses personnes, dont Ltv Irvine, utilisent déjà ces connaissances au profit d'autres projets maritimes.



Directeur de projet Dave Monahan

Enfin, je m'en voudrais si je ne disais pas quelques mots à propos des extraordinaires contributions de mes deux prédécesseurs. Les projets couronnés de succès ne se produisent pas par accident. L'un des plus importants facteurs de réussite des projets est la façon dont ils sont organisés au début. Paul Hines était responsable d'obtenir l'approbation du projet et d'établir les éléments facilitants initiaux, comme la gouvernance, qui étaient essentiels à la gestion des risques prévus à l'étape de mise en œuvre. Sa vision et son leadership ont laissé une influence durable et positive sur tout ce qui a suivi.

Comme nous le savons tous très bien, aucun plan ne survit au premier contact avec la réalité, et le leadership, l'approche personnelle et la détermination de Geoff Simpson ont joué un rôle essentiel dans la réussite du projet. Réussir à mobiliser rapidement l'industrie et les organisations de la MRC et du SMA(Mat) autour de ses stratégies en matière de résolution de problèmes a été un tour de force. Le plan a changé considérablement au fil du temps, et Geoff a inspiré de la part des équipes de direction et de projet la confiance et le soutien nécessaires pour faire du projet un succès.

J'espère que vous apprécierez les articles. N'hésitez pas à communiquer avec ceux qui ont fait l'expérience de la MCH, et j'espère que cela inspirera la prochaine vague de dirigeants pour les projets à venir.

— *Dave Monahan*
Directeur de projet – MCH/FELEX



Technologie et travail d'équipe – les clés du succès



Geoff Simpson (droite) avec Paul Hines en 2010.

A lors que le NCSM *Toronto*, la dernière des 12 frégates, a terminé son carénage à mi-vie à l'automne dernier, il a été difficile de ne pas réfléchir aux dernières années du projet de modernisation des navires de la classe *Halifax* et de déterminer les clés du succès. Le projet de MCH sera caractérisé par sa complexité en matière de technologie et de nombre d'intervenants dans l'industrie, au gouvernement et à la Défense nationale.

Dan Ross, sous-ministre adjoint du Matériel de 2007 à 2013, considérait le projet comme étant le plus complexe et risqué de son époque. Avec plus de 60 partenaires de l'industrie, de multiples contrats complexes non harmonisés, deux côtes avec deux cultures et un client enthousiaste avec une exigence de livraison ambitieuse, la nécessité d'un plan réalisable était primordiale. Mettre en œuvre le plan tout en gérant les calendriers, les objectifs et les budgets complexes serait essentiel à la réussite.

Il n'y a aucun doute que le professionnalisme de toutes les équipes – MDN, Travaux publics et Services gouvernementaux Canada, Lockheed Martin Canada, Seaspan, Irving Shipbuilding Inc., Fleetway et autres – a fourni les bases positives nécessaires au projet. Mais lancer le projet de la bonne manière avec l'établissement de structures de projet et un cadre de gouvernance en place s'avérerait essentiel à la réussite du projet.

Paul Hines, le premier directeur du projet de MCH, a joué un rôle déterminant dans l'élaboration et la mise en œuvre de notre gouvernance, en plus de changer la façon dont le MDN communiquait avec l'industrie. Au début du projet, il a mis sur pied des groupes de travail de l'industrie pour comprendre la capacité de l'industrie à exécuter les carénages à mi-vie et pour améliorer l'efficacité du processus d'approvisionnement dans le but de réaliser le premier carénage prévu du premier navire en 2010. Il a changé la façon dont nous communiquions avec l'industrie et, ce faisant, il a créé des relations qui étaient essentielles à la résolution de problèmes et à l'alignement des organisations en fonction d'un but commun. Il a changé la formule gagnante, en passant de l'utilisation d'un processus collaboratif à la création d'un comité de promoteurs comprenant des dirigeants du gouvernement et de l'industrie.

Alors que nous réintégrons le NCSM *Toronto* dans la flotte de la Marine royale canadienne, il est important que nous nous souvenions de ceux qui ont rendu cela possible, en particulier Paul Hines. Paul est décédé en 2011, mais son héritage sera toujours lié à la réussite du projet de modernisation des navires de la classe *Halifax*.

— **Geoff Simpson**
Ancien directeur de projet – MCH



Document d'information – MCH/FELEX

Documentation par la Défense nationale et les Forces armées canadiennes

FICHE D'INFORMATION

FRÉGATE DE PATROUILLE CANADIENNE DE LA CLASSE HALIFAX

Les douze frégates de patrouille polyvalentes de la classe Halifax fabriquées au Canada constituent les fondements de la Marine royale canadienne (MRC). Ils peuvent être déployés partout dans le monde en soutien au gouvernement du Canada. Dans le cadre du Projet de modernisation des navires de la classe Halifax / prolongation de la vie de l'équipement des frégates, les frégates subissent un carénage de demi-vie pour veiller à ce qu'elles aient les capacités nécessaires pour faire face aux nouvelles menaces et aux contextes opérationnels changeants d'aujourd'hui. Les capacités améliorées comprennent :

- un nouveau système de gestion du combat
- une nouvelle capacité radar
- une mise à niveau des systèmes de communications et de missiles
- un nouveau système de contrôle intégré de plateforme

Les premières frégates modernisées de la classe Halifax ont été livrées vers la fin 2014, et le dernier navire devrait être livré au Printemps 2018.

CARACTÉRISTIQUES DES FPC DE LA CLASSE HALIFAX

Longueur :	134 mètres
Largeur :	16 mètres
Équipage :	225 personnes



Frégate de patrouille canadienne de la classe Halifax
Déplacement : 4 770 tonnes



Navire de patrouille extracôtier et de l'Arctique de la classe Harry DeWolf
Déplacement : 6 440 tonnes



Navire de défense côtière de la classe Kingston
Déplacement : 970 tonnes

À l'échelle

SYSTÈME DE COMBAT RAPPROCHÉ PHALANX MARK 15 BLOCK 1B
Un système de défense contre des cibles rapprochées comprend une caméra thermique et possède une cadence de tir de 4 500 coups par minute.

SYSTÈME AVANCÉ DE CONTRÔLE D'ARMES HARPOON
Le nouveau système de missile Harpoon comprend un guidage par GPS et possède une meilleure capacité près des côtes puisqu'il est doté de missiles anti-navires aussi capable d'effectuer des tirs à terre.

MESURES DE SOUTIEN ÉLECTRONIQUE
Le système procure des moyens d'interception passives, le dépiége, l'analyse et l'identification des Radiofréquences afin d'aider à formuler la vision d'ensemble des contacts et d'informer le contrôle des armes et des capteurs.

RADAR SMART-S MK2 3D
Ce radar est conçu spécialement pour la surveillance et la désignation de cibles à moyenne et à longue portée. Il s'agit du principal radar de surveillance du navire.

RADAR DE CONTRÔLE DE TIR CEROS 200
Un radar de conduite de tir intégré au système de canon de 57 mm et au système de missile Sea Sparrow évolué renforce les capacités de défense du navire.

LES NOUVELLES CAPACITÉS
■ LES CAPACITÉS DÉJÀ EXISTANTES

SYSTÈME DE GESTION DU COMBAT 330
Conçu pour être relié aux armes nouvelles et existantes et à l'ensemble de capteurs, le système optimise l'utilité et la présentation de l'information présentée à l'opérateur.

SYSTÈME DE CANON NAVAL MK3 57 MM
Ce système offre une cadence de tir élevée d'une très grande précision contre les menaces aériennes, de surface et à terre.

CAPACITÉ DES HÉLICOPTÈRES
Le nouvel hélicoptère maritime CH-148 Cyclone ou CH-124 Sea King peut être embarqué pour mener des missions de surveillance et de contrôle, des opérations courantes et des opérations de recherche et sauvetage de surface et sous-marines.

TORPILLE MARK 46
Torpilles légères lancées d'un tube lance-torpilles ou d'un hélicoptère, destinées à contrer la menace sous-marine.

SYSTÈME DE CONTRÔLE INTÉGRÉ DE PLATEFORME
Le système intègre les anciens systèmes de contrôle de la machinerie en une seule plateforme, en plus de fonctions additionnelles des systèmes de lutte contre les avaries de combat, afin d'assurer une meilleure transmission de l'information pendant une urgence à bord.

MISSILE SEASPARROW ÉVOLUÉ RIM-162
Ce système offre une protection de grande portée contre les menaces de surface et celles posées par des missiles et des aéronefs.

SYSTÈME DE PROPULSION
Le fonctionnement souple de deux turbines à gaz de 17,7 MW ou d'un moteur diesel de 6,5 MW permet d'atteindre une vitesse de plus de 30 nœuds.

SYSTÈME DE MISE HORS DE COMBAT MULTIMUNITIONS
Un système de contre-mesures complètement informatisé est intégré aux capteurs du navire et le protège contre les attaques de missiles guidés haute technologie en lançant des leurres aéroportés.

DGM-24215-NMJ
Marine royale canadienne
Affaires publiques – Mars 2015
www.forces.gc.ca



Les douze frégates de la classe *Halifax*, mises en service entre 1992 et 1996, forment l'épine dorsale de la Marine royale canadienne (MRC). Les navires ont été conçus à l'origine pour la guerre anti-sous-marine et la lutte anti-navire, surtout en haute mer.

Le rôle de la classe *Halifax* a changé. Les menaces maritimes actuelles et en évolution sont plus rapides et plus furtives, elles se manœuvrent plus facilement et passent de la haute mer à des régions plus proches des côtes. Le milieu littoral présente des défis pour les capteurs et les systèmes d'armes en raison de la densité accrue de la circulation et la proximité aux menaces venant de la côte. De plus, les navires doivent maintenant faire face à des menaces asymétriques, comme des attaques de vaisseaux plus petits et plus facilement manœuvrables qui n'étaient pas envisagés au moment de la conception du navire.

Des innovations en matière de procédures et de tactiques ont permis aux frégates de fonctionner de manière efficace dans le nouveau contexte de sécurité, et ce, malgré les limites du matériel. Cependant, des améliorations aux capteurs et aux armes ont été nécessaires afin d'améliorer la capacité du navire à faire face à ces nouvelles menaces à l'avenir.

Dans le cadre du projet de modernisation des navires de la classe *Halifax* et de prolongation de la durée de vie utile des frégates (MCH/FELEX), on réalise la modernisation des systèmes de combat, et un programme de carénage à mi-vie planifié est en place pour veiller à ce que les frégates demeurent fonctionnelles tout au long de leur durée de vie utile. Ces travaux comprennent la modernisation des systèmes des plates-formes, les mises à niveau des systèmes des navires, l'acquisition et l'installation de nouvelles

capacités, comme un radar de pointe, un nouveau système de guerre électronique et des systèmes de communication et des missiles améliorés intégrés dans un nouveau système de gestion de combat.

L'ensemble du programme de MCH comprend plus de 30 entreprises qui ont travaillé étroitement avec le gouvernement du Canada pour livrer une capacité de première classe, tout en respectant le calendrier et le budget. Ce programme représente un effort très complexe et collaboratif entre le ministère de la Défense nationale (MDN), la MRC, et les partenaires canadiens œuvrant dans le domaine de la construction de navires et livre de solides retombées économiques au Canada.

De multiples appels d'offres ouverts, équitables et transparents ont été lancés afin de choisir les divers entrepreneurs devant réaliser les travaux complexes prévus dans le cadre du projet de MCH/FELEX. En mars 2008, les chantiers d'Irving Shipbuilding Inc. à Halifax, sur la côte Est, et ceux de Seapsan à Victoria, sur la côte Ouest, ont été choisis aux fins des travaux de carénage de la flotte. En novembre 2008, Lockheed Martin Canada a obtenu le contrat relatif à l'intégration des systèmes de combat.

La modernisation des frégates bénéficiera la MRC pour des années à venir. Sa gestion et son succès globaux ont fait de ce programme un modèle de partenariat pour des projets de construction naval à venir, et il a été reconnu mondialement. Par exemple, le MDN a aidé le ministère de la Défense de la Nouvelle-Zélande à prendre une décision concernant la modernisation de leurs systèmes de combat et les navires de la classe Anzac.

Le ministère a fourni des renseignements utiles à la Nouvelle-Zélande concernant le système de gestion de combat installé dans le cadre du programme de MCH et de FELEX, et nous avons partagé nos expériences relatives à la modernisation jusqu'à présent. Cette possibilité d'exportation mondiale est possible grâce à l'étroite collaboration entre le MDN et l'industrie.

Ventilation du projet

Le projet de modernisation des navires de la classe *Halifax* et de prolongation de la vie utile des frégates ainsi que d'autres projets financés de manière distincte faisant partie du programme de modernisation des frégates de la classe *Halifax* dotent les navires de capacités améliorées, qui sont nécessaires pour répondre aux nouvelles menaces et aux environnements opérationnels en constante évolution. Ces capacités comprennent :

Modernisation de la classe Halifax / Prolongation de la durée de vie utile des frégates

- Un nouveau système de gestion du combat
- Une nouvelle série de radars
- Un interrogateur, mode d'identification ami ou ennemi S/S
- Une mise à niveau des systèmes de communications internes
- La modernisation du système de missile Harpoon (missiles sol-sol)
- La modernisation du système de guerre électrique

D'autres projets de la modernisation de la classe Halifax

- Le système Sirius de recherche et poursuite infrarouge longue distance
- Des modifications au canon naval Bofors de 57 mm
- Le remplacement du système de contre-mesures de leurres missiles SHIELD II
- Le remplacement du système intégré de commande des machines
- Le remplacement des radars de navigation

De nombreux projets et de nombreuses activités d'entretien et de maintien en puissance visent à maintenir le matériel à son niveau de capacité actuel, en réalisant des activités d'entretien à mi-vie intensives, préventives, correctives et uniques.

Pour effectuer d'autres travaux de modernisation essentiels, comme les modifications nécessaires pour accueillir les hélicoptères maritimes Cyclone et pour installer le nouveau système de communications militaires par satellite, on a recours à de nombreux autres contrats distincts et subséquents ne faisant pas partie du projet de modernisation des navires de la classe *Halifax* et de prolongation de la vie utile des frégates.

Conclusion

La planification, la préparation et la coordination du projet de MCH et de FELEX se sont amorcées en 2002. Le premier carénage de modernisation a débuté au mois de septembre 2010 sur le NCSM *Halifax*, et on a prévu à ce que chaque période de carénage prenne environ 18 mois. Les examens et les essais devaient eux prendre un autre 9 à 12 mois environ. Les derniers travaux de modernisation et les essais en mer connexes devraient être achevés aux alentours de 2018.



MCH : Une réussite

Par le CapF Steve Whitehurst
Gestionnaire d'ingénierie des systèmes – BP MCH MCH/FELEX

Étant donné que le programme de modernisation de la classe *Halifax* (MCH) et le projet de modernisation des navires de la classe *Halifax*/prolongation de la durée de vie utile des frégates (MCH/FELEX) ont atteint leurs derniers stades, on peut déclarer qu'il s'agit d'une réussite. Cela ne signifie pas qu'ils n'ont pas connu d'obstacles, ou que le résultat final correspond exactement à l'objectif initial, mais il est important d'examiner les facteurs qui ont contribué à cette réussite. Le présent article expliquera le contexte du programme de MCH, soulignera les principaux défis, décrira les décisions, les approches et les innovations qui ont ouvert la voie au succès et examinera certaines améliorations importantes apportées par la MCH à la Marine royale canadienne (MRC).

La présente édition spéciale du *Journal* compte plusieurs articles sur des sujets liés à la MCH rédigés par les experts en la matière qui ont assuré la réussite dans des domaines de capacité précis. L'équipe du Bureau de projet (BP) de MCH/FELEX a pris en charge de nombreux enjeux en dehors du mandat direct du programme afin de réduire les risques en matière de planification et de rendement qui pourraient avoir eu un effet sur le succès global de la MCH. Que ce soit pour des articles livrables directs du projet ou non, les membres de l'équipe du BP ont su gérer les défis techniques avec un professionnalisme et un enthousiasme impressionnants. La fierté que ces professionnels investissent dans leur réussite et dans la livraison d'une capacité directement à la marine s'illustre clairement dans les articles qu'ils ont écrits.

Contexte de la MCH : Défis initiaux

Sous sa forme la plus simple, l'objectif de la MCH consiste à moderniser les systèmes de combat de classe *Halifax* tout en coordonnant simultanément la période de maintenance de mi-vie prévue pour chaque navire. Étant donné que ces périodes de maintenance et de modernisation étaient plus longues que les périodes normales de cale sèche, on a mis en place une approche délibérée visant la planification de l'inclusion d'importants changements d'ingénierie comme le Système de contrôle intégré de plateforme et de nombreux autres.

Bien que le présent article ne vise pas à présenter l'historique complet de la MCH, il est important de souligner quelques-unes des conditions et contraintes initiales établies au début de la phase de mise en œuvre. Même si l'article se



concentre sur le contrat visant l'intégration des systèmes de combat (ISC), qui représente un ensemble important de changements en matière d'ingénierie au sein du programme global de la MCH, il convient de noter que le programme est mis en œuvre dans un environnement de relations complexes avec l'industrie qui ont été établies par l'entremise d'un réseau de contrats entre différents intervenants ayant des priorités concurrentes. Il convient de signaler les priorités concurrentes dictées aux chantiers navals et à l'agent de conception, qui sont appelés à satisfaire simultanément deux clients – le ministère de la Défense nationale (MDN), représenté par le BP, et Lockheed Martin Canada (LMC), l'intégrateur des systèmes de combat.

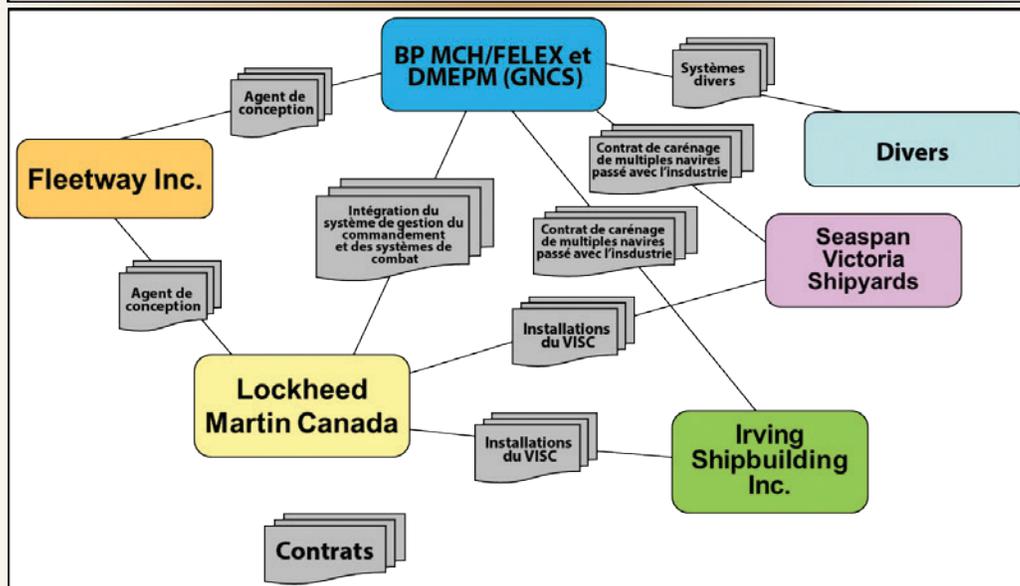
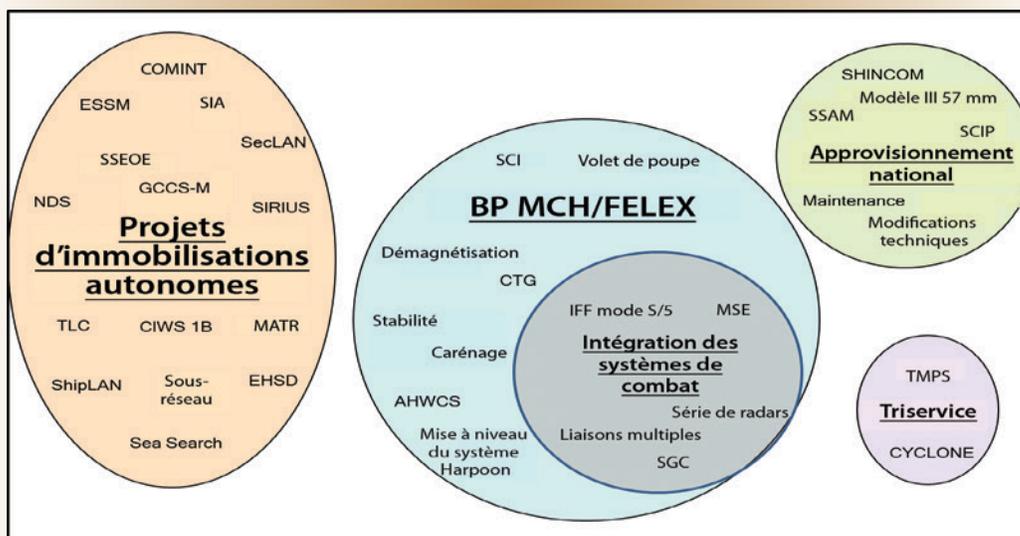
Plus précisément, pour le contrat d'ISC, sur le plan de la gestion de projet, les trois volets (portée, calendrier et coût) posaient des risques importants au moment où le projet de MCH passait à l'étape de mise en œuvre. En matière de portée, les responsables ont pris une décision relativement tardive consistant à changer d'approche, soit passer d'un contrat traditionnel avec des milliers d'exigences et d'un énoncé des travaux prescriptif à un contrat axé sur le rendement. Même si le nombre d'exigences a diminué et si un énoncé des objectifs a été établi, l'énoncé des travaux prescriptif a été retenu et le temps alloué à l'équipe a été insuffisant pour transformer complètement les documents contractuels. Aussi, le résultat comprenait des exigences supposément axées sur le rendement qui ont donné lieu à un degré élevé d'ambiguïté tant pour l'entrepreneur que pour le BP. Toutefois, les spécifications fonctionnelles du contrat d'ISC ont établi les capacités fonctionnelles requises. La gestion des contrats est devenue un contrat axé sur les objectifs, où ces derniers sont définis par une série de jalons. Les jalons ont été fondés sur les spécifications fonctionnelles et sur l'énoncé des travaux prescriptif.

Cette approche était axée sur les incitatifs, analogues aux contrats axés sur le rendement. Les jalons ont incité l'entrepreneur à réaliser les objectifs sur les plans de la portée et du calendrier.

En matière de calendrier, il y avait des contraintes au programme dès le début. Au fur et à mesure que le programme commençait à se concrétiser, les responsables se sont aperçus que tout retard au calendrier ferait en sorte que les carénages dépasseraient la période de mi-vie des navires de la classe *Halifax*. En outre, tout retard entraînerait une réduction du nombre de plateformes disponibles à la Marine à des fins d'emploi de la force. Pour ces raisons, le MCH est contraint de souligner l'importance de respecter le calendrier. Le temps disponible pour les activités de

modernisation de chaque navire a été limité et le programme global a été contraint de maintenir sa date de fin prévue. Les phases de conception et de mise en œuvre ont donc été encadrées et le prolongement du programme n'a jamais représenté une option en cas de problèmes. Ce calendrier serré a empêché la prise en compte d'une approche axée sur un premier navire afin d'atténuer le risque à la portée mentionné ci-dessus. Enfin, en raison de l'approche des soumissions concurrentielles, du contrat à prix fixe et de la nécessité d'effectuer un travail de conception considérable, il y avait le risque que l'entrepreneur soit encouragé à réduire autant que possible les efforts et qu'il lui soit difficile de respecter toutes les exigences.

Portée du programme de la MCH



Relations contractuelles

La voie de la réussite

C'est la reconnaissance précoce de ces conditions initiales qui a conduit le BP à mettre en œuvre des initiatives de gouvernance spécifiques visant à surmonter ces défis. L'objectif premier consistait à s'assurer que l'entrepreneur voie les avantages de la collaboration. L'harmonisation des paiements associés aux jalons avec les résultats prioritaires a été une étape simple dans cette direction. Cette harmonisation s'est concrétisée grâce à la communication ouverte aux échelons supérieurs ainsi qu'à la possibilité de réajuster continuellement les paiements conformément aux besoins afin de maintenir la concentration de l'entrepreneur sur les priorités du MDN.

Un autre changement important a permis la communication ouverte mentionnée ci-dessus et a posé la fondation d'un environnement de travail collaboratif. Il s'agit d'une structure de gouvernance axée sur la gestion des relations contractuelles. Même s'il y avait encore des relations de travail ordinaires entre des experts en la matière et avec chacun des échelons de la gestion, les responsables ont établi un niveau de gouvernance encore plus élevé pour marquer un ton de collaboration pour l'ensemble de l'équipe intégrée. En commençant par l'organisation de quelques « journées de l'industrie », la gouvernance avec les partenaires de l'industrie s'est officialisée grâce aux réunions avec l'équipe de projet intégrée Canada-industrie et l'ajout subséquent du Comité de promoteurs (CP). Le CP était composé du SMA (Mat), du chef d'état-major de la Force maritime, d'un sous-ministre adjoint de Services publics et Approvisionnement Canada (anciennement TPSGC) et des présidents des principales sociétés sous contrat (l'ISC et les chantiers navals). L'une des réalisations importantes de ce comité a été l'accord sur une vision commune qui a mobilisé chaque organisation à se concentrer sur la réussite globale du programme de MCH, ce qui a mené à une approche d'équipe qui est encore exploitée à ce jour.

Au cours des premiers stades de la mise en œuvre, l'une des premières réalisations importantes, qui s'est avérée essentielle, a été la prestation progressive de la capacité. L'intention initiale de l'entrepreneur avait été de livrer la solution complète avec le premier navire en utilisant une seule version de logiciel et d'obtenir l'acceptation des premiers articles (APA) après une vérification sur la base du premier cycle d'essai. En raison de la complexité du programme, cette approche aurait été vague et aurait pu se solder par un échec. Elle aurait non seulement constitué un défi important pour l'entrepreneur en ce qui a trait à la portée livrée sous forme de version unique du logiciel, mais elle aurait également créé une tâche considérable pour l'équipe d'essais et de tests du MDN, qui aurait été appelée à vérifier toutes les exigences dans une période de temps limitée.

En outre, cette méthode de livraison ne prévoyait aucune marge d'erreur. Si la version initiale n'avait pas atteint son objectif, le programme aurait été contraint de retarder la déclaration d'APA. De plus, certaines décisions de conception de logiciels auraient dû être prises pour respecter les échéanciers. Ces décisions auraient pu rendre la reprogrammation d'une mauvaise version difficile et coûteuse, ce qui aurait entraîné des reports aux paiements liés aux jalons pour l'entrepreneur, une couverture médiatique négative et une surveillance potentiellement accrue de la direction.

Au lieu de cela, les responsables ont adopté une approche par étapes consistant à construire quelques éléments et à les mettre à l'essai où l'APA serait ne serait accordée qu'après la livraison d'un certain nombre de navires. Au niveau le plus élevé, la livraison de logiciels a été divisée en phases qui ont fourni une capacité opérationnelle accrue à chaque étape. Dans un premier temps, l'accent a été mis sur la conscience de la situation. Ensuite, les efforts se sont tournés vers les opérations tactiques, et enfin vers l'exécution tactique. À mesure que la capacité et la complexité du système augmentaient, le programme d'essais évoluait, notamment sous forme de différents événements de tir de missiles avec une complexité amplifiée. À mesure que le programme approchait du grand jalon de l'APA, l'entrepreneur et le BP continuaient de se concentrer sur la capacité opérationnelle et sur la livraison d'un système acceptable pour un usage opérationnel. Afin d'obtenir l'APA, l'entrepreneur devait respecter un niveau de capacité établi. Selon le calendrier, les articles livrables restants devraient être livrés avant la capacité opérationnelle finale (COF).

Cette approche de livraison de logiciel a permis un développement et des essais ciblés. En outre, en adoptant cette méthode de livraison progressive, les paiements échelonnés pourraient être alignés avec chaque livraison, ce qui éliminait certains risques de flux de trésorerie pour l'entrepreneur.

Bien que la relation du MDN avec l'entrepreneur était importante, ce n'était pas le seul lien qui était essentiel à la réussite du programme. Il faut également noter la relation entre le programme et son client, la MRC. Il existe plusieurs niveaux de surveillance assurés par divers officiers généraux au sein de la MRC, y compris le commandant de la MRC, à titre de membre du CF. C'est la relation étroite et dédiée avec le directeur du projet (DP) et son personnel qui a assuré la bonne gestion de la surveillance de la MRC. En l'espèce, les avantages se déclinaient en trois volets. Premièrement, grâce à une équipe du DP aussi forte et mobilisée, le BP et l'entrepreneur ont pu tirer parti d'une rétroaction immédiate du client futur sur un large éventail de questions. Cela a permis de veiller à ce que l'ensemble

de l'équipe se concentre sur les éléments prioritaires et évite de gaspiller ses efforts sur des questions moins importantes. En outre, le BP a pu consacrer moins d'efforts pour répondre aux besoins de surveillance de la MRC, étant donné que le DP bénéficiait de la confiance des cadres supérieurs de la MRC. Enfin, la participation du DP à la vérification a permis une double approbation. Le BP et le DP ont simultanément accepté les résultats de la vérification et réduit le travail du BP sur le plan de la vérification du respect des exigences.

Un autre facteur a contribué à la relation de travail collaborative entre l'entrepreneur et le BP. Il s'agit de la création de postes de gestionnaires sur place (GSP) du MDN. Sur chaque côte, une petite équipe de GSP a su établir une relation de travail solide avec l'entrepreneur. Cela a fourni un lien de communication important entre l'entrepreneur et le BP, ainsi qu'avec les formations. Les équipes de GSP ont souvent pu aider l'entrepreneur en définissant les défis qui entravaient sa progression et en trouvant le moyen de les surmonter.

Peut-être la leçon la plus importante qui peut être tirée de l'expérience de la MCH en matière de gestion de projets complexes consiste de la capacité à trouver des compromis. Avec un programme à long terme aussi complexe, si le MDN avait mis l'accent sur le libellé du contrat, les résultats auraient probablement été négatifs. Premièrement, le MDN perdrait toute souplesse pour maximiser les résultats dans des domaines clés. Même si les parties étaient liées par un contrat, ce dernier n'était pas le premier point de référence quand le programme était confronté à un défi. Les équipes se sont plutôt concentrées sur la bonne solution pour le programme et les sections qui nécessitent des changements. Le contrat a été conçu pour couvrir ces décisions. En recentrant le travail et en modifiant le contrat pour l'harmoniser avec les éléments les plus importants du projet, les responsables du projet ont pu respecter les délais et le budget. Deuxièmement, dans les sections où les exigences initiales étaient mal écrites ou vagues, le MDN se serait rapidement retrouvé dans une impasse dans ses rapports avec l'entrepreneur si les deux parties s'étaient montrées inflexibles. Afin de tirer profit d'une capacité efficace de faire des compromis, la MCH s'est assurée de mettre en place un processus d'acheminement rapide des enjeux aux échelons supérieurs, ce qui a ainsi permis de fournir à l'entrepreneur une résolution et une rétroaction en temps opportun, plutôt que de le forcer à attendre une décision, ce qui aurait uniquement entraîné des délais.

Même si la MCH a récemment déclaré l'APA, il reste encore un élément final de la portée à livrer. Plusieurs exigences dérivées sont à l'étude – des améliorations qui seront axées sur la livraison d'une capacité supplémentaire à la MRC, comme des caméras infrarouges, des télémètres

laser, des sources d'alimentation ininterrompue et une formation supplémentaire. En outre, on continue les efforts visant à équiper les installations de maintenance de la flotte d'outils, de documents et de formations nécessaires pour appuyer les nouveaux éléments d'intégration de systèmes de combat. Enfin, le BP veillera à ce qu'une quantité importante de pièces de rechange soit acquise afin d'assurer un bon appui des systèmes à court et moyen terme. Étant donné que le programme se rapproche de la COF et de la clôture du projet, il est important de s'assurer qu'une transition harmonieuse se fasse avec les équipes de soutien en service. On organisera les transferts d'information et de connaissances afin de veiller à ce que le soutien à ces nouveaux systèmes se poursuive sans heurts quand le projet de MCH prendra fin.

Les résultats se passent d'explications : un programme complexe livré en respectant le délai et le budget. Bien qu'il reste encore beaucoup à faire avant que le programme de MCH ne puisse solder ses comptes, le moment est venu de déclarer qu'il s'agit d'une réussite. Bien qu'il soit entendu que les décisions prises et les approches adoptées par le BP ont amélioré la probabilité de réussite du programme, il faut souligner que les personnes jouent un rôle déterminant. Dans le cas présent, le mérite revient à la collectivité élargie d'intervenants qui ont tous contribué aux résultats.

Au sein du MDN, le soutien et l'engagement des cadres supérieurs, les compétences en résolution de problèmes et l'approche collaborative des formations côtières (y compris les équipes de détachement des FMAR(A), des FMAR(P), du Directeur d'introduction des nouvelles capacités, des installations de maintenance de la flotte, de Log B, de l'ISC du BP et de Contrat multinationales), et le dévouement et la réactivité des organismes d'appui ont tous joué un rôle. En voici une liste non exhaustive : la Direction – Systèmes de combat naval, la Direction – Systèmes de plates-formes navales, l'École des opérations navales des Forces canadiennes, l'École du génie naval des Forces canadiennes, l'Entraînement en mer (Atlantique), l'Entraînement en mer (Pacifique), la Direction – Soutien et gestion maritimes, du Groupe d'instruction du personnel naval, la Direction des carrières militaires, le Centre de guerre navale des Forces canadiennes, le CGEN, le Centre technique d'essais en mer, le Centre d'essais techniques de la qualité et le Recherche et développement pour la défense Canada, pour la défense Canada.

Finalement, j'aimerais remercier Dave Monahan, Paul Daniel et Henry Eng de m'avoir donné un aperçu des premiers jours du projet de MCH, ce qui m'a permis d'inclure certains de ces détails ici.



Modernisation des navires de la classe Halifax – Les débuts

Par David Brenner – ancien gestionnaire des Besoins de la Marine de la classe Halifax, gestionnaire du calendrier intégré du BP MCH/FELEX, gestionnaire des essais et des tests intégrés et par Paul Daniel – ancien chef de l'ingénierie du Bureau de gestion des navires du BP MCH/FELEX

Débuts et analyse des options

Les 12 navires de la classe *Halifax* ont été mis en service de 1992 à 1996 et sont devenus les navires utilitaires de la Marine royale canadienne au cours des années suivantes. Dans le cadre du concept global de classe, on reconnaissait qu'une mise à niveau de demi-vie serait nécessaire pour régler les questions de la désuétude de l'équipement et du contexte de menace accrue. La durée de vie prévue des navires étant de 30 ans, la période de demi-vie débutait 15 ans après la livraison des navires, soit en 2007. En fait, la planification en vue de cette mise à niveau de demi-vie a commencé assez tôt, avec la définition du projet de mise à niveau des systèmes des navires de la classe *Halifax* en mars 1993. Les objectifs de ce projet étaient les suivants :

- a. Moderniser les systèmes vieillissants au moyen d'équipement fiable et performant, afin de répondre aux besoins actuels et futurs du Canada;
- b. Exploiter les résultats de la recherche-développement menée au Canada;
- c. Fournir des avantages à long terme pour l'industrie canadienne.

Pour atteindre les objectifs de demi-vie fixés pour la classe, on a jugé qu'une combinaison d'importantes modifications techniques et d'activités de maintenance était nécessaire. Compte tenu de l'exposition aux risques associée à l'exécution du programme de mise à niveau, le projet de prolongation de la vie de l'équipement des frégates (projet FELEX), approuvé en 2002, serait responsable de l'ensemble de l'intégration de la conception, de la coordination et de la mise en œuvre, ainsi que de la gestion de tous les aspects liés aux risques et aux enjeux. Par ailleurs, un énoncé des exigences hors projet approuvé en 2003 – le programme de modernisation des navires de la classe *Halifax* (MCH) – définissait les divers objectifs en matière de modification des capacités.

Phase de définition

En 2006-2007, l'évaluation des risques menée par le chef de projet a permis de cerner un certain nombre de risques importants associés à l'exécution de projets d'ajout de capacités gérés individuellement. Tout d'abord, comme chaque projet autonome procédait individuellement selon

son propre processus d'élaboration et d'approbation, les projets ne seraient pas tous prêts à être mis en œuvre dans les mêmes délais. De plus, l'interdépendance entre les projets individuels du point de vue de l'intégration (matérielle et logicielle) engendrait des complexités et des risques dépassant largement le mandat de chaque projet. Dans le même ordre d'idées, l'incidence de la mise en œuvre de toutes les activités liées aux modifications sur le programme de MCH a entraîné un ensemble d'exigences dérivées pour la plate-forme. L'intégration de la conception dans des secteurs comme les mâts et la salle des opérations, de même que les répercussions sur les marges des navires en ce qui a trait au poids et à la stabilité, à la distribution électrique et à l'eau fraîche signifiaient qu'il fallait adopter une approche de gestion des risques beaucoup plus coordonnée et globale.

Ainsi, en 2007, on a approuvé le projet de modernisation des navires de la classe *Halifax*/prolongation de la vie de l'équipement des frégates (MCH/FELEX) ayant pour mandat général d'assurer la coordination et la mise en œuvre de la MCH ainsi que la gestion des risques. Cinq grands projets – le projet de système modernisé de commandement et de contrôle de la classe *Halifax*, le projet de mise à niveau du radar, le projet de mode d'identification ami-ennemi, le projet de système à liaisons multiples, et le projet d'acquisition d'un nouveau système de mesures de soutien électronique – ont été regroupés en une seule exigence. Pour tenir compte de la nouvelle portée, on a réorganisé le Bureau de projet (BP) de FELEX en un projet plus vaste, soit le BP MCH/FELEX. Dans le cadre de ce mandat, le nouveau projet s'est vu confier la tâche de mettre en place un contrat d'intégration des systèmes de combat (ISC) unique ainsi que des contrats accordés à des chantiers navals afin d'apporter les modifications techniques et de mener les activités de maintenance nécessaires.

Parallèlement aux tâches de définition, la communication avec l'industrie a été amorcée à la fin de 2004. De 2005 à 2007, l'industrie et le Canada ont tenu une série de groupes de travail sous le thème de la « journée de l'industrie » afin de favoriser le partage d'information et d'appuyer l'élaboration de l'exigence en matière d'approvisionnement. L'objectif consistait à établir le cadre sous-jacent aux

relations qui serait nécessaire pour assurer le fonctionnement harmonieux des différents volets du programme de modernisation. Au cours de cette période, on a créé une vision et un langage communs en collaboration avec les participants aux groupes de travail en vue de les intégrer aux éventuels contrats pour appuyer les futurs objectifs de gouvernance. Au moment de la signature des contrats, tous les participants se sont engagés à respecter la charte et l'énoncé de vision de l'équipe de projet intégrée Canada-industrie.

Les contrats, appelés par la suite « contrats multinationaux accordés à des chantiers navals », ont été attribués en mars 2008 à Irving Shipbuilding, sur la côte Est, et à Victoria Shipyards (Seaspan), sur la côte Ouest. En novembre 2008, Lockheed Martin Canada a décroché le contrat d'intégration des systèmes de combat, et la mise en œuvre du programme de modernisation a commencé.

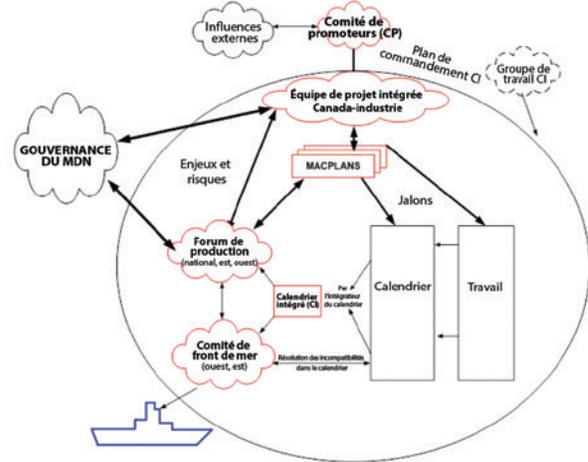
Phase de mise en œuvre et émergence de la gouvernance en tant qu'outil clé

Au plus haut niveau de la gouvernance Canada-industrie, un Comité de promoteurs (CP) a été formé afin d'assurer la direction et la coordination générale des principaux objectifs du programme. Le CP était coprésidé par le commandant de la MRC et du SMA (Mat), en présence des chefs de la direction des principaux partenaires de l'industrie participant au programme de MCH ou de leurs représentants. Le CP a reçu une évaluation globale du statut du programme, a appuyé les différents efforts d'atténuation des risques déployés par le Canada et l'industrie et a assuré la direction de ses organisations respectives afin que ces mesures soient appliquées. De cette gouvernance a découlé l'équipe de projet intégrée Canada-industrie, formée de cadres supérieurs et de gestionnaires de projets du gouvernement et de l'industrie ainsi que de hauts gradés militaires représentant les organismes promoteurs de projet (voir le diagramme). Au début de la gouvernance, l'équipe de projet intégrée Canada-industrie a été appelée à régler un enjeu important : la double responsabilité inhérente aux travaux de MCH, soit les éléments de la portée gérés par le SMA (Mat) et ceux sous la responsabilité de Lockheed Martin Canada (l'entrepreneur chargé du contrat d'intégration des systèmes de combat).

Déroulement des travaux en série

Le contrat d'ISC attribué à Lockheed Martin Canada englobait la responsabilité de mettre en œuvre, avec le chantier naval de son choix, les mises à niveau des systèmes de combat. Ainsi, en théorie, le SMA (Mat) aurait effectué la maintenance et

ENJEUX ET RISQUES ET APERÇU DU CALENDRIER DU PROGRAMME DE MCH CANADA-INDUSTRIE



apporté les modifications techniques non liées à l'ISC, transféré la garde du navire à Lockheed Martin Canada, qui aurait effectué son travail – possiblement dans un autre chantier naval – et achevé les essais de réception avec le Bureau de projet (BP), après quoi le navire aurait été retourné à la Marine.

On prévoyait que ces trois activités en série prendraient douze mois, six mois et douze mois, respectivement. Lorsqu'il est devenu évident que Lockheed Martin Canada avait choisi les mêmes chantiers navals pour ses travaux, on a envisagé la possibilité de comprimer davantage le calendrier en vertu d'un contrat de carénage combiné entre le SMA (Mat) et Lockheed Martin Canada passé avec les chantiers navals.

Ainsi, en juillet 2009, le BP et les homologues de l'industrie se sont enfermés dans une salle et, armés de marqueurs et de feuillets autoadhésifs, ont ébauché ce qui deviendrait le « macro-plan » (ou MACPLAN) de la séquence des travaux sur une période de 14 mois. L'équipe de projet intégrée Canada-industrie et le Comité de promoteurs ont finalement approuvé le MACPLAN, qui est devenu le document de planification clé du programme de modernisation et qui souligne aussi la nécessité que l'organisme de gouvernance coordonne l'exécution du plan de déroulement des travaux mixte.

Depuis le tout début, cette gouvernance a été employée pour régler les principaux enjeux et risques qui touchaient le programme de MCH. Au fil de votre lecture de la présente édition spéciale du *Journal*, vous constaterez que, dans presque tous les cas, on a surmonté les obstacles grâce à la gouvernance et à la vision fondatrice.



Formulation des exigences et MCH/FELEX : « Garder l'objectif final en tête dès le début »

Par le CapC Amit Bagga

Coordonnateur des essais et des tests des systèmes de combat – Projet de modernisation de la classe *Halifax* (MCH)



La rédaction des exigences selon une approche axée sur « l'objectif final à atteindre » illustre l'importance de toujours avoir à l'esprit l'inévitable phase de conformité d'un projet et le processus d'acceptation du produit. Le fait de porter un regard global sur le processus de rédaction des exigences nous permet de tirer profit des concepts d'exigences de performance et de l'attribution de contrats fondée sur des mesures d'encouragement, et favorise l'établissement de relations de travail positives entre l'industrie et la Défense. Ce proverbe fait également référence au besoin absolu d'exigences - et la voie à suivre pour remplir ces exigences est de toujours s'en remettre aux personnes et aux processus qu'elles ont utilisés pour atteindre les capacités opérationnelles concrètes recherchées.

Au moment où le projet MCH/FELEX s'apprêtait à relever le grand défi de franchir l'étape clé de l'approbation des premiers articles (APA) à l'automne de 2015, cette philosophie a été d'une importance primordiale en permettant de concrétiser un exercice de partenariat entre l'industrie et la Défense qui s'est avéré une grande réussite : L'examen conjoint de plus de 900 exigences, et la révision d'une importante quantité de données objectives, à l'intérieur d'un échéancier de quelques mois seulement pour terminer le travail. On peut donc affirmer qu'il est possible de surmonter la plupart des défis de conformité aux exigences et au programme grâce à un travail de liaison efficace entre l'industrie et la Défense. Cet article a pour but de décrire les difficultés rencontrées ainsi que les succès remportés et

les leçons apprises dans le cadre du projet MCH/FELEX en lien avec le processus d'APA, ainsi que la voie à suivre pour assurer la conformité aux exigences.

La voie à suivre vers l'APA

Dans le cas du projet MCH/FELEX, l'approbation des premiers articles correspondait à l'acceptation du design, et représentait une quantité importante de tests et d'essais à réaliser et de données objectives à produire, toutes regroupées et classées en fonction de leurs liens avec les exigences à remplir. L'abondance de données tirées de rapports d'essai et de documents de conception pour l'équivalent de six navires était imposante, mais représentait aussi une tâche colossale en termes d'examen et d'acceptation. À cela s'ajoutait une importante quantité de données opérationnelles collectées au fil de plusieurs années d'exercices de missiles, d'exercices de défense aérienne, de vérifications des capacités opérationnelles et de rétroactions de déploiement qui, mises ensemble, contribuaient de manière inestimable à démontrer que nous étions prêts à franchir l'étape cruciale de l'APA.

Évolution de la rédaction des exigences dans un contrat géré selon un modèle relationnel

La première difficulté à surmonter quand on entreprend le processus d'acceptation des exigences consiste à relier le processus aux données objectives existantes. Pour ce faire,

il faut d'abord s'assurer d'avoir une compréhension approfondie des principes premiers à la base des exigences, plus précisément l'intention initiale indiquée dans l'Énoncé des exigences, les exigences obligatoires de haut niveau (EOHN) et le contexte général de conception et de rendement de base de bout en bout. Pour évaluer l'exigence à partir des données objectives disponibles, il faut s'en remettre non seulement à l'intention originale du concept, mais également à ces principes premiers afin de ré-établir si l'exigence a été correctement assemblée et référencée compte tenu des difficultés de démontrer la conformité en situation réelle. D'après la directive émise par le Vice-chef d'état-major de la défense sur les principes premiers des exigences, celles-ci doivent être traçables, atteignables, vérifiables et complètes. Elles doivent de plus être visionnaires et tirer profit autant que possible des prévisions technologiques des meilleurs concepts. En même temps, les exigences doivent être liées de manière directe et non équivoque aux besoins opérationnels, et être fondées sur des attentes réalistes, tout en tenant compte du risque de dépassement de coûts et de retards.

Dans le cas du projet MCH/FELEX, le défi posé par la gestion des spécifications fonctionnelles de l'intégration des systèmes de combat (SFISC) résidait dans la tâche capitale de synthèse et de consolidation initiales de plus de 10 000 exigences. Des groupes de travail dédiés à cette tâche ont fini par ramener ce nombre à 3 680 exigences, soit une quantité encore très appréciable, mais plus facile à gérer. Considérant l'ampleur du travail de rédaction des exigences à faire, la tendance naturelle est d'augmenter progressivement le nombre d'exigences en fonction de la complexité de la technologie, pour offrir une performance accrue. Si, au départ, cette approche semble donner le résultat souhaité, le processus devient inévitablement très compliqué quand vient le temps d'établir clairement l'intention originale du concept, et d'effectuer la tâche tout aussi essentielle de rattacher le processus à l'Énoncé des exigences. En outre, indépendamment du caractère sans équivoque des mots « doit, devra ou fera » utilisés dans la formulation des énoncés, la réalité imparfaite de la mise en œuvre nous obligera inévitablement à dévier du plan initial. Qu'elles soient réelles ou perçues, ces difficultés font ressortir en bout de ligne l'importance des partenariats entre l'industrie et la Défense ainsi que la nécessité de part et d'autre de faire preuve de pensée novatrice, en particulier dans les cas où le rendement du système a évolué depuis l'examen critique de conception. C'est ce qui s'est produit en cours de route vers l'APA du projet MCH/FELEX, alors que de nombreuses impasses en matière de conformité ont fait l'objet de discussions conjointes dans le contexte de l'intention originale et des conditions réelles de mise en

œuvre. Des approches souples et novatrices ont été mises au point pour segmenter et catégoriser les observations afin de permettre aux équipes affectées à la tâche de rester concentrées sur les capacités, et pour que les lacunes identifiées puissent être réglées à l'aide d'une liste de Rapports d'inspection CF-1148 axés sur les capacités. Après tout, les exigences de projet ne sont que des outils contractuels utilisés pour interpréter, développer et mettre en place des rendements de référence, et non le résultat final lui-même.

L'atteinte des capacités critiques en temps opportun

Dans tout projet très complexe d'intégration logicielle faisant appel à de l'équipement commercial standard, le processus de développement en spirale devient une nécessité relative. Dans cette nouvelle réalité, l'obtention d'une référence de production dont la configuration doit être gérée peut nécessiter de nombreuses itérations et tests de régression pour atteindre et valider les étapes critiques de la conception. Dans un contexte de contraintes opérationnelles et de grande complexité, le projet itératif peut être entravé par la formalité contractuelle des tests d'acceptation usine (TAU), des tests d'acceptation portuaires et des tests d'acceptation en mer. Naturellement, ces activités formelles doivent se dérouler à temps pour permettre l'atteinte des étapes clés selon le calendrier prévu. Par conséquent, comment un projet itératif peut-il alors faire la démonstration qu'il répond aux exigences de rendement dans le cadre d'activités formelles alors que ses capacités sont toujours en cours de développement? En plein cœur des préparations de la MRC en vue du déploiement de la première frégate modernisée, et pendant la prise de décisions concernant l'envoi des navires restants au carénage de demi-vie, les équipes chargées des essais ont développé un cadre innovateur d'évaluation des capacités du système fondé sur le DCFC 129, Disponibilité opérationnelle et maintien en puissance. Conjointement avec la création de vérifications des capacités opérationnelles, de nombreuses fonctionnalités et fonctions partiellement réalisées ont été synthétisées en capacités rudimentaires facilement compréhensibles et utilisables par la flotte.

En raison de la nature complexe de l'intégration des navires, et du besoin de valider la performance de bout en bout, la nécessité d'effectuer des vérifications des capacités opérationnelles du projet MCH/FELEX était très évidente. Cette mesure est devenue particulièrement importante considérant que les exigences relatives à la séquence détection-engagement étaient l'aboutissement de centaines d'exigences réunies simultanément de façon harmonieuse.



La salle de commande des machines à bord du NCSM *Ville de Québec* avant le carénage.



Le même espace sur le NCSM *Charlottetown* suite au carénage.

Cette réalité couplée à l'expérience acquise pour comprendre, interpréter, vérifier et évaluer les capacités d'une manière plus directe et opérationnelle a également constitué une stratégie de premier plan pour arriver à l'APA. À cette étape avancée de notre travail, le processus d'acceptation avait progressé et les évaluations des exigences portaient davantage sur des scénarios du monde réel, sur la rétroaction des opérateurs et sur l'effet cumulatif des exigences, que sur les exigences prises individuellement. Ainsi, il n'était pas anormal que les exigences de niveau inférieur divergent par rapport à des capacités supérieures déjà démontrées. C'est là une leçon importante tirée du caractère formel des premiers livrables du contrat et du processus mécanique de réalisation des tests en usine, dans les ports et en mer. Cette approche pragmatique d'évaluation des capacités du système en regard de la gestion des exigences et de l'acceptation peut fonctionner pour des projets de toutes tailles et à n'importe quelle étape du processus d'acceptation.

Le caractère fondamental de l'examen critique de conception

Une difficulté importante liée à l'acceptation graduelle des exigences réside dans la compréhension des effets de la gestion du changement. Le recours à un processus lourd de renoncements et de dérogations, les demandes de modification technique et les propositions de modification du contrat, tout cela fait en sorte qu'il est facile de se laisser happer par des évaluations individuelles du système et des questions de terminologie contractuelle sans vraiment ramener les choses à l'intention originale du concept, aux compromis techniques présentés et à leurs répercussions d'un point de vue opérationnel.

« Garder l'objectif final en tête dès le début » renvoie aussi à la primauté absolue de l'examen critique de conception (ECC), et à l'importance qu'il revêt tout au long de la phase de développement, des tests et des évaluations de

conformité. La compréhension des exigences dans le contexte de ces décisions initiales est d'autant plus essentielle qu'à partir de cette étape, les contraintes et les limites de mise en œuvre vont continuellement affecter la forme, l'adéquation et la fonction des systèmes et, en bout de ligne, leur acceptation. Il va sans dire que les effets à long terme de l'ECC sont difficiles à prévoir à cette étape, mais ils demeurent tout à fait pertinents, en particulier pour ce qui est des effets de second ordre de l'intégration de systèmes complexes, comme on l'a vu pour les exigences dans différents domaines tels que l'ingénierie environnementale, l'utilisation de matériel, le domaine du CVCA et le transport d'équipement. Le choix d'une voie particulière en matière de conception et de technologie entraîne inévitablement des compromis qu'il est nécessaire d'examiner et de comprendre d'un point de vue opérationnel et technique avant la prise de décisions concernant la conception.

Exigences en regard des limites de la validation

Pour valider nos exigences aux extrémités de l'enveloppe, et pour réduire les risques pour les navires et le chargement, la validation de nombreuses exigences s'est déroulée au site d'essais au sol. Dans le contexte de cet environnement synthétique, et de la fiabilité élevée nécessaire pour la validation de la performance de bout en bout, nous nous sommes inévitablement confrontés aux limites liées aux essais réalisés dans des conditions de laboratoire. La réalisation des tests dans un environnement réel comportait elle aussi des contraintes en raison des limites pratiques. Ces contraintes auraient pu conduire à des déviations dans l'exécution des tests qui auraient pu entraîner des enquêtes coûteuses, ainsi que la nécessité d'extrapoler des arguments pour justifier la conformité de l'exigence en fonction des conditions plus extrêmes du théâtre opérationnel. Cette situation était tout aussi vraie pour les exigences touchant

le matériel commercial standard, compte tenu que les normes militaires citées pourraient ne pas s'appliquer et qu'il pourrait y avoir des disparités entre les normes d'essai, les spécifications du fabricant d'équipement d'origine (FEO) et les résultats prévus à partir de l'expérience opérationnelle. Le fait de garder l'objectif final en tête dès le début nous a sensibilisés à l'importance de développer les exigences de manière à ce qu'il soit possible de les évaluer à l'intérieur des limites pratiques des environnements tant synthétiques que réels, tout en tirant profit d'autres modes de validation, incluant le modelage dans la mesure du possible.

Énoncé des besoins du programme MCH

Lorsqu'il s'agit des exigences de contrats axés sur le rendement, nous sommes conscients du besoin de décrire les capacités et les exigences sans traiter de la solution dans les étapes menant à la demande de propositions (DP). Beaucoup ne savent pas en revanche à quel point le concept est vital dans la perspective de l'acceptation des exigences et de la clôture. Pendant le processus d'acceptation conduisant aux jalons de la Capacité opérationnelle initiale et de l'APA, il était toujours important de garder à l'esprit qu'il fallait viser des capacités de mission et un rendement de bout en bout de haut niveau, et non pas des solutions particulières ou des caractéristiques de modèle. Ceci était particulièrement pertinent étant donné que les exigences relatives aux produits n'ont jamais été complètement mises en correspondance avec l'EB et que la subjectivité finit par produire plus de débats et par compliquer les évaluations de la conformité. Les arguments de satisfaction concernant les exigences doivent être suffisamment précis pour que, s'il faut faire un choix, les décisions soient prises dans un champ d'application raisonnable au vu des preuves objectives disponibles.

Dans ce contexte, le processus d'obtention des capacités et de réalisation de l'EB était particulièrement précis à la fin de la conception et des essais réalisés dans le site d'essai à terre (SET). Bien que ces derniers soient essentiels au programme MCH et qu'ils préparent indubitablement les activités d'acceptation de la future plateforme, il est important d'être conscient des limites des simulateurs et des émulateurs, par rapport à l'environnement intégré et extrêmement complexe d'un système de gestion de combat moderne. Les directeurs et les gestionnaires de programme doivent par conséquent connaître les limites des environnements synthétiques et savoir que des vérifications opérationnelles supplémentaires sont nécessaires pour juger de la conformité d'un élément par rapport à l'EB. Pour le programme MCH, plus de 10 vérifications des capacités opérationnelles

et plusieurs déploiements ont appuyé la décision de conformité à l'exécution pour ce qui est de la forme, l'adéquation et des fonctions du produit.

Conclusion

Le travail de rédaction des exigences est une entreprise très difficile. C'est l'art de produire des capacités à partir d'une prévision de menaces futures (à la fois techniques et géopolitiques) et en faisant appel à un mélange de science, d'ingénierie et, parfois, d'intuition. Une fois que ces exigences ont été élaborées, le contrôle des changements et les évaluations de la conformité doivent toujours rester axés sur les capacités opérationnelles visées, tout en tenant compte de l'environnement réel et du maintien à long terme. Tout au long du projet MCH/FELEX, c'est notre souci d'atteindre les capacités opérationnelles en temps opportun qui a prévalu, et comme il s'agissait d'une mission où l'échec n'était pas permis, cette obligation a tout naturellement créé le momentum nécessaire à la mise en œuvre du processus d'acceptation jusqu'à son aboutissement. Bien que d'un point de vue puriste, le processus itératif puisse être agaçant, il permettait des vérifications opérationnelles périodiques qui ont jeté un nouvel éclairage sur les exigences.

Quel que soit le nombre d'exigences individuelles associées à un projet, le fait d'avoir la possibilité de vérifier régulièrement et sur une base routinière l'atteinte des capacités en situation réelle tout au long du programme est essentiel pour combler les lacunes et assurer la réussite du projet. La réussite de notre projet est attribuable à l'utilisation efficace d'outils tels que les évaluations des capacités du système, les vérifications des capacités opérationnelles et les nouvelles catégories d'état de conformité, qui ont contribué à la mise en œuvre d'un processus d'acceptation dynamique, fondé sur une réflexion prospective. De plus, la capacité de comprendre l'intention originale de l'exigence au moyen d'arguments de satisfaction bien formulés a joué un rôle primordial, surtout pour un programme comme MCH/FELEX qui s'étend sur de nombreuses années et dont la continuité peut être compromise par le roulement du personnel. Enfin, dans un programme axé sur le rendement qui repose sur un solide partenariat entre l'industrie et la Défense et comporte une importante quantité d'exigences d'intégration complexes, le programme d'essais doit demeurer un moyen flexible d'atteindre l'objectif plutôt que d'être une fin en soi. Après tout, c'est la capacité opérationnelle qu'on recherche, et c'est cet aspect qui devrait être encouragé plutôt que le seul besoin de respecter des obligations contractuelles.



Soutien logistique intégré – Soutien essentiel sur la durée de vie

Par le CapC Rob Waller – CSO-6 Ingénieur des systèmes SLI, BP MCH/FELEX

Que vous en soyez conscient ou non, en tant qu'ingénieurs et membres de la MRC, vous comptez quotidiennement sur le soutien logistique intégré (SLI). Le SLI est l'un des domaines les moins compris de la gestion de projet; il est moins séduisant que l'approvisionnement, l'installation ou la mise à l'essai, mais il est essentiel au soutien sur la durée de vie et la transition vers le service. De par sa nature même, il franchit les limites et il est donc relié à tous les aspects d'un système ou d'un projet.

Dans le contexte du Projet MCH/FELEX, la gestion de tous les livrables du SLI (pièces de rechange, programmes de maintenance prévue, Instructions techniques des Forces canadiennes, équipement d'essai, stratégie de maintenance, désuétude et transition) exige plusieurs experts à temps plein et de nombreux intervenants externes dans le but ultime de permettre à la MRC d'atteindre une disponibilité opérationnelle maximale à l'appui des missions autorisées du Canada. À l'instar de la surveillance, le SLI peut parfois ressembler à un vrai cirque.

Étant donné sa portée gigantesque, je n'en aborderai que quelques aspects intéressants. Dans l'article qui suit, je parlerai du processus d'examen des exigences en matière de maintenance (EEM), de la gestion des stocks de pièces de rechange du volet sur l'intégration des systèmes de combat (VISC) et du défi que pose le maintien des stocks.

Au moment de l'attribution du contrat de conception-construction et intégration des systèmes de combat (CC ISC) en 2008, la stratégie de maintenance approuvée par la DGGPEM pour le Projet MCH/FELEX et d'autres modifications techniques de la MCH consistait à mettre en place une stratégie « de la première ligne à la troisième ligne ». En 2009, à une réunion sur la gouvernance du comité de surveillance de la MCH, le chef d'état-major adjoint de la MCH a exposé les préoccupations des installations de maintenance de la Flotte (IMF) quant à leur exclusion de la stratégie de maintenance en tant qu'élément habilitant stratégique du soutien de la maintenance sur la durée de vie pour la classe Halifax et, par conséquent, au risque que comportait cette décision pour les opérations en cas de besoins en capacité de pointe. On a conclu que ces préoccupations étaient légitimes; on a donc créé le processus d'EEM pour permettre au BP de travailler de concert avec les IMF et la Direction - Systèmes de combat naval (DSCN) afin de cerner les capacités de deuxième

ligne pouvant être confiées aux IMF plutôt qu'à un entrepreneur de soutien en service et ainsi constituer un rapport coût-bénéfice positif sur la durée de vie du système lorsqu'elles sont juxtaposées aux coûts d'achat initiaux.

On a donc mis sur pied une structure de gouvernance pour l'EEM peu après, et elle était formée de membres importants du Bureau de systèmes de combat, de la DSCN et des IMF des deux côtes. Le comité directeur de l'EEM à l'échelon des chefs de section avait pour mandat d'examiner les conclusions et les propositions pour chaque système du VISC, et le comité de surveillance de l'EEM à l'échelon des directeurs détenait le pouvoir d'approuver les options d'EEM avant leur mise en œuvre.

La première étape du processus d'EEM consistait à comprendre les capacités de deuxième ligne existantes des différents systèmes. On y est parvenu en visitant les installations du FEO des différents systèmes du VISC, ce qui a permis de comprendre l'équipement, les outils et la formation ainsi que la portée des tâches réalistes suivant les compétences actuelles des IMF. Après la visite des lieux, le FEO a soumis un rapport détaillé exposant les différentes options du soutien de deuxième ligne des IMF, ce qui comprenait les coûts connexes et les exigences en matière de formation et de matériel. À partir de ces conclusions, on a produit une analyse de rentabilisation et on l'a soumise à l'examen et à l'approbation du comité de surveillance, suivant les recommandations formulées par le comité directeur quant à la solution la plus économique ou constituant une capacité stratégique côtière souhaitée par la MRC. Dans la plupart des cas, les options soumises à l'approbation correspondaient à de l'équipement permettant de tenir des essais pour confirmer l'absence d'anomalie. Dans le contexte d'une stratégie de maintenance de la première ligne à la troisième ligne, toutes les pièces défectueuses sont expédiées au FEO pour être réparées ou remplacées. Selon la capacité de formation et de mise à l'essai à bord, de 10 à 30 pour cent du matériel retourné au FEO n'est pas endommagé et est « réparé » rapidement. En pareil cas, le client reçoit une facture, quoi qu'il en soit. L'existence d'une deuxième ligne pouvant confirmer l'absence d'anomalie permet d'éviter de payer de tels frais.

Au moment de la publication de cette édition spéciale de la *Revue*, deux solutions d'EEM sur neuf auront été entièrement mises en œuvre (c.-à-d. équipement installé, formation initiale terminée, documentation et pièces de

rechange livrées), et le reste sera achevé avant la capacité opérationnelle totale du Projet MCH/FELEX. À l'instar de l'approche hybride adoptée par le l'initiative du soutien en service naval, le résultat net de l'EEM est une responsabilité partagée entre l'entrepreneur chargé du soutien en service (ESS) et l'IMF qui permet d'économiser des coûts pour le Canada, d'utiliser efficacement les éléments habilitants stratégiques (c.-à-d. les IMF) et de raccourcir le cycle décisionnel de la « boucle OODA » du dépannage, ce qui permet à un navire de guerre d'être plus disponible sur le plan technique.

Un autre défi du SLI ayant eu une incidence sur la majorité des intervenants de la MCH et de la MRC a trait à la stratégie initiale pour les pièces de rechange de l'intégration des systèmes de combat (ISC) et à la façon dont ces hypothèses initiales ont rendu difficile l'approvisionnement en matériel suffisant pour les opérations de soutien au cours des trois dernières années. Le concept original de l'approvisionnement en pièces de rechange initiales consistait à privilégier la prudence et à acheter de petites quantités de pièces de rechange afin de recueillir des données sur les défaillances durant les deux années menant au soutien en service, et un rapport d'analyse du soutien logistique (RASL) plus précis pouvait confirmer la quantité et le type de matériel à acheter. L'objectif premier était de réduire au minimum les achats de matériel entreposé sur des tablettes pendant 20 ans et jamais utilisé. Le concept fonctionne en principe, mais on a rapidement déterminé après l'attribution du contrat que la quantité de matériel commandé par le MDN à LMC s'avérerait insuffisante. Le BP, la DSCN et LMC ont tenu des discussions en 2013 afin de déterminer la quantité variable entre ce qui est nécessaire au soutien des opérations et ce qui est déjà prévu pour la livraison.

À ce moment, d'autres problèmes parallèles se rapportant au SLI ont rendu difficile la détermination de l'ampleur des besoins. Plus précisément, les efforts de catalogage déployés à grande dans le Système d'information de la gestion des ressources de la Défense (SIGRD) dès la livraison du matériel ont rendu très difficile le travail permettant de connaître avec certitude le contenu des stocks de la MRC. Une fois la liste de matériel établie, on avait recours à une série d'instruments contractuels pour obtenir les pièces le plus rapidement possible. Selon le système du VISC, on utilisait des offres à commandes, des contrats en vigueur entre la DSCN et des FEO, de nouveaux contrats à fournisseur unique et des soumissions concurrentielles. En raison du degré de complexité, des longs délais de livraison et des difficultés habituelles du traitement de l'approvisionnement, l'attribution de plusieurs contrats a pris plus de temps que prévu, ce qui a causé un prolongement du calendrier de livraison jusqu'à la fin de 2017.

La transition opérationnelle réalisée en 2014 à bord des quatre premiers navires a marqué le début de la garantie d'un an du VISC. Du matériel a été retourné à des fins de réparation ou de remplacement, mais une petite quantité seulement de pièces de rechange opérationnelles (composée principalement des pièces de rechange de bord des futurs navires) était disponible pour soutenir les opérations.

Durant cette période, il est devenu évident que certaines pièces faisaient défaut à un rythme plus élevé que ce que le FEO avait donné comme intervalle moyen entre défaillances. En outre, les pièces de rechange additionnelles requises pour les déploiements n'avaient pas été prises en considération dans l'approvisionnement initial, et les retards relatifs à la conclusion des contrats de soutien en service ont tous contribué aux problèmes relatifs au soutien de la flotte. En raison de l'espace de problème cumulatif, la communication collaborative entre les navires, le BP, les N37, les cellules de demandes hautement prioritaires (DHP) et la Logistique de la base ont atténué ce problème dans la mesure du possible, mais cette situation a aussi mené à une augmentation des demandes de transfert de matériel provenant d'autres navires (TRANREQ) pour soutenir les opérations. Dans certains cas, LMC a fourni son propre matériel destiné aux installations du carénage de demi-vie pour soutenir les opérations de la MRC. Cette lutte a toutefois eu un avantage imprévu, soit celui d'une réévaluation (en tant que milieu des services techniques) de la formulation des répercussions sur les opérations ainsi que l'adoption d'une approche plus globale par les chefs de service des navires afin de comprendre que le rétablissement de la capacité technique se fait parfois au détriment d'autres unités – soit sur le plan matériel ou du soutien à la production des IMF – et que l'atteinte d'un niveau de préparation technique complète n'est pas toujours la meilleure solution pour la flotte.

Étant donné que les contrats de soutien en service restants ne seront pas disponibles avant 2019, d'autres mesures sont requises pour réapprovisionner les stocks. Un deuxième approvisionnement en pièces de rechange essentielles et opérationnelles est en cours pour atteindre cet objectif. Dernièrement, des analyses des pièces de rechange préparées à l'aide de véritables données sur les défaillances ont permis de peaufiner les exigences prévues afin de tenir compte des besoins relatifs au soutien des opérations pour les trois prochaines années. En outre, cet approvisionnement peut résoudre d'anciens problèmes liés au matériel et établir une base de référence solide pour le soutien du matériel.

Les tenants et aboutissants du soutien logistique intégré continueront de poser des défis pour les ingénieurs, mais, compte tenu de l'importance du SLI dans l'atteinte de la capacité technique, ces leçons mériteront d'être apprises.



Cybersécurité et modernisation de la classe Halifax (MCH)

Par la CapC Jennifer Waywell – Sécurité des technologies de l'information, Bureau des systèmes de combat, BP MCH/FELEX



Pourquoi la cybersécurité est-elle pertinente pour le génie naval?

Les ordinateurs sont omniprésents à la maison et au travail et ils peuvent être ciblés par des attaques virtuelles et physiques. Dans les Forces armées canadiennes, il existe des règles strictes pour protéger les actifs de technologie de l'information, comme les ordinateurs de bureau et les réseaux nationaux. Mais comment les navires de guerre sont-ils protégés contre les cyberattaques?

La cybersécurité est la protection des systèmes d'information contre les menaces visant la confidentialité, l'intégrité et la disponibilité des renseignements¹. Parmi ces types d'attaques, il y a le vol de renseignements, la modification non autorisée d'un système ou de ses données et les attaques par déni de service visant un système. Avec l'émergence de l'« Internet des objets » (c.-à-d. le réseau formé d'objets usuels comme des appareils ménagers, des véhicules, des téléphones et des immeubles qui renferment

des composants électroniques et qui sont reliés à Internet), la cybersécurité est en voie de devenir une préoccupation quotidienne².

En outre, les cyberattaques contre les systèmes de contrôle industriels sont de plus en plus fréquentes et complexes³. Ces attaques visent les systèmes de contrôle en réseau, comme ceux des installations industrielles, et elles peuvent servir à perturber les services ou à menacer la sécurité publique (p. ex., causer des pannes électriques, des incendies ou des déraillements de train). Dans un contexte naval, on peut imaginer un pirate informatique qui s'empare des systèmes de contrôle embarqués à distance et qui utilise cet accès pour prendre les commandes des systèmes de combat ou de marine d'un navire. Le pirate peut alors voler des données classifiées, endommager physiquement le matériel à bord, refuser un accès aux systèmes essentiels ou utiliser les systèmes pour atteindre les objectifs de l'ennemi (comme déclencher des tirs, modifier les mouvements des moteurs ou arrêter les systèmes essentiels d'alimentation ou de refroidissement).

1. Canada, Centre de la sécurité des télécommunications Canada, *Survol de la gestion des risques liés à la sécurité des TI : Une méthode axée sur le cycle de vie (ITSG-33)*, 1^{er} novembre 2012.

2. Chris Clearfield, « Rethinking Security for the Internet of Things », *Harvard Business Review*, 26 juin 2013.

3. Jim Finkle, *U.S. official sees more cyber attacks on industrial control systems*, Reuters, 13 janvier 2016, <http://www.reuters.com/article/us-usa-cybersecurity-infrastructure-idUSKCN0UR2CX20160113>.

Beaucoup de pays ont acquis d'importantes capacités en matière de guerre de l'information et ils peuvent mener des offensives cybernétiques orchestrées à grande échelle pour atteindre des objectifs nationaux⁴. La guerre de l'information n'est pas préoccupante seulement durant les opérations navales. En effet, quelqu'un peut exploiter les vulnérabilités de la chaîne d'approvisionnement ou durant les réparations, la révision, le carénage des navires et l'étape de l'élimination. La cybersécurité est donc un élément important à considérer tout au long du cycle de vie du matériel naval.

Défis de la sécurité des technologies de l'information (SECTI) du MCH/FELEX

Avant la MCH, les frégates de la classe Halifax suivaient des procédures de sécurité de l'information pour les réseaux à bord : le réseau local embarqué sur un navire (ShipLAN) et le réseau classifié. Ces procédures de sécurité comprenaient une certification et une accréditation (CA) du sous-ministre adjoint (Gestion de l'information) (SMA(GI)). Le système de commandement et de contrôle était composé d'équipements militaires spécialisés qui avaient été conçus et configurés uniquement à cette fin, tout comme la majorité des systèmes d'armement et de capteurs et leurs interfaces. Ces systèmes étaient gérés conformément aux politiques navales et aux politiques en matière de génie naval (comme la certification des armes et la gestion de la configuration), mais ils n'étaient pas soumis aux politiques de sécurité de l'information appliquées à l'équipement des technologies de l'information (TI).

Le système d'armes de la frégate modernisée de la classe *Halifax* a fait l'objet d'importantes améliorations. Beaucoup de composants des systèmes embarqués sont désormais des produits commerciaux, ce qui peut les rendre plus vulnérables aux attaques. Le système de gestion de combat CMS-330 est composé en grande partie d'équipements commerciaux, tout comme de nombreux composants des systèmes d'armement et de capteurs, et beaucoup d'interfaces utilisent des protocoles de réseau commerciaux standard. Il est devenu évident au tout début du projet que le nouveau système d'armes comprendrait de nombreuses caractéristiques d'un système d'information et que la protection des systèmes d'information deviendrait une grande préoccupation du Projet MCH/FELEX.

En novembre 2012, le Centre de la sécurité des télécommunications a publié *La gestion des risques liés à la sécurité des TI : Une méthode axée sur le cycle de vie (ITSG-33)*⁵. Ce document et le processus qu'il décrit remplacent les politiques de CA précédentes par une approche plus globale de la sécurité des TI, une approche à appliquer à l'ensemble du cycle de vie de l'équipement. La portion du processus de gestion des risques liés à la sécurité des TI qui remplace la CA se nomme « Évaluation et autorisation de sécurité » (EAS) et elle comprend une évaluation minutieuse des risques liés à la sécurité du système. Si l'autorité opérationnelle accepte les risques liés à la sécurité qui sont évalués, alors on accorde une autorisation d'exploiter au système pour permettre son utilisation durant les opérations. Aucune directive détaillée sur la mise en œuvre du processus d'EAS au ministère de la Défense nationale (MDN) n'a été publiée avant mars 2014⁶. À ce moment, l'équipe de la SECTI du Bureau de projet (BP) de la MCH/FELEX travaillait déjà à l'obtention de l'autorisation d'exploiter pour le premier déploiement nécessitant un niveau élevé de disponibilité opérationnelle d'une frégate modernisée dans le cadre du Projet MCH/FELEX à l'automne 2014 (NCSM *Frederickton*).

Réalisations de la SECTI de la MCH/FELEX

Le Projet MCH/FELEX était le premier grand projet d'immobilisation du MDN à mettre en œuvre le processus d'EAS, et cette mise en œuvre a commencé à un moment où le processus était toujours en cours d'élaboration. Pour orienter ce processus, on a mis sur pied un comité de surveillance formé de membres de la Direction générale - Gestion du programme d'équipement maritime (DGGPEM), de la Marine royale canadienne (MRC) et de la Direction - Sécurité (Gestion de l'information) (Dir Sécur GI) du SMA(GI). Cette initiative a facilité le respect de délais serrés avec très peu de ressources humaines.

Le processus d'EAS a été élaboré avec une infrastructure de réseau informatique à terre typique à l'esprit; le Projet MCH/FELEX a appliqué le processus d'EAS au système d'armes d'un navire de guerre. Cette application a ajouté un niveau de complexité technique et opérationnelle. Elle a aussi ajouté à l'analyse des éléments qui n'étaient pas compris dans l'expertise des analystes et des évaluateurs de la Dir Sécur GI, puisque ces derniers travaillaient habituellement

4. Jonathan Racicot, « Les cyberopérations en Chine : passé, présent et futur », *Revue militaire canadienne*, vol. 14, n° 3, été 2014.

5. ITSG 33.

6. *Security Assessment and Authorization Guideline 2014*, SMA(GI)/Dir Sécur GI, version 1, mars 2014.

avec des systèmes d'entreprise et non des systèmes de combat. Le Projet MCH/FELEX est désormais un exemple de l'application de principes de sécurité de l'information au système de TI d'une plate-forme, une chose que n'avaient jamais faite la MRC ni le sous-ministre adjoint (Matériels) (SMA (Mat)).

On a examiné plusieurs centaines de mécanismes de contrôle durant l'évaluation de la sécurité du CMS-330 et de ses sous-systèmes. Ce travail a nécessité l'examen de nombreuses politiques : gestion du matériel, gestion de l'information, sécurité du personnel et sécurité physique. Les efforts ont mené à la création de nouvelles politiques (p. ex., modification de l'utilisation des cellulaires à bord des navires) et à la modification de politiques existantes (comme les procédures pour les visiteurs des navires). L'évaluation de la sécurité exige aussi un examen des mécanismes de sécurité technique, tant logiciels que matériels. Pour ce faire, on a fait une étude minutieuse du CMS-330 et de tous les systèmes avec lesquels il interagit.

L'obtention de l'autorisation d'exploiter du NCSM *Fredericton* en décembre 2014 est une réalisation importante qui n'aurait pas été possible sans les efforts considérables déployés durant 14 mois par une petite équipe dévouée du BP de la MCH/FELEX, de la Direction - Besoins de la Marine (DBM), de la Direction - Systèmes de combat naval (DSCN), de la Direction - Besoins en gestion de l'information de la Marine (DBGIM) et de la Dir Secur GI. Au cours des six mois suivants, l'équipe a continué d'affiner ce travail en vue d'obtenir les autorisations d'exploiter pour d'autres navires; en septembre 2015, on a accordé une autorisation d'exploiter générale au CMS-330 et au système d'armes des navires de la classe Halifax. On a relevé de grands défis pour franchir cette étape importante, et ce moment a marqué une réussite éclatante pour le Projet MCH/FELEX et la MRC.

Comment gère-t-on la cybersécurité pour la classe *Halifax*?

Dans la classe *Halifax*, la cybersécurité est mise en application avec un ensemble de contrôles : caractéristiques de conception matérielles et logicielles, instructions permanentes d'opération, politiques de sécurité à bord et classification de sécurité de l'équipement et des données. Ces contrôles atténuent les risques liés à la sécurité. Le risque résiduel de cet ensemble de contrôles se transformera au fil de la durée de vie restante de la classe Halifax avec les modifications apportées à l'équipement, aux procédures et aux politiques. La surveillance des risques globaux liés à la cybersécurité



pour le CMS-330 et ses sous-systèmes sera confiée à l'autorité du système et à l'autorité opérationnelle. Elle servira à informer les décideurs sur les conséquences de la cybersécurité.

L'avenir pour la cybersécurité et le génie naval

Le Projet MCH/FELEX a ouvert la voie à l'évaluation et à l'autorisation des systèmes de TI de plate-forme, mais l'ITSG 33 est un processus qui applique à de l'équipement des considérations relatives à la sécurité de l'information, et ce, pour toute sa durée de vie. Les prochains projets devront tenir compte de la cybersécurité dès le départ afin de veiller à l'intégration de contrôles de sécurité adéquats dans les plans de projet ainsi qu'à l'application, à la mise à l'essai et à la surveillance de ces contrôles. Il s'agit d'ingénierie de la sécurité des systèmes, c'est-à-dire d'une approche d'ingénierie des systèmes pour recenser les vulnérabilités et d'atténuer les risques liés à la sécurité⁷. L'ingénierie de la sécurité des systèmes tient une place de plus en plus importante dans la gestion des projets et des systèmes au sein de la DGGPEM et pour le SMA (Mat).

La cybersécurité est pertinente pour le milieu du génie naval. À bord des navires, elle est mise en application au moyen de politiques portant notamment sur la sécurité physique, la classification de l'équipement et la gestion de la configuration. Pour les gestionnaires de projet et du cycle de vie du matériel, il y a d'autres éléments préoccupants, comme la sécurité de la chaîne d'approvisionnement, l'élaboration du profil de sécurité pour l'autorisation d'exploiter et la tenue du registre des risques pour la durée de vie de l'équipement. À mesure que les cybermenaces deviennent de plus en plus importantes, la gestion des risques liés à la sécurité des systèmes deviendra également de plus en plus importante pour la pratique du génie naval.



7. « Security Engineering », du *Guide to the Systems Engineering Body of Knowledge*, consulté le 24 mars 2016 au http://sebokwiki.org/wiki/Security_Engineering.

Vérifications des capacités opérationnelles : un élément essentiel, mais imprévu, du programme d'essais de la MCH

Par le Ltv David Irvine – OGSC NCSM *Charlottetown*



Depuis la fin de 2011, j'ai eu la chance de travailler dans le domaine de la modernisation des navires de la classe *Halifax* (MCH) à divers niveaux. Ma première expérience remonte à mon séjour à l'Installation de maintenance de la Flotte Cape Scott, alors que je me préparais à l'arrivée des frégates modernisées et que je participais à la formation initiale aux Installations de formation et d'essai maritime de pointe (MATTS) de Dartmouth, en Nouvelle-Écosse. Peu après, j'ai occupé le poste de sous-chef de service à bord du NCSM *Halifax*, j'ai reçu une affectation de trois ans au BP MCH/FELEX à titre d'ingénieur système et essais, puis j'ai obtenu mon poste actuel d'officier du génie des systèmes de combat d'un navire remis à neuf après sa mi-vie, le NCSM *Charlottetown*.

De toutes mes expériences dans le cadre du projet de MCH, l'un de mes rôles les plus satisfaisants était de fournir du soutien technique durant les vérifications des capacités opérationnelles (VCO) et de participer au groupe de travail

en coulisses dirigé par les représentants de la direction des Besoins de la marine (DBM). De mon point de vue, l'insertion avisée de VCO ponctuelles durant le programme pour surmonter les défis opérationnels et les risques constitue une histoire importante à partager avec l'ensemble de la communauté de la Marine. Le processus de VCO était sans conteste essentiel à la facilitation du déploiement des navires modernisés en vertu du programme MCH et il a donc grandement contribué au succès global du projet, bien qu'il s'agissait d'une exigence imprévue.

À mon arrivée au BP MCH/FELEX, le projet subissait une transition très notable. En effet, l'intérêt d'une perspective d'essais avait évolué pour inclure la planification et l'exécution d'essais de combat intégrés beaucoup plus complexes, chaque ensemble d'essais aboutissant à l'exécution d'un événement de combat multiple. Sur le plan de la MCH, cela signifiait que nous nous préparions pour les premiers essais de combat de niveaux 6 et 7 à bord

du NCSM *Halifax*. À titre d'agent de projet nouvellement affecté, je considérais que ce changement d'orientation était emballant quoiqu'un peu déstabilisant, car mon rôle se distinguait considérablement de celui de mon prédécesseur, une situation courante dans le milieu des officiers de marine au service technique.

J'ai rapidement appris que la modernisation des navires de la classe *Halifax* ne pouvait être effectuée de façon isolée. Ces navires n'étaient pas simplement des navires de projet, ils étaient également opérationnels. Il serait difficile de faire avancer le projet et les programmes opérationnels en parallèle, bien que la question ait été étudiée en détail tout au long du processus de planification. Plus précisément, ce ne serait pas sans lacunes ou travaux imprévus. Sur le plan administratif, le processus d'essais et la gouvernance de la MCH deviendraient un moyen particulièrement efficace de valider les exigences et de générer des mesures de suivi d'analyse et des sous-processus après les essais (p. ex. rapports de problèmes de système pour le suivi et la résolution); néanmoins, les résultats des essais de la MCH ne constituaient pas en soi une mesure adéquate pour l'adaptation aux opérations de toute version donnée du système de gestion de combat (SGC) et de ses sous-systèmes connexes.

Il ne fait aucun doute qu'il fallait plus en matière de validation de capacités de combat essentielles et d'évaluation des risques de sécurité au-delà de ce que les essais de réception pouvaient donner pour la mise en œuvre d'un élément d'intégration de systèmes de combat (EISC) donné. On a déterminé qu'une certaine forme d'essai delta ou d'évaluation était nécessaire pour surmonter ce manque et pour se préparer aux essais de tir réel et autres. Cependant, peu importe la solution, elle devait conférer plus de souplesse et de recherche à l'extérieur du scénario d'essais d'un entrepreneur, qui était naturellement axé sur la réception au lieu de la capacité opérationnelle. Mais comment pouvait-on y parvenir dans le cadre d'un programme actif? L'entrepreneur appuierait-il ce changement tardif?

Au printemps 2013, des problèmes de rendement et le manque d'un produit SGC terminé, combinés à un risque sans cesse grandissant pour le calendrier, ont forcé le BP MCH/FELEX et DBM à réviser officiellement le plan d'essais de la journée, et d'atténuer les risques de toute autre pression sur le calendrier relativement aux jalons du projet. Même s'ils étaient systématiques et compréhensifs, les essais de réception de la MCH étaient déficients en matière de capacité opérationnelle. Éventuellement, grâce à l'appui de toutes les parties et à l'allocation d'assez de flexibilité



contractuelle pour appuyer et financer cet ajout, l'ajout de VCO deviendrait le complément clé au programme existant pour surmonter les défis susmentionnés. En termes simples, les VCO étaient une série d'évaluations de la capacité opérationnelle appuyées par le personnel du projet et dirigées par la MRC (c.-à-d. le DBM) qui ont été créées par nécessité, qui tirent parti de méthodes d'essai existantes, mais qui n'ont jamais été prévues contractuellement.

Le concept de VCO englobait un processus de vérification à orientation opérationnelle réaliste qui reposait sur un système de priorités évident, permettant à la MRC d'avoir une meilleure compréhension de l'état d'utilisation d'une version de test donnée du SGC. Fondées sur une approche de développement de logiciels délibérée, les VCO exigeaient que l'entrepreneur suive un système d'essais et de développement de logiciels progressif rigoureux, comparable aux méthodes qui ont longtemps été utilisées par des organismes du MDN. Toutefois, ces essais supplémentaires, qui complétaient le programme d'essais existant, étaient

plus axés sur les opérations liées aux évaluations et aux conclusions. Le DBM et le BP MCH/FELEX seraient ainsi en mesure de conseiller la MRC en conséquence.

Initialement qualifiée (de façon un peu trompeuse) comme « libre action », la première VCO a eu lieu au site d'essais au sol de Lockheed Martin Canada à l'été 2013 devant plus de 50 personnes appuyant sa mise en œuvre. Près d'une autre douzaine de VCO ont suivi, la dernière ayant eu lieu à bord du NCSM *Charlottetown* à l'automne 2015 à l'appui du déploiement du NCSM *Fredericton* et de la dernière diffusion de logiciel. Bien que les défis liés aux RH et au calendrier étaient souvent des facteurs limitatifs, le plan de VCO idéal comprenait plusieurs étapes, notamment des tests de régression des logiciels de l'entrepreneur, des essais de vérification initiale à terre et des évaluations de validation en mer de logiciels de test utilisant des scénarios de combat réalistes comme un moyen de mettre à l'essai la configuration de l'EISC. Contrairement aux essais de réception sur place, le personnel du MDN a servi à titre de dirigeant et de directeur, alors que les experts en la matière de l'entrepreneur principal offraient du soutien et observaient. C'était un important renversement de rôle entre l'entrepreneur et le client en ce qui concerne l'exécution des essais, mais ce renversement s'est révélé particulièrement efficace compte tenu de l'objectif des vérifications des capacités opérationnelles et de la disponibilité des experts en la matière de l'entrepreneur pendant tout le projet. Ainsi, l'équipe des VCO a pu se concentrer sur les priorités pré-établies, tandis que l'équipe de l'entrepreneur a pu offrir du soutien et clarifier les demandes et les préoccupations au fur et à mesure qu'elles se présentaient sur place. Ce faisant, l'entrepreneur a pu réduire les « faux positifs » et augmenter la précision de l'observation avec l'aide d'un outil d'analyse et collecte de données et d'une présence sur place. À la fin du processus, les équipes ont produit ensemble un registre d'essais à l'appui des activités de suivi, qui a donné lieu à une discussion officielle, conforme aux processus de fermeture existants.

La capacité de prioriser et de cibler les secteurs problématiques dans une approche par étapes était un thème central des VCO, qui ne devrait pas être sous-estimé. Plus précisément, cette capacité « d'aborder et d'évaluer » des préoccupations précises a contribué au succès du programme – une possibilité qui n'existait tout simplement pas dans les essais de réception officiels (et à juste titre). Un autre avantage du processus de VCO était l'irremplaçable expérience que l'équipage d'un navire

acquerrait sur le logiciel SGM, auprès d'experts en la matière facilement accessibles. En outre, le travail préparatoire a porté ses fruits dans le cadre des activités de suivi relatives à la trousse de préparation technique. Finalement, le stress et la complexité élevés des VCO ont mis au jour des problèmes qui autrement seraient passés inaperçus. En fait, les VCO ont continué de produire des listes d'observations de rendement inacceptable jusqu'à la dernière série, et plusieurs de ces problèmes ont été observés seulement dans les activités fondées sur les VCO.

À l'avenir, et s'il y a lieu, il est hautement recommandé de continuer à utiliser les VCO comme un complément opérationnel aux essais de réception, en parallèle au dernier cadre d'ordres de la Marine connexes pour la diffusion et le développement de logiciels. L'inclusion de VCO comme une étape importante dans un programme d'essais efficace, autant en vertu d'un contrat qu'en pratique, profiterait grandement aux prochains projets de portée et de complexité similaires.



J'aimerais remercier CapF Scott Godin et Len Terpstra pour leurs apports au niveau de l'historique du programme VCO. Remerciements également tous ceux directement responsable pour mon implication au sein du programme de Vérifications des capacités opérationnelles, et ce tout au long de mon séjour à la MCH – CapF Steve Whitehurst, CapF Rob Gray, et CapC Dany Normandeau. De plus, je suis reconnaissant du mentorat et de l'approche collaborative de mes collègues des Besoins de la marine, CapC Matt Low, CapC Mark O'Donohue, CapC Monty Friend, et Kristina Ducas (CapC retraité).

Ajout d'une capacité de liaisons multiples pour la MCH

Par Steve Whiting – PMO MCH/FELEX Analyste en besoins opérationnels



Le Projet MCH/FELEX a réuni cinq nouvelles technologies dans le cadre du volet sur l'intégration des systèmes de combat (VISC), ce qui comprend probablement l'un des outils les plus polyvalents sur le plan du partage de l'information et de la connaissance de la situation : un système de liaisons de données tactiques (LDT) multiples.

Liaison : Quelle est sa nature?

Pour les néophytes, les LDT permettent aux navires, aux aéronefs et aux unités terrestres d'échanger des données tactiques (cibles, position, combats, etc.) par radiocommunication à l'aide de systèmes SATCOM EHF et UHF/SHF. Les liaisons de données ont évolué depuis leur création durant la guerre froide en raison de l'expansion de technologies comme l'antibrouillage, l'accès multiple par répartition dans le temps (AMRT) et les sauts de fréquence.

Les LDT les plus simples (Liaison 11) sont formées d'unités appelées « nœuds » et elles sont nécessaires au maintien des communications avec une station de contrôle de réseau (NCS) qui gère le réseau. Le NCS interroge les unités du réseau à tour de rôle, recueille leurs données et établit la situation tactique globale pour la partager avec tous. Cette liaison utilise des systèmes MILSATCOM UHF et UHF/HF pour échanger ses données. Si le NCS éprouve un problème technique ou de communication, peu importe sa nature, ce problème entraîne la perte de la LDT et de tous les renseignements essentiels qu'elle contenait.

Ensuite, il y a la pierre angulaire des LDT, la Liaison 16. On dit couramment que cette liaison ne comporte aucun nœud, puisque chaque participant se voit attribuer des intervalles de temps dans un réseau, et ce réseau fonctionne peu importe la participation d'une unité en particulier. Ici, ce qui se rapproche le plus d'un nœud (NCS) est la référence temporelle de réseau qui sert à synchroniser le réseau et qui aide d'autres unités à s'y joindre et à y accéder. Après sa mise en place, le réseau peut fonctionner pendant des heures sans autre référence temporelle de réseau¹. La faiblesse de la Liaison 16 est sa situation dans le spectre des radiofréquences. Comme elle se trouve dans la gamme de 960 MHz à 1 215 MHz, elle partage des signaux avec d'autres systèmes de communication civils et militaires; il faut donc éliminer physiquement ces fréquences (à l'aide d'un filtre passe-bande). Cette bande de fréquences limite donc la Liaison 16 aux opérations en visibilité directe. Pour combler cette lacune, la Liaison 16 peut fonctionner à l'aide du protocole TCP/IP (protocole de gestion des transmissions/protocole Internet) et du protocole JRE (Joint Range Extension). Grâce au chiffrement des messages et des transmissions, de l'allocation de réseaux segmentés et de l'accumulation possible de réseaux les uns sur les autres, le développement de cette percée technologique (Liaison 16) a permis à un nombre croissant d'unités (et de pays) de partager des renseignements de haute fidélité pour connaître clairement la situation.

1. *Understanding Link-16*, Logicon, 1994.

La dernière nouveauté du domaine des LDT est la Liaison 22. Cette liaison, introduite en tant que Liaison 11 améliorée de l'OTAN, est compatible avec les types de messages de la Liaison 16. La fidélité de localisation offre toutefois une capacité au-delà de la visibilité directe. La prémisse de la Liaison 22 consiste à utiliser les radios existantes de la Liaison 11 et des ordinateurs commerciaux afin de réduire globalement les interactions entre humains et machines. Dans sa forme la plus simple, la Liaison 22 est composée d'un super réseau et d'au moins deux unités qui se parlent entre elles. Dans sa forme la plus complexe, un maximum de 125 unités pourraient communiquer par l'entremise de 8 réseaux de Liaison 11 améliorée de l'OTAN. Pour que les unités puissent exploiter cette capacité au-delà de la visibilité directe, la Liaison 22 utilise une HF fixe dans la gamme de 2 MHz à 30 MHz. Tout comme la Liaison 16, la Liaison 22 ne possède aucun nœud et elle utilise des protocoles distribués afin qu'il n'y ait pas qu'un seul point de défaillance².

Liaison dans la MRC

La Marine royale canadienne utilise des LDT (11 et 14) depuis le début des années 1980; aujourd'hui, on utilise davantage la Liaison 11. La Liaison 16, axée sur l'AMRT, a été introduite dans les destroyers de la classe Tribal au milieu des années 1990 pour combler les lacunes de la Liaison 11. Malheureusement, la MRC a découvert que cette nouvelle technologie ne s'intégrait pas de façon homogène avec le système de gestion de combat de la classe Tribal, ce qui a contraint cet outil à adopter une configuration autonome et, par la suite, à regrouper l'ensemble des utilisateurs en quelques catégories.

En 2004, la MRC a consulté de nombreuses marines partenaires de forces alliées et de coalition pour adopter une philosophie radicale jamais éprouvée, soit la combinaison et la synergie de toutes les LDT sans égard au support des RF (c.-à-d. UHF, HF et SHF) ainsi que leur « normalisation » en un seul ensemble homogène pour l'utilisateur. Ainsi, la MRC pouvait se joindre à tout environnement de LDT. En plus de cet équipement de grande portée, il fallait remanier la façon dont les utilisateurs comprendraient et utiliseraient cet ensemble d'outils complexes.

Il fallait normaliser les LDT anciennes et nouvelles afin que le nouveau système de gestion de combat (SGC) CMS-330 des frégates ne s'attarde pas au réseau de liaison qui lui transmet des renseignements. Le SGC devait toujours présenter à l'utilisateur les données reçues dans

un format commun. Le besoin de normalisation était également important du point de vue de la gestion des configurations. En effet, au lieu d'avoir trois ou quatre liaisons autonomes s'adressant simultanément au SGC, la réponse se présente sous la forme d'un traducteur unique appelé « Système de traitement des liaisons de données » (STLD). Chaque LDT à bord d'un navire transmet des renseignements au STLD dans son propre langage et son propre format, puis le STLD se charge de transmettre les données au SGC dans un langage que ce dernier comprend.

Ce nouveau changement technologique et philosophique pour la MRC a retenu l'attention de nos alliés et de marines partenaires, dont les marines de l'Australie, de la Nouvelle-Zélande, de la Grande-Bretagne et de l'Allemagne; ces marines sont toutes impatientes de mener des essais avec les nouveaux navires de la MCH à la première occasion. Sur le front intérieur de la MRC, le point de vue de la capacité à liaisons multiples pour la MCH a été immédiatement adopté et adapté pour satisfaire aux futures exigences en matière de LDT des navires de soutien interarmées et des bâtiments de combat de surface du Canada.

En plus de retenir l'attention d'autres marines, la capacité de liaisons multiples a suscité l'intérêt de groupes de l'industrie de la défense, tant au Canada qu'à l'étranger. Les réussites et les leçons observées ont été transmises de façon régulière aux partenaires de l'industrie lors de foires commerciales et d'occasions dans le contexte de la Journée de l'industrie. Ces interactions ont permis d'informer l'industrie et les utilisateurs finaux des défis qui se posaient aux utilisateurs ainsi que des percées technologiques que l'industrie pouvait présenter et utiliser comme fondements pour relever ces défis.

La capacité d'« autoconfiguration » de la MCH pour se brancher à n'importe quel réseau de LDT à l'échelle nationale et internationale est démontrée presque quotidiennement et lors du déploiement de chaque navire. Cette capacité permet à nos initiatives technologiques de prendre de l'ampleur et démontre nos progrès relatifs à cette capacité de partage de données. Rien n'aurait été possible sans l'excellente collaboration entre les utilisateurs de la MRC, les partenaires de l'industrie et le BP qui se sont souvent rencontrés afin de résoudre des problèmes afin de livrer, à temps, le meilleur produit qui soit.



2. *Understanding Voice and Data Link Networking*, Northrop Grumman, 2013

Habitabilité du commandant de groupe opérationnel – Faire preuve d'innovation et d'ingéniosité dans un espace restreint

Par le CapC Rob Waller – CSO-6 Ingénieur des systèmes SLI, BP MCH / FELEX



CapC Mike Wood démontrant les défis de l'hébergement à bord.

Alors que le projet des navires de combat de surface canadiens (NCSC) s'approche de la mise en œuvre, un critère clé actuellement évalué pour le choix d'un point de référence de conception est le logement. Bien que l'énoncé des besoins original ait indiqué un besoin de 255 membres d'équipage de base et de personnel de mission, il est désormais largement accepté que les conceptions de coque disponibles ne peuvent pas recevoir ce nombre. La MRC et le BP procèdent à une analyse détaillée de l'évaluation des répercussions opérationnelles qui sont ressenties lorsqu'on commence à réduire le nombre de membres du personnel ayant un rôle de quart et de manœuvre. Il s'agit d'un exercice intéressant, et cela représente l'approche opposée vécue dans le cadre du projet MCH/FELEX par l'intermédiaire des modifications techniques (MT) en matière d'habitabilité du commandant de groupe opérationnel (CTG), selon laquelle l'attente était de fournir des couchettes supplémentaires dans un espace restreint existant lorsque le CTG était embarqué. À titre de gestionnaire de projet des modifications techniques (GPMT) MCH/FELEX de juin 2009 à décembre 2010, j'étais responsable de l'option approuvée d'ajouter 19 couchettes supplémentaires à bord, et d'achever cette tâche à temps pour le carénage de demi-vie du NCSM *Halifax*. Alors que je travaillais avec l'organisme NCI(W) pendant les trois années subséquentes, ce n'était pas la première fois

que j'entendais des plaintes individuelles sur les fruits de mon travail et de celui de mes prédécesseurs et de mes successeurs. L'objectif du présent article est de donner un aperçu du défi de mettre en œuvre une MT de MCH qui a un lien émotionnel en raison de son incidence directe sur la qualité de vie en mer des marins, et des défis réels de faire preuve d'innovation et d'ingéniosité dans un espace restreint.

L'habitabilité du CTG est l'une des trois MT fondées sur le projet MCH/FELEX qui étaient gérées à l'extérieur du contrat d'intégration des systèmes de combat. Elle appuie directement le besoin des quatre premiers navires de pouvoir recevoir le CTG afin de faire le pont entre le désinvestissement des contre-torpilleurs de classe *Iroquois* et la livraison de la version de défense aérienne de secteur/du CTG des NCSC. À ne pas confondre avec les MT d'habitabilité de la Direction – Systèmes de plates-formes navales qui ont modifié les espaces de bureau et installé des poulaines et lavabos supplémentaires, l'habitabilité du CTG englobe des logements supplémentaires pour 19 membres du personnel dans l'ensemble du navire, une chaise de commande supplémentaire et un poste de travail multifonctions dans la salle des opérations, et un espace pour les séances d'information du CTG dans la salle du matériel émetteur et récepteur pour les sonars du navire (Aft SIS).

Comme c'est le cas avec chaque MT, tout cela remonte au besoin opérationnel. Une fois que l'énoncé des besoins a été produit, une phase d'analyse des options sur un an a eu lieu, au cours de laquelle Fleetway et le DSN 2 ont analysé huit options possibles qui créaient des couchettes « à partir de rien ». Les propositions étaient nombreuses : enlever les aires communes de mess, convertir les salles d'équipement en locaux habités, créer de nouveaux locaux sur l'arrière du mât principal, enclôsonner les mezzanines du hangar, réorganiser les aménagements de mess sans modifier les cloisons pour installer quelques couchettes supplémentaires. À la suite d'un examen détaillé et d'un processus d'acceptation dans l'ensemble de la DGGPEM, une conception finale a été choisie qui représente cinq modifications majeures pour respecter l'intention du commandant :

- a. En raison de la courbure de la coque, soulever une partie du pont dans le mess 2 afin d'augmenter l'empreinte et ainsi ajouter trois couchettes supplémentaires.
- b. Fusionner les mess 7 et 8 et reprendre complètement la conception de l'aménagement pour ajouter six couchettes.
- c. Ajouter une troisième couchette et des casiers dans les cabines 1, 3 et 5 pour obtenir trois couchettes.
- d. Modifier le mess 10 pour le faire passer d'un mess de 12 personnes à deux mess de 6 personnes afin de permettre le déplacement éventuel d'officiers et de MR supérieurs lorsque le personnel du groupe opérationnel est embarqué.
- e. Créer un mess de six personnes et un espace de bureaux pour deux personnes dans l'empreinte du magasin général n° 2.

[Ne nécessitant pas de modification, la 19^e couchette du personnel du CTG est obtenue en utilisant la deuxième couchette dans la cabine du capitaine d'armes.]

Bien que la complexité de la portée du travail était immense — la spécification a été divisée en quatre parties et a rempli une boîte d'archivage —, l'autre défi de cette MT était le niveau d'intégration avec les autres MT, et la coordination requise avec les GPMT qui exécutaient la mise en œuvre en parallèle. Les nouveaux ponts de postes d'équipage nécessitaient un nouvel éclairage et des terminaux SHINCOM. L'ajout de la connectivité à la salle pour les séances d'information Aft SIS dépendait d'ententes avec SecLAN pour fournir des clients légers (ordinateurs), et une nouvelle conception de la table en métal était nécessaire pour créer une section qui se plie afin de ne pas empiéter sur l'enveloppe de maintenance du système de

leurres antitorpilles Nixie. La soustraction de l'espace précieux du magasin général no 2 exigeait l'achat d'armoires de rangement Vidmar supplémentaires qui pouvaient être placées sur des armoires existantes pour se rapprocher autant que possible d'une solution sans perte. Finalement, le placement d'un plus grand nombre de personnes dans des espaces qui n'étaient pas conçus pour eux à l'origine a eu un effet de deuxième ordre quant au besoin de réévaluer les ajustements des plaques à orifice et l'équilibrage des systèmes de CVCA afin de s'assurer que la circulation de l'air répondait aux normes sur la sécurité et les facteurs humains (plusieurs MT ont contribué à la résolution de ce problème, et doivent encore être terminées avant la capacité opérationnelle totale).

Bien que la solution finale ne soit pas parfaite, je crois sincèrement que l'exécution des besoins originaux a été faite dans le but de profiter aux marins. Parmi les plaintes que j'entends le plus souvent, deux se démarquent des autres. La première concerne l'« allée de la mort » dans le mess 7 où cela nécessite une coordination créative durant les opérations aux postes de combat lorsque 12 personnes doivent sortir de leur couchette et revêtir l'équipement de combat dans un espace très restreint. Bien que ce soit délicat, un exercice avec simulation de blessés Sea Training a prouvé qu'il est possible d'extirper une personne, et l'aménagement ne contrevient à aucun règlement de sécurité (la largeur exigée pour les couloirs principaux du mess est de 0,9 m, et celle des couloirs secondaires est de 0,7 m). La deuxième plainte portait sur l'enceinte exigüe de la troisième couchette (supérieure) dans les trois cabines. Bien que nous ayons fait de notre mieux pour gérer l'ajout de ces couchettes indispensables, je crains que la proximité au plafond continue d'être une réalité inévitable de la vie à bord du navire de quelques personnes.

En fin de compte, le travail d'un GPMT est de respecter les exigences données par la communauté opérationnelle. À l'aide d'une ingénierie étudiée, cela peut être considéré comme un succès global, accompagné d'un café Internet et d'un grand écran pour voir lorsque le personnel du CTG ou de Sea Training n'est pas embarqué. Pour tous ceux qui ont déjà été relégués à un lit derrière une armoire dans la salle d'équipement de contrôle des communications n° 3 lors d'un déploiement, ou qui ont été obligés de dormir sur une couchette chaude pendant un certain temps durant les croisières d'endurance, une légère réduction de la hauteur libre est un prix modeste à payer.



Questions relatives à la sécurité pour les formateurs et les installations côtières

Par le CapC Robert Houghton – Gestionnaire de la formation, des formateurs et des installations côtières

La modernisation des frégates canadiennes de patrouille s'appuie sur quelques-unes des capacités techniques les plus avancées dans l'industrie de la défense. Bien que le ministère de la Défense nationale (MDN) soit visé par la réglementation imposée à la technologie de l'information, la Marine royale canadienne (MRC) possède une grande expérience en gestion des processus d'accréditation. Bon nombre de personnes ont souvent tendance à oublier la corrélation entre deux autres questions de sécurité, à savoir les aires insonorisées et les aires sécurisées pour l'entreposage. La politique en matière de sécurité est conçue non seulement pour protéger les vulnérabilités des biens électroniques, mais également pour veiller à la protection adéquate des biens électroniques et du matériel classifié. Le présent article porte sur la façon dont les trois aspects de la politique en matière de sécurité touchent les solutions techniques des formateurs et des installations côtières.

La technologie de l'information (TI) a apporté son lot d'enjeux dans le monde de la sécurité. Bien qu'il ne s'agisse pas d'une liste complète, voici un certain nombre de facteurs dont il faut tenir compte au moment de déterminer les besoins en matière de TI dans des installations. Tout d'abord, la nature du projet de TI doit être clairement énoncée. La mise en œuvre consiste-t-elle en une actualisation complète (c.-à-d. nouvelle) ou une mise à niveau progressive? Le projet sera-t-il confié en sous-traitance à un entrepreneur privé ou géré par un employé du MDN? En second lieu, est-il important de comprendre le niveau de complexité requis? S'agit-il d'un système existant? Est-il classifié? Utilisera-t-on l'informatique en nuage? Le système fera-t-il interface avec un réseau existant ou sera-t-il utilisé comme système autonome? Chacune de ces questions est évaluée en fonction des assurances des produits et des processus. Toutefois, une étape essentielle du processus est la phase de conception, où un profil de contrôle de la sécurité est utilisé pour documenter les contrôles dans le contexte des activités organisationnelles, les menaces pertinentes qui pèsent l'information et les possibles répercussions sur la mise en œuvre technique. Pour compléter le profil, une approche de sécurité permet de déterminer la sélection des contrôles ainsi qu'un processus de vérification et de validation. Cette évaluation offre une première assurance et détermine les autres besoins en matière d'infrastructure.



Les besoins cernés dans le cadre de la première assurance offrent une base pour comprendre le profil de contrôle de la sécurité dans le contexte d'une évaluation des menaces et le type de renseignements à protéger. En termes simples, la stratégie en matière de sécurité doit être prise en considération tout au long du processus de planification, les principaux facteurs physiques étant la fonction des installations et sa zone de sécurité. À titre d'exemple, un système autonome classifié peut nécessiter des mesures de sécurité renforcées afin de tenir compte de l'aire d'entreposage ouverte des serveurs de réseau. En fonction du niveau de classification et de l'emplacement de l'installation, la solution peut varier d'un cabinet de communications à une pièce d'entreposage sécurisée à accès contrôlé. De plus, une bonne compréhension des couches de sécurité est nécessaire, surtout les vulnérabilités qui persistent lorsque des couches sont retirées. Voici quelques questions que l'on pourrait se poser : quel type de zone de sécurité physique convient pour mes installations? De quelle séparation avec la zone publique ai-je besoin ou, autrement,

où est la zone de réception? Quel processus a été établi pour contrôler l'accès entre ces zones? Lorsqu'on modifie l'usage des installations, il faut reconnaître que la sécurité est établie au moyen d'un ensemble de processus et de conception. Les Ordonnances et directives de sécurité de la Défense nationale, ou ODSDN, offrent des conseils stratégiques aux responsables de la mise en œuvre des installations sécurisées. Le chapitre 5 des ODSDN est une excellente source d'information. Toutefois, il ne faut pas sous-estimer les conseils des experts dans le domaine.

Par exemple, un ingénieur peut remettre en cause la nécessité d'examiner les zones de sécurité. Après tout, la charge calorifique et les calculs électriques fournissent les fondements mathématiques pour déterminer la quantité d'électricité et de climatisation qu'exige l'espace. Mais s'il fallait prendre en considération l'atténuation acoustique? Imaginez qu'il soit possible d'utiliser les installations pour tenir des conversations secrètes. De quelle façon cette utilisation potentielle influencerait-elle la solution technique? La réponse simple est que les exigences pour une aire insonorisée influencent toutes les solutions techniques.

Les normes de sécurité physique, tout comme les codes du bâtiment, ont établi des paramètres pour la construction des murs et des plafonds, mais la façon dont un conduit électrique ou une chambre mécanique — des éléments anodins en soi — sont ajoutés dans un espace peut avoir une incidence sur la performance acoustique d'une pièce. Ces éléments deviennent donc extrêmement pertinents au moment de créer une aire insonorisée. Des installations de ce genre ont été construites sans difficulté par le passé, mais le besoin d'une aire insonorisée doit être établi dès le début du projet. C'est simple, n'est-ce pas? Oui, jusqu'à ce que les exigences soient combinées. Que faire s'il faut construire une aire insonorisée contenant une installation d'entreposage ouverte pour du matériel classifié? À titre d'exemple, la majorité des ingénieurs reconnaissent que le son voyage habituellement de façon plus efficace au fur et à mesure que la masse volumique d'un matériau augmente. Dans un navire, la trajectoire acoustique serait idéalement interrompue par des modules d'isolement, comme des supports antivibratoires. Dans un bâtiment, le principe est similaire. Il faut isoler les pièces en interrompant la trajectoire acoustique au moyen d'un ensemble de matériel de différente masse volumique.

De quelle façon tous ces aspects sont-ils reliés? Les charges mécaniques et électriques, la performance acoustique, les zones acoustiques... il est facile de se sentir un peu dépassé devant tout cela. En vérité, il est *possible* d'être dépassé si les bons intervenants ne sont pas invités à

participer à votre projet dès le début. La première étape est de déterminer si la capacité souhaitée doit être protégée et, si oui, dans quelle mesure. La deuxième étape, et probablement la plus importante, consiste à tenir compte du système de sécurité tout au long du processus d'ingénierie.

L'ingénierie des systèmes de sécurité est un créneau en pleine croissance, stimulé par la prolifération des technologies. Des organismes comme le National Institute of Standards and Technology étudient en profondeur la sécurité dans le cyberspace. Cependant, il est important de ne pas oublier les principes de base : la sécurité physique.

Qu'en est-il alors des formateurs et des installations côtières?

L'approche initiale pour la conception et l'amélioration d'une installation côtière est d'établir sa raison d'être et ce qui doit être protégé. Le type de technologie et le caractère secret des discussions détermineront les besoins en matière de sécurité, qui peuvent être documentés dans les besoins repérés dans le cadre de la première assurance pour créer le profil de contrôle de la sécurité requis.

Il faut ensuite déterminer qui sont les intervenants requis pour mettre au point la solution. Cette étape est cruciale, car il est difficile de gérer l'ajout de modifications dans la conception pour répondre à des besoins en matière de sécurité repérés tardivement dans le processus, et un tel ajout aura inévitablement des répercussions sur le coût et l'échéancier du projet. Il serait judicieux d'établir une charte de projet, ou un mandat, compte tenu de l'expertise interministérielle, de sorte que le gestionnaire de projet reconnaisse officiellement la participation des intervenants. De plus, les écarts dans les processus individuels peuvent être cernés rapidement.

En dernier lieu, les objectifs du projet doivent être énoncés explicitement dans le mandat. Bien que cela puisse sembler logique, les objectifs ne doivent pas être confondus avec les exigences, même si l'un des objectifs consiste à répondre aux exigences. Il est essentiel que les intervenants conviennent d'un plan de conception comme point de départ. Au fur et à mesure que les processus d'examen sont exécutés, la conception sera comparée aux exigences et un plan de conception détaillé sera produit. Le morceau le plus important du casse-tête de la conception est de tenir compte de la sécurité tout au long de la durée de vie du projet.



Exigences de formation, coordination et défis liés au contrat de conception-construction et intégration des systèmes de combat (CC ISC)

Par le PM 2 Martin Cashin, MMM, CD
BP MCH/FELEX CC ISC, coordonnateur de formation

Le contrat de conception-construction (CC) et intégration des systèmes de combat (ISC) dans le cadre du projet de modernisation des navires de la classe *Halifax*/prolongation de la vie utile des frégates (MCH/FELEX) précise des éléments particuliers de la suite de systèmes de combat des navires de la classe *Halifax* qui seront mis à niveau¹. Parallèlement à ce contrat, plus d'une centaine de modifications techniques seront apportées, chacune par différents gestionnaires de projet, lesquelles ont également été mises en œuvre durant le carénage de demi-vie. Le présent article porte sur les exigences de formation, la coordination et les défis liés au contrat de CC ISC.

Exigences

Puisque le contrat de CC ISC était fondé sur le rendement, l'équipement particulier n'était pas connu, ou devait être conçu, au moment où le contrat a été octroyé. Par conséquent, ni la Marine royale canadienne (MRC) ni le Directeur général – Réalisation de grands projets (Armée et Marine) n'ont pu effectuer une analyse des besoins en matière de formation pour l'équipement qui n'avait pas encore été acquis et intégré.

L'énoncé des travaux pour le contrat de CC ISC précisait que l'entrepreneur principal était tenu de rédiger un rapport d'analyse des besoins en matière d'instruction (ILS-002)² selon les procédures décrites dans le volume 3 des manuels de politiques du Système de l'instruction individuelle et de l'éducation des Forces canadiennes (SIIEFC) (A-P9-050-000/PT-003). Afin de mieux préparer Lockheed Martin (LM) Canada à établir les exigences en matière de formation, le BP MCH/FELEX a demandé à différents établissements d'instruction navale d'examiner les spécifications de travail pour les officiers du GSCN, les MAR SS, les opérateurs de systèmes de combat (Marine), les électroniciens navals et les techniciens

d'armement naval. Ainsi, une liste d'énoncés de tâches a été créée et envoyée à LM Canada pour tous les métiers et les postes requis pour manipuler le nouveau système de commandement et de contrôle ou maintenir l'équipement du nouveau système de combat.

LM Canada a terminé son analyse, puis a rédigé son rapport d'analyse des besoins en matière d'instruction en 2010, lequel a fait l'objet d'un examen par les établissements de projet et d'instruction de la Marine. Les modifications ont permis de produire une deuxième version, qui a servi de base pour le plan de formation.

Coordination

Afin de veiller à ce que les exigences contractuelles en matière de formation soient efficacement gérées, un groupe de travail sur la formation et le personnel a été mis sur pied, en application de l'énoncé des travaux de CC ISC³. Ce groupe de travail était coprésidé par le responsable de la formation chez LM Canada et le gestionnaire de la formation au BP MCH/FELEX. De plus, les principaux intervenants du secteur de la marine ont été inscrits à titre de membres associés aux organisations suivantes : directeur de projet (DBM), les organisations côtières N1, tous les établissements d'instruction navale, le D PERS MAR 3, le DCM 2 et le DIEM 2 (aujourd'hui appelé le Groupe d'instruction du personnel naval 3).

Ce groupe de travail a créé la structure de gouvernance pour le BP, l'entrepreneur et la MRC afin de faire progresser l'atteinte des objectifs du projet, tout en fournissant la structure requise pour régler toute situation survenant pendant la durée de vie du projet. Le groupe de travail s'est mis à la tâche trois mois après l'octroi du contrat et les membres se sont réunis chaque trimestre, ou plus souvent, au besoin.

1. Énoncé des travaux pour le contrat de conception-construction et intégration des systèmes de combat dans le cadre du projet de modernisation des navires de la classe *Halifax*/prolongation de la vie utile des frégates, version 10.2, 12 septembre 2008, paragraphe 1.1

2. Ouvrage déjà cité, paragraphe 6.1.2.2.

3. Ouvrage déjà cité, paragraphe 6.1.2.2.

Défis

Les installations de formation appartenant à l'entrepreneur étaient situées à Halifax, mais hors des frontières de la Base des Forces canadiennes Halifax. L'emplacement était pratique pour les tests et les essais du CMS-330 et de l'équipement connexe. Cependant, il a également entraîné des défis logistiques mineurs afin de pouvoir apporter un soutien adéquat aux étudiants qui n'étaient pas de la région géographique. Il a fallu prendre des dispositions de transport et d'alimentation supplémentaires, ce qui a entraîné une légère hausse des coûts. Des principaux intervenants à la BFC Halifax et le D LOG M ont été invités à participer au projet pour veiller à ce que les coûts de logement et de logistique soient réduits au minimum, tout en s'assurant que l'on prenne bien soin des étudiants.

Le plan des Ressources humaines ne tenait pas compte du besoin d'avoir des employés du Ministère affectés à l'installation de l'entrepreneur pour effectuer des tâches administratives de contrôle. Par conséquent, le projet a exigé que deux membres du personnel militaire soient affectés pour la durée du projet afin d'aider LM Canada à assurer la liaison entre l'entrepreneur, le bureau de projet à Ottawa et l'autorité de contingentement de cours désormais située sur la côte ouest. Le BP a utilisé le logiciel de planification et de suivi des tâches des Forces canadiennes (PSTFC) afin d'affecter un premier maître (PM 2) et un maître (M 2) à une pseudo-cellule de division pour veiller à répondre aux besoins des marins et des fonctionnaires suivant la formation des membres du cadre initial d'instructeurs. De plus, ce bureau de contrôle a travaillé à maintenir un volume élevé de contingentement des cours de sorte qu'un nombre maximal d'employés puisse profiter de la formation. Le fait de tenir la formation sur la côte opposée à celle de l'autorité de contingentement des cours, le bureau de contrôle a été en mesure de combler rapidement les places au fur et à mesure qu'elles se libéraient pour maximiser la disponibilité des places, en fonction des listes d'attente fournies par le Groupe d'instruction du personnel naval.

Une autre condition de formation dans les installations d'un entrepreneur est l'exigence pour les employés du ministère de la Défense nationale (MDN) de remplir une demande de permis de visite (DPV). Il s'agit d'une exigence imposée par l'O AFC 20-5 et des exigences de l'industrie dictées par la Direction de la sécurité industrielle canadienne et internationale de Services publics et Approvisionnement Canada. Ainsi, plus de 8 000 DPV seront présentées, renouvelées annuellement et gérées tout au long de la durée de vie du projet. Il s'agissait d'une tâche

majeure entreprise par le personnel du projet ainsi que par chaque surveillant de la sécurité de l'unité pour tous les employés du MDN ayant besoin d'accéder aux installations de l'entrepreneur.

Évaluation

Quelle leçon peut être tirée de cette expérience pour les prochains projets? Si les installations avaient été construites sur la propriété de la BFC Esquimalt ou de la BFC Halifax, les problèmes logistiques et les coûts de déplacement supplémentaires auraient pu être évités. En ce qui concerne la formation, les problèmes logistiques sont d'une importance mineure. Cependant, à un certain stade entre l'acceptation des premiers articles (APA) et l'atteinte de la capacité opérationnelle totale, les formateurs restants aux installations de formation et d'essai maritime de pointe (MATTS) de Lockheed Martin devront effectuer la transition aux établissements d'instruction navale, ce qui réduira la disponibilité des formateurs pour l'instruction continue de même que la capacité de mettre à jour le système de gestion de combat CMS-330, au besoin. Si les formateurs se trouvaient déjà sur la propriété du MDN, cet écart de disponibilité associé à la transition ne se serait pas produit et l'exigence de présenter des demandes de permis de visite n'aurait pas entraîné un travail d'une telle envergure. Il aurait toutefois fallu vérifier si les employés possèdent une autorisation de sécurité valide, mais ce processus aurait été entièrement géré par le MDN si les installations étaient contrôlées par celui-ci.

Conclusion

Cet article a porté sur des questions relatives à la formation dans des installations appartenant à un entrepreneur. Historiquement, la plupart des formations pour la MRC se sont déroulées dans des installations appartenant au MDN. La cadence actuelle du gouvernement du Canada en ce qui concerne les questions de sécurité, alliée à la récente publication des Ordonnances et directives de sécurité de la Défense nationale, ont fait en sorte que les marins ont dû être formés sur les plateformes de MCH dans des conditions houleuses, mais le cours s'est avéré navigable grâce à l'ingéniosité de tous les intervenants dans la formation et à leur volonté d'accomplir le travail. Dans la mesure du possible, il y aurait lieu d'accorder la priorité aux installations du MDN pour la prestation des formations, mais si ce n'est pas possible, il conviendrait des effets de deuxième et troisième ordres pour la sécurité, la logistique et les ressources humaines.



Un point de référence commun pour les navires après la MCH

Par le CapC Dany Normandeau (BP MCH/FELEX, BSC 2-4) et Spencer Collins (CETM)



Comme bon nombre des anciens systèmes de combat, les capteurs introduits dans le cadre de la modernisation des navires de la classe *Halifax* ont la capacité de compenser, sur le plan logiciel, leur position relativement à un point de référence choisi. Les systèmes de combat peuvent également tenir compte d'autres valeurs de correction de biais obtenues au moyen d'essais, comme les biais de tangage, de roulis, d'élévation, de portée et de relèvement. Ces valeurs permettent aux systèmes de corriger des biais physiques, et de fournir des paramètres propres à la classe ou au navire lui-même.

Le problème en question est que tous les systèmes n'utilisent pas le même point de référence, ou le même système de coordonnées. Il a été difficile de faire en sorte que tous les systèmes utilisent une référence commune, même avant la MCH, mais l'introduction de décalage des capteurs dans le nouveau système de gestion de combat (SGC) CMS-330 a renouvelé l'intérêt d'un seul point de référence commun pour tous les systèmes de combat.

Tout ingénieur de système de combat, technicien en génie des armes ou opérateur chevronné saura que la capacité de viser le canon correctement, ou de fusionner la

trajectoire de deux capteurs, dépend de l'utilisation de références communes. Alors qu'une cible s'approche du navire, on constate des problèmes de parallaxe croissants et des différences de portée/relèvement (figure 1) qui, s'ils ne sont pas compensés, auront pour conséquence d'empêcher la fusion des trajectoires de divers capteurs ou de viser le canon correctement.

Le point de référence commun d'un navire pour les systèmes de combat s'appelle le point de référence du navire (PRN). Pour les navires de la classe *Halifax* qui ont terminé le carénage de demi-vie (CDV), le PRN sera un point fixe (voir les figures 2 et 3) fondé sur une estimation calculée du centre de gravité d'un navire post-CDV en état de charge qui serait typique au milieu du déploiement – en d'autres mots, pas entièrement chargé (en condition de départ à pleine charge), ni vide (en condition d'arrivée à charge réduite). Le PRN est le même pour tous les navires de la classe *Halifax*. Il a des valeurs fixes dans les trois axes, est maintenant documenté dans une publication technique des Forces canadiennes et ne bouge pas avec une charge¹.

1. Pour les systèmes de combat modernes, ce point de référence commun est généralement centré sur le radar principal ou constitue le centre de gravité du navire à un état de charge connu. L'avantage de ce dernier est que ce point peut également être utilisé pour la navigation, puisque le centre de rotation du navire est essentiellement le même que celui de la gravité.

Fait intéressant, par le relevé d'un navire sur chaque côte, et la comparaison avec d'autres relevés, l'ingénierie de l'Installation de maintenance de la flotte a été en mesure d'établir une référence positionnelle moyenne de la classe (à moins de 5 cm) pour tous les radars². Les valeurs de parallaxe donnent les valeurs X, Y et Z du capteur et du canon au PRN. Ces valeurs sont entrées dans le sous-système ou le SGC, selon le cas.

La conception du CMS-330 présente quelques fonctions automatisées permettant de s'assurer que toutes les erreurs de portée, de relèvement et d'élévation entre les capteurs relativement à un capteur de référence (normalement un système de conduite de tir) sont supprimées. Cette fonction dépend fortement de l'hypothèse selon laquelle tous les capteurs rapportent la position de la cible en fonction du PRN. Les essais de vérification de l'alignement des systèmes de combat accomplissent cette tâche importante.

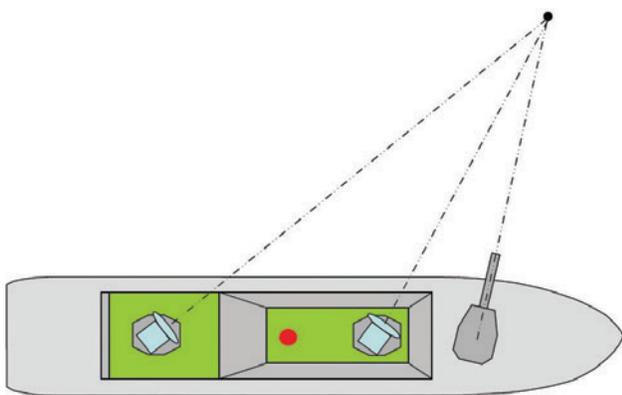


Figure 1. La parallaxe s'accroît alors que les cibles se rapprochent

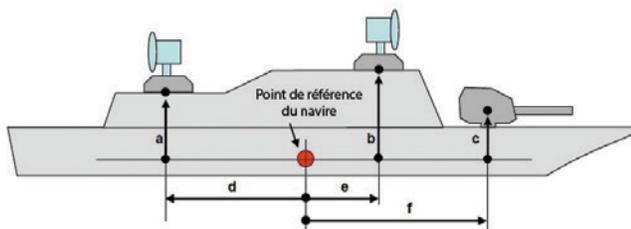


Figure 2. Point de référence du navire

Le changement de PRN n'est pas sans difficulté. Dès le début, on a découvert que l'un des capteurs, le radar SG-180, ne compensait pas par rapport au PRN (une erreur d'environ 21 mètres longitudinalement). Cette découverte a déclenché une modification dans le logiciel du CMS-330, ainsi que la réalisation de plusieurs essais, pour s'assurer que la fonction de correction de la compensation liée au PRN fonctionnait correctement.

Plusieurs systèmes clés comme le système de navigation par inertie, le système à lancement vertical de missiles guidés Mk-48 et le système d'arme de combat rapproché Phalanx ont des biais qui compensent le fait qu'ils ne sont pas situés directement au PRN. Plusieurs de ces systèmes présentaient des compensations qui étaient très près du nouveau PRN post-CDV, mais l'enquête a révélé que la plupart ne faisaient pas référence au même point précédemment.

Le changement du point de référence, même de quelques centimètres, peut nécessiter de grands efforts selon le système. Par exemple, les tables d'adaptation positionnelle pour les missiles doivent être reprogrammées, et des simulations doivent être effectuées afin de s'assurer que les missiles ne touchent pas une structure du navire.

En conclusion, la coordination de toutes les compensations des systèmes individuels par rapport au PRN doit être faite de manière systématique. Heureusement, le processus de modification technique saisit et coordonne ces modifications pour tous les systèmes touchés. Le fait de publier le nouveau PRN permettra de s'assurer que toutes les armes et tous les capteurs rapporteront des cibles d'un point commun dans l'espace (le PRN) et de rendre le rendement des armes de la classe *Halifax* plus précis et léthal.

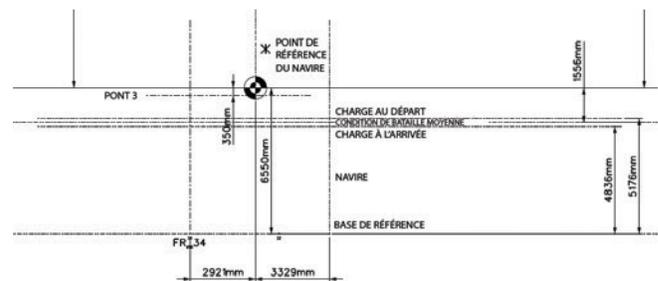


Figure 3. Gros plan du point de référence du navire

2. Les résultats se trouvent sur le dessin W-15011 – point de référence du navire (moyenne de la classe Halifax). La référence originale est fournie dans l'objet intégré du PDF au cas où le document source serait requis.

Le regard de l'industrie :

Perspectives de Lockheed Martin Canada

[**Note de la rédaction** : Les principaux partenaires de l'industrie qui ont participé au projet MCH/FELEX ont été invités à présenter leur point de vue concernant les aspects clés du projet.]

Gouvernance

Le projet de modernisation des navires de la classe *Halifax* (MCH) a adopté une structure de gouvernance qui fonctionnait sur plusieurs niveaux, fournissant de l'orientation relative au projet tout au long de la durée du projet. Les niveaux, passant d'un comité exécutif à des groupes de travail, fournissaient aux intervenants un moyen officiel de faire rapport sur la situation et de connaître la situation, d'échanger des idées sur les défis et les solutions, et de convenir des ajustements et des mesures correctives. La structure de gouvernance a permis aux différents niveaux de gouvernance d'effectuer leurs activités de façon presque autonome, prenant des décisions et des mesures appropriées au sein de leur propre niveau de pouvoir, mais a également permis de s'assurer que les mesures et les décisions à tous les niveaux s'intégraient harmonieusement aux autres niveaux. La structure de gouvernance a entraîné la délégation des pouvoirs au plus bas niveau. Cela a habilité les intervenants à prendre les meilleures décisions possible dans l'intérêt global du projet en fonction du plus grand nombre de renseignements récents disponibles.

Le Comité de promoteurs (CP) a représenté la gouvernance au niveau exécutif avec des membres exécutifs du MDN, de Services publics et Approvisionnement (SPA) Canada, d'Irving Shipbuilding Inc. (ISI), de Seaspan, de Fleetway et de Lockheed Martin Canada (LMC) se réunissant tous les quatre à huit mois selon l'étape du projet. La charte du CP engageait chaque membre à travailler ouvertement et équitablement avec les autres dans un esprit de coopération afin d'influer favorablement sur les résultats du projet global. Le CP prendrait de grandes décisions visant à apporter des correctifs avec l'accord de tous les intervenants.

L'équipe de projet intégrée **Canada**-industrie (EPI-CI) s'est traduite par un événement triennal de style conférence qui s'est échelonné de 2009 à 2015. L'événement était géré au niveau du gestionnaire principal des programmes et a permis de réunir divers intervenants du MDN et de SPA avec les principaux intervenants de l'industrie travaillant

sur le projet. L'événement se déroulait généralement sur trois à cinq jours avec plusieurs petits groupes pour optimiser les réalisations. L'EPI-CI couvrait toutes les principales activités du projet, y compris les problèmes techniques, les enjeux relatifs au calendrier, les questions contractuelles et les problèmes de logistiques. L'événement de l'EPI-CI présentait généralement l'état et les rapports importants utilisés pour le CP. Parmi les principaux avantages de l'EPI-CI, citons :

- L'établissement et le renforcement des relations pendant toute la durée du projet;
- le partage des renseignements à tous les niveaux;
- le travail les principaux enjeux en petits groupes.

Les forums de production des côtes Est et Ouest, représentés par le MDN et l'industrie, ont obtenu le pouvoir de résoudre les difficultés locales pour chacun des navires faisant l'objet du programme de carénage. Les forums de production avaient lieu chaque semaine pour s'attaquer aux affaires courantes et aux enjeux, mais faisaient rapport par l'entremise du forum de production national, lequel était un organisme de surveillance dans le concept de l'EPI-CI.

La structure de gouvernance officielle du plus bas niveau était le groupe de travail qui était généralement composé de représentants du MDN et de LMC, mais d'autres intervenants y participaient au besoin pour réaliser des progrès. Les groupes de travail déterminaient généralement les mesures et les activités qui étaient requises, dans les limites du contrat, afin d'élaborer les produits et les livrables pour atteindre les objectifs du client final. Par exemple, les instructeurs et le groupe de travail sur l'instruction se sont réunis régulièrement pour élaborer les programmes d'instruction et les produits d'instruction afin d'effectuer le premier cadre d'instruction et l'instruction continue à plus long terme. Les groupes de travail remettaient leurs rapports à la chaîne de gestion des programmes, lesquels servaient généralement aux activités de l'EPI-CI.

Les leçons découlant de l'expérience de gouvernance de la modernisation étaient que la structure du programme et les processus connexes devaient intégrer des canaux de communication clairs et habiliter les intervenants du projet à résoudre des problèmes à tous les niveaux.

Spécifications des modifications techniques (MT)

L'élaboration et la gestion de modifications techniques (MT) dans le cadre du projet de MCH représentaient un défi en raison du calendrier serré du programme. Pour réduire les coûts et les risques, LMC a retenu les services d'une équipe de conception de navire de Lockheed Martin USA qui a récemment travaillé sur la conception de navire de type Littoral Combat Ship de la Marine américaine. Conjointement avec Fleetway (agent de conception de navire de la classe *Halifax* du **Canada**), les modifications conceptuelles de la MCH pourraient être transformées en 17 MT relatives aux systèmes de combat (neuf éliminations et huit installations) afin de soutenir les activités de carénage des chantiers navals. Toutefois, le processus et la norme des MT ont été élaborés afin qu'ils conviennent aux pratiques opérationnelles existantes de la Marine royale canadienne. Cela a permis à l'équipe de projet de tirer parti du savoir-faire, des ressources et des activités de mise en œuvre du Canada pour réduire les risques et l'incidence sur le calendrier.

Pour élaborer les MT, l'équipe de conception de navire de LMC a travaillé étroitement avec l'équipe responsable de l'élément d'intégration de systèmes de combat (EISC) de LMC pour cerner, élaborer et recueillir les renseignements nécessaires des divers fournisseurs d'équipement. Le processus a commencé par l'établissement de spécifications officielles par LMC pour les budgets et les marges associés à chaque sous-système, afin que les produits élaborés par les fournisseurs s'insèrent dans les enveloppes globales disponibles pour le produit final. Les fournisseurs devaient tenir compte de ces budgets et marges lors de la conception de leurs sous-systèmes. Ces renseignements fournis par les fournisseurs (RFF) comprenaient les exigences d'interface des navires, les câbles d'interconnexion, les connecteurs, les exigences électriques, les exigences de refroidissement, les caractéristiques environnementales et les caractéristiques physiques de l'équipement de chaque sous-système.

Le positionnement de l'équipement était le résultat de plusieurs études de conception, notamment une interface personne-machine pour l'exploitation et l'entretien. Les outils utilisés appuyaient l'élaboration de l'aménagement

initial de l'équipement sur et sous le pont. Le mât a été évalué relativement au rendement technique, notamment la portée de détection, les champs de perception de l'antenne, l'interférence électromagnétique entre l'équipement, et les signatures thermiques et radar. Des vues tridimensionnelles du mât et des espaces pour les systèmes de combat ont été créées pour appuyer les revues des intervenants avant les approbations de la configuration finale.

Le calendrier a imposé le plus grand défi quant à la préparation des MT pour l'arrivée du premier navire au chantier naval. Le chantier naval exigeait les MT six mois ou plus avant l'arrivée d'un navire afin de se procurer du matériel à long délai de livraison et élaborer un plan de production. L'agent de conception exigeait les RFF 12 mois ou plus avant l'achèvement de la conception des MT, et plusieurs des fournisseurs avaient besoin d'un an ou plus pour produire les RFF requis. Comme le contrat a été signé en novembre 2008, et que le premier navire est entré dans le chantier en septembre 2010, le calendrier a été comprimé dès le début avant que tout autre nouveau défi ne survienne.

Pour relever les défis en matière de calendrier, LMC a pris plusieurs mesures d'atténuation pour réduire l'incidence sur le calendrier, notamment :

- Obtenir des RFF durant l'étape préalable au contrat dans la mesure du possible;
- Intégrer le personnel de l'agent de conception sur place à LMC pour atteindre une réalisation rapide des modifications et pour répondre à toute préoccupation du chantier naval concernant les MT;
- Normaliser les articles des fournisseurs (comme le type de câble et de connecteur) pour réduire la courbe d'apprentissage pour l'équipe de conception;
- Apporter une amélioration « Kaizan » au processus d'élaboration de MT pour exclure les activités non nécessaires;
- Établir des paramètres globaux pour mesurer et comprendre le progrès des MT;
- Au besoin, lorsque des RFF ne sont pas disponibles, utiliser la base de connaissances de l'industrie exhaustive de LMC pour élaborer des MT préliminaires afin de permettre le début de la planification du chantier naval.

Tous les navires doivent faire l'objet de modifications de configuration pour plusieurs raisons et, par conséquent, des MT supplémentaires sont exigées selon le navire. LMC a mis sur pied un programme de gestion et de suivi des modifications au début du programme de carénage afin

d'appuyer la gestion des commentaires de plusieurs intervenants dans le cadre du programme. Un conseil de contrôle des changements hebdomadaire a été mis sur pied pour s'assurer que les changements étaient évalués par plusieurs intervenants pour la présence de répercussions sur la mise en œuvre des MT.

Bien qu'elles soient fondées sur un ancien modèle, les MT apportées aux navires ont été efficaces pour cerner les processus documentés standard à utiliser dans le cadre du carénage, et les références de pièces d'équipement précises. Pour les prochains programmes, il existe une possibilité d'utiliser de nouveaux modèles d'information numériques de construction navale pour produire une conception de type MT. Cependant, les techniques d'atténuation des risques utilisées sur la MCH, comme l'obtention de RFF préalablement au contrat, peuvent tout de même être utilisées pour relever les défis qui se soulèveront probablement dans le cadre d'un projet de construction navale complexe.

Premier navire

La modernisation des navires de la classe *Halifax* a été planifiée avec une période de deux ans d'activités de conception avant que les 12 navires fassent l'objet d'un carénage à mi-vie. À la suite d'une préparation minutieuse de deux ans (et plus) qui a entraîné la livraison d'une proposition à **Canada** en juin 2008, LMC a accepté le contrat de concevoir la mise à niveau des systèmes de combat. Atteindre un prix et un rendement qui répondent à l'objectif du **Canada** d'un contrat à prix fixe et ferme a été un défi. Le contrat comprenait des modalités relativement standard, un énoncé des travaux de haut niveau et une spécification de rendement de l'intégration des systèmes de combat (SRISC) pour le prix de 1,282 milliard de dollars canadiens. Le calendrier de carénage était basé sur un plan décennal de la flotte, avec le NCSM *Halifax* entrant en chantier pour un carénage en 2010.

Traditionnellement, dans les programmes de construction navale et de carénage américains, un premier navire est désigné pour gérer le risque de développement associé au projet. Les problèmes et les défis de conception et de production qui se présentent sont résolus sur le premier navire afin de créer des solutions pouvant être appliquées aux activités de production subséquentes. Généralement, la production ne se stabilise pas avant les navires 3 à 6.

La construction contractuelle de la MCH donnait l'option de vérifier le rendement des systèmes de combat mis à niveau sur les cinq premiers navires afin de respecter la configuration de base acceptée. Toute modification de rétro-ajustement exigée sur n'importe quel navire en raison

de lacunes découvertes durant les essais sur tout autre navire était la responsabilité de l'entrepreneur. En effet, le concept d'avoir un premier navire sur lequel on peut valider la conception, résoudre des problèmes, mettre à jour les exigences de base de production et ajuster le prix n'existait tout simplement pas.

Durant l'élaboration de la proposition de 2006 à 2008, il était évident qu'il existait des difficultés à produire une configuration finale sans premier navire. Pour atténuer ce problème, LMC a élaboré un plan pour maximiser le rendement sur le premier navire remis en état, réduisant par conséquent les risques avec les navires subséquents. Cette approche a entraîné de nombreuses décisions de planification, y compris le choix des mêmes chantiers navals pour effectuer le carénage que ceux choisis par le **Canada** pour le contrat de navires multiples, et l'utilisation des services de l'agent de conception du **Canada**, Fleetway International, pour créer les modifications techniques exigées par les chantiers navals. L'une des premières décisions importantes était de tirer avantage des concepts existants, lorsque possible, pour minimiser la reprise de travail potentielle.

LMC a planifié de construire un site d'essais au sol dans la région de Dartmouth en Nouvelle-Écosse qui appuierait la validation de la conception des systèmes de combat avant d'entreprendre les travaux sur le premier navire remis en état. Le site d'essais au sol utiliserait le 13^e lot d'équipement destiné au centre d'instruction des systèmes de combat et fournirait un environnement d'intégration avec un rendement réaliste des capteurs. L'alimentation en électricité a été conçue pour correspondre aux alimentations triphasées sur les navires, et des câbles de type embarqués seraient utilisés pour reproduire fidèlement le concept à bord. On a choisi de l'équipement de navire essentiel interagissant avec le système de combat, en plus du concept pour le générateur de scénarios d'essai utilisé dans le matériel d'instruction du système de combat et les modèles d'équipement simulé. La mise en place d'une plateforme de toit a été planifiée pour permettre l'installation de tous les capteurs choisis (radars 2D, 3D et de navigation, identification ami/ennemi [IFF], mesures de soutien électronique [MSE], radars de conduite de tir), de façon à ce qu'ils rayonnent et détectent des cibles aériennes réelles dans la région.

À la suite de l'attribution du contrat, le premier plan de navire de LMC a créé un programme exigeant qui a entraîné des activités d'ingénierie des systèmes qui étaient essentielles à l'atténuation du risque que les intervenants clients aient des attentes différentes des produits livrés. L'examen des exigences du système, la sélection de

l'entrepreneur responsable du sous-système (équipement) et l'examen de la conception préliminaire (ECP) devaient tous être effectués au cours de la première année du contrat afin de respecter le calendrier.

Les examens de la conception, conjugués avec des groupes de travail à l'échelle du programme pour la mise à niveau des systèmes de combat, étaient conçus pour couvrir tous les livrables du contrat. Ces examens comprenaient le système de combat du navire (notamment son rendement, ses caractéristiques électriques, mécaniques et logicielles, et sa capacité à soutenir des interactions avec l'équipage des opérations et de maintenance du navire), un site d'essais au sol, la formation pour les équipages des navires et les ressources de soutien aux établissements à terre, le matériel d'instruction des systèmes de combat en tant que tels, des produits de soutien (notamment l'équipement d'essai des systèmes électroniques navals identifié par le **Canada**), les défaillances et les effets des systèmes prévus, les manuels d'exploitation et de maintenance, les outils spéciaux et l'équipement d'essai, les pièces de rechange et les ensembles de données de configuration.

Sans premier navire et compte tenu du court laps de temps entre l'attribution du contrat en 2008 et le carénage en 2010, on a mis l'accent sur l'installation des capteurs choisis sur la coque du navire. L'équipe d'ingénierie de la conception des navires, située à l'établissement de Lockheed Martin à Moorestown, au New Jersey, sous la supervision du directeur technique de LMC, et travaillant avec Fleetway International au sein de l'équipe intégrée de produits (EIP) en conception de navire MCH-ISC, était déterminante pour l'élaboration de la disposition de l'équipement sur le

pont et sous le pont, et la transformation de cela en le jeu de documents techniques qui pourrait être utilisé par Fleetway pour créer des trousse de modifications techniques des systèmes de combat. Parallèlement à la conception de navire, LMC vérifiait le rendement au moyen de rapports spécialisés, notamment les rapports du poids total, les calculs du centre de la gravité, les charges électriques, les besoins en eau de refroidissement, etc.

Dès le départ, la configuration des anciens navires faisant l'objet de carénage était un risque, et une stratégie d'atténuation a été élaborée lorsqu'un relevé préalable au carénage a été effectué à bord qui utilisait des lasers de balayage pour prendre des mesures numériques des espaces du navire. Cela visait à offrir la meilleure base de référence possible afin d'élaborer les MT d'installation. Durant les relevés préalables au carénage, des limites, notamment l'effet du retard et de la quantité d'équipement dans les espaces, ont rendu difficile la réalisation des relevés. En général, plusieurs espaces ont été vidés durant les activités d'enlèvement d'équipement.

Les MT du navire ont été divisées en 17 MT majeures – 7 pour l'enlèvement de l'ancien équipement et 10 pour l'installation des nouveaux capteurs. Les MT portaient sur des sous-systèmes complets qui donnaient un aperçu de toutes les modifications requises permettant à un sous-système de fonctionner. Cela comprenait la liste du matériel, la coque et des diagrammes mécaniques, électriques et de système de combat. Pour appuyer l'exécution de travaux dans les espaces du navire, une matrice de correspondance a été fournie pour faire correspondre les MT associées aux systèmes aux compartiments à bord.



Grâce à l'ECP, le **Canada** a cerné des préoccupations concernant le rendement du radar 2D proposé pour répondre aux nouvelles exigences des systèmes de combat. Collaborant avec LMC et le fabricant d'équipement d'origine (FEO) du radar 2D, une entente a été conclue à la semaine de conférence de l'équipe intégrée des produits **Canada**-industrie en octobre 2010. Cela a entraîné des modifications à l'adaptation de l'équipement, qui a nécessité d'autres modifications à apporter dans l'espace de combat sous le pont. LMC, en collaboration avec le FEO, a été en mesure de réaménager les espaces sous le pont.

L'examen critique de la conception (ECC) pour le système de combat a eu lieu un an après l'ECP à Montréal à l'été 2010 comme étant l'événement majeur avant le carénage des navires. Cet examen présentait une fois de plus l'état de la conception de tous les articles relatifs au contrat d'intégration des systèmes de combat. Un ensemble de mesures a découlé des examens qui devaient être passées en revue par les équipes intégrées des produits de LMC.

En 2010, LMC a établi un bureau de chantier naval avec du personnel situé dans l'espace de bureaux loué auprès d'ISI. L'objectif de la collocation de personnel était de faciliter la résolution de problèmes opportune et efficace afin que des modifications de base immédiates soient apportées aux prochains navires.

Peu après l'ECP des systèmes de combat en 2010, l'ensemble de base de MT a été livré aux chantiers navals pour répondre à leur exigence d'avoir six mois ou plus avant le carénage. Avec la livraison de la première production de base, la planification pouvait commencer sérieusement par ISI. Le matériel précisé dans les MT pouvait désormais être obtenu auprès de fournisseurs. Cela a mené à un certain nombre d'activités pour trouver des sources pour l'acier spécialisé requis pour l'installation des systèmes de combat. Cela comprenait la commande de tout-venant pour un certain nombre de matériaux, l'acquisition de composantes en acier spécialisé de diverses industries et la recherche de fournisseurs locaux pour le matériel indiqué dans les MT.

Pour réduire les délais causés par les modifications de conception découlant des différences de configuration de chaque plateforme, LMC avait des agents de conception travaillant avec LMC au bureau situé à ISI. Cette activité particulière consistait à passer en revue les avis de défaut du chantier naval en analysant les problèmes de conception des tôles de pont et en apportant une modification qui corrigerait le problème.

Les modifications découvertes dans le processus d'installation et d'essai ont mené à plusieurs changements auprès des fournisseurs. Dès le début du projet, Lockheed Martin a reconnu que la réaction des fournisseurs serait essentielle à la résolution rapide de problèmes avant que ceux-ci aient des répercussions sur les plateformes subséquentes. Lockheed Martin a intentionnellement investi dans l'établissement de relations avec tous les principaux fournisseurs.

Bien que la base de référence utilisée sur le premier navire a nécessité des modifications, elle a tout de même formé une base solide comme conception de production qui a permis à LMC de parvenir au succès sans un premier navire.

Gestion des câbles

LMC a considéré la gestion des câbles comme l'une des pierres angulaires du carénage et, par conséquent, a fait des relevés préliminaires, appuyés par une solide culture de gestion de la configuration, qui étaient essentiels à la compréhension des installations de câbles nouvelles et existantes.

Au début du projet de modernisation, le **Canada** a reconnu les répercussions négatives possibles que la gestion de câbles pourrait avoir sur la durée de vie du projet. Le **Canada** a pris des mesures d'atténuation pour contrôler la gestion des câbles afin que toute répercussion soit minimisée. L'une des premières activités était l'établissement d'un plan de gestion des câbles (PGC), dans lequel les câbles de tous les intervenants, y compris ceux de LMC, étaient intégrés dans un plan uniforme et cohérent.

Les efforts associés au PGC ont été confrontés à des difficultés en raison de plusieurs facteurs préexistants, notamment :

- le manque d'une configuration de base détaillée pour les câbles, les traversées et les blondins;
- le manque d'expertise de l'industrie canadienne et du **Canada** en matière de gestion de projets récents de grande envergure;
- le manque de renseignements fournis par les fournisseurs ou des renseignements prématurés sur les nouvelles exigences en matière de câblage;
- une fausse hypothèse que la technologie moderne réduirait le nombre total de câbles (et par conséquent, le nombre de traversées et de blondins connexes) requis partout dans le navire;
- le besoin de réutiliser un grand nombre d'anciens câbles;

- l'utilisation de matériel d'anciens câbles permanents/de coffrets de câbles ne visant pas à faciliter l'enlèvement et la réutilisation non destructive des câbles;
- le besoin de séparer les câbles rouges (classifié) et noirs (non classifié).

En raison des facteurs préexistants, une décision a été prise pour poursuivre le cheminement vers l'automatisation électronique de la configuration des câbles au moyen d'une trousse d'outils éprouvée faisant en sorte que des ajustements efficaces pourraient être faits à mesure que le projet avance. Toutefois, on ne pouvait prévoir que la trousse d'outils se révélerait rapidement inadéquate pour la tâche à exécuter, principalement en raison du fait que la configuration de câbles existante n'était pas complètement disponible.

L'exercice a cependant permis de produire les banques de données requises pour faciliter un processus de rechange qui dépendait davantage de l'interaction humaine. Une norme et un processus de spécification de câbles ont été établis en vertu desquels les renseignements sur les câbles disponibles pouvaient être facilement transformés en fiches de production de câblage. Les fiches de production de câblage exigeaient un examen manuel de divers intervenants, mais à mesure que des fiches étaient produites, la qualité et le taux de production augmentaient de façon constante. Conjointement avec l'établissement de priorités de l'ordre des travaux de production de navire et la présence sur place d'experts en conception, les activités du PGC pouvaient suivre le rythme des activités de production de navire, minimisant par conséquent l'impact global sur le calendrier.

Malgré le progrès, la gestion des câbles est demeurée un centre d'intérêt pour la direction jusque tard dans le calendrier de carénage. Plusieurs initiatives pour surveiller et améliorer la gestion des câbles se sont poursuivies jusqu'au navire 7. Les voici :

- Fournir des bobines de câbles au lieu de câbles coupés afin que des ajustements sur le pont soient faits;
- Mesurer les chemins de câbles avant de couper les câbles pour l'installation afin d'éviter que les câbles soient trop courts ou éviter le gaspillage excessif;
- Établir un programme de contrôle de la qualité solide pour repérer les dommages sur les câbles durant le processus de tirage;
- Synchroniser le tirage de câbles avec d'autres travaux de plateforme durant le carénage pour s'assurer que les câbles n'ont pas été endommagés par le travail industriel exigeant en cours dans les compartiments;

- Coordonner le tirage, le raccordement et l'essai des câbles avec d'autres travaux de carénage sur le navire pour optimiser la productivité.

Le volume et la complexité des câbles pour la MCH avaient le potentiel de faire avorter tout le projet. La coopération entre les intervenants et le désir de réussite ont permis aux équipes de gérer efficacement les câbles de manière à ce que les calendriers de carénage maintiennent le cap.

Gestion du matériel de la MCH – Une perspective de l'intégration des systèmes de combat (ISC)

Liste du matériel à installer sur les navires

La liste globale du matériel (LGM) dans la conception des systèmes de combat de LMC précisait le matériel requis pour le projet MCH-ISC. La LGM a été dressée par Fleetway International à partir de matières premières dans chacun des dessins de conception contenus dans les sept trousse de modifications techniques (MT) d'enlèvement et les onze trousse d'installation. La liste comprenait ce qui suit :

- 786 éléments enlevés des navires;
- 585 éléments retournés directement au *Canada*;
- 201 éléments entreposés aux fins de réutilisation.

Les MT d'installation comprenaient 3 680 éléments : 2 773 à être fournis par le chantier naval, et 907 par LMC, le client. Cela était pour chacun des 12 navires.

Calendrier de livraison du matériel

Dès le début de la proposition, l'objectif convenant à chacun des fournisseurs de systèmes de combat de LMC était de livrer l'équipement du premier navire au moment auquel on commençait le carénage du navire. Comme avec tout programme d'envergure, la communication ouverte et ciblée entre tous les intervenants est essentielle à la prise de décisions de conception pour répondre aux exigences du client et équilibrer ces décisions avec le besoin de livrer l'équipement en vue de respecter les calendriers de carénage. Une bonne approche de la gestion du matériel est requise pour atteindre cet équilibre.

Gestion du matériel

Tout l'équipement de l'ISC était essentiellement installé dans le cadre du carénage aux chantiers navals et la gestion du matériel était critique pour appuyer un travail efficace, c'est-à-dire le bon matériel pour les travaux de carénage.

Le risque de travaux aux chantiers navals potentiellement interrompus en raison du retard de livraison du matériel de LMC et de ses fournisseurs était un facteur important dans plusieurs des décisions de LMC. La portée des travaux de LMC en vertu du contrat de la MCH comprenait également la prise de possession de l'ancien équipement du navire au moment du carénage des navires, puis la répartition de l'équipement à réutiliser, à retourner à *Canada* ou à éliminer.

Bureaux colocalisés aux deux chantiers navals

L'une des nombreuses mesures d'atténuation au risque d'approvisionnement en matériel était que LMC mette sur pied une équipe de ressources qualifiées dans des bureaux loués aux deux chantiers navals pendant toute la durée du contrat de carénage. Ces ressources étaient d'anciennes ressources de soutien de la Marine royale canadienne et de LMC, ainsi que des ressources de sous-traitants de Fleetway International et L3 ESS, le spécialiste principal de soutien des capteurs. Ces ressources ont été choisies en fonction de leur expérience de travail dans les configurations d'anciens navires, et aussi dans les activités ayant lieu aux chantiers navals. Les deux bureaux étaient initialement gérés par les ressources de Lockheed Martin des États-Unis qui avaient de l'expérience avec le programme AEGIS.

Les deux bureaux ont bénéficié de capacités pour communiquer efficacement avec n'importe quelle équipe participant au programme d'ISC, notamment :

- l'équipe de conception de navire qui a livré les modifications techniques des navires;
- les équipes responsables des sous-systèmes d'ISC travaillant avec leurs fabricants pour livrer de l'équipement et des pièces de rechange complexes, et respectant les délais, dans la région d'Halifax;
- l'équipe de transport et d'entreposage de matériel de carénage;
- l'équipe de gestion du calendrier au sein de Lockheed Martin, du *Canada* et des chantiers navals.

Par des réunions régulières, de la technologie de bureau-tique partagée, de la gestion de données électroniques, des capacités d'impression et de balayage, et d'un système de téléphonie IP, des communications virtuelles efficaces pouvaient être maintenues. Comme c'est le cas avec toute expérience humaine, travailler sur du nouvel équipement est une activité de développement des compétences clé. LMC a budgété du temps pour les ressources de la côte Ouest au site d'essais au sol situé sur la côte Est et au principal chantier naval sur la côte Est, avant que le premier navire, le NCSM *Calgary*, n'entre dans le chantier naval de la côte Ouest en 2011.

Risques de livraison du matériel

Les risques de livraison du matériel provenaient de plusieurs aspects et comprenaient des éléments comme le changement des exigences du client, la conception ou la manipulation incorrecte de renseignements, le manque de renseignements de base sur les anciens navires, des problèmes de qualité de la fabrication, des délais de livraison, l'égarement de matériel, les dommages au matériel durant le transport, les dommages causés par la manipulation du matériel d'installation, le matériel exposé à des conditions météorologiques défavorables, des problèmes de rendement imprévus survenant durant l'installation, et des activités de mise en marche qui pouvaient mener à une utilisation précoce de pièces de rechange.

Plan de livraison du matériel

LMC a sciemment décidé de garder le contrôle du matériel d'ISC jusqu'à ce qu'il soit requis pour les activités de production du chantier naval avec une philosophie de livraison juste à temps. Cela a permis à LMC de prendre des décisions complexes en matière d'approvisionnement en matériel afin de respecter le calendrier de carénage des navires, et aussi en matière de mise en marche de l'équipement subséquent, des essais au port, et des essais en mer effectués lorsque les navires remis en état ont été retournés à la base navale et aux installations de maintenance de la flotte (IMF) du *Canada*.

Sur le plan logistique, le propre équipement de LMC pour le système CMS-330 et l'équipement du sous-système principal devaient être livrés à un entrepôt central dans la région d'Halifax, en Nouvelle-Écosse. En raison des options d'entreposage limitées sur la côte Ouest près d'Esquimalt, en Colombie-Britannique, LMC a décidé que le matériel requis pour les cinq navires de la côte Ouest serait conservé sur la côte Est, puis expédié partout au pays juste à temps pour appuyer les carénages sur la côte Ouest. Un entrepôt de taille limitée a été loué auprès de Victoria Shipyard Ltd (VSL) afin de recevoir l'équipement et de le conserver avant qu'il soit demandé à des fins d'installation durant le carénage.

Halifax Transfer International (HTI) à Burnside, en Nouvelle-Écosse, a été choisie en 2010 par LMC pour entreposer le matériel d'ISC de la MCH. Nos ressources de gestion du matériel situées à HTI ont donné des instructions au personnel de l'entrepôt d'entreposer ou de sortir l'équipement requis pour appuyer les activités des chantiers navals de la côte Est ou de la côte Ouest.

Première livraison de l'équipement – site d'essais au sol

Comme élément essentiel d'atténuation du rendement de l'équipement installé, LMC a planifié un site d'essais au sol au bureau de LMC à Dartmouth, en Nouvelle-Écosse. Ce site d'essais au sol nous a donné la capacité d'utiliser le système de combat comme un système intégré au sol avant les activités de carénage des navires. Le site d'essais au sol appuyait autant des cibles d'essai vivantes qu'un environnement simulé pour faire l'essai de la fonctionnalité globale du système. L'objectif était de vérifier le rendement du système de combat par rapport aux exigences originales du client, et de fournir un environnement de localisation des défaillances efficace pour les nombreux ingénieurs, et de faire l'essai des ressources qui uniraient le système.

Le site a été construit en utilisant les mêmes configurations de câbles que celles dans les navires de manière à ce que les problèmes surviennent rapidement, et d'élaborer des modifications rapidement avant la mise en marche et les activités d'essai des navires. La plateforme de capteurs conçue pour le site d'essais au sol était fondée sur les conceptions de carénage des navires et a été modifiée pour respecter les codes du bâtiment du secteur commercial et les exigences opérationnelles dans un environnement urbain.

Le site d'essais au sol s'est avéré être un laboratoire de développement et d'essais efficace pour le système de combat, y compris le système de gestion de combat. Les représentants en services de terrain des fabricants ont offert une formation aux ressources de LMC et de l'entrepreneur à l'intérieur du pays qui effectueraient l'installation de l'équipement sur les navires subséquents.

Enlèvement de l'ancien équipement

LMC a élaboré un système d'étiquetage utilisant les données de la liste globale du matériel pour les sept MT d'enlèvement relatives à l'ISC. Les étiquettes étaient basées sur les étiquettes 942A du **Canada**, complétées avec des étiquettes générées par ordinateur qui comprenaient le nom de la pièce, le numéro MT, le numéro d'article de la LGM si la pièce devait être conservée, retournée ou éliminée, et un code à barres compatible avec un lecteur portatif. Le personnel du **Canada** connaissait les étiquettes et celles-ci étaient imprimées avant l'arrivée d'un navire. Chaque étiquette était apposée par l'équipe sur place au chantier naval de LMC, et s'il y avait des étiquettes restantes, cela signifiait que la pièce était soit non livrée avec le navire, soit introuvable et cette situation était résolue par des discussions avec le représentant du bureau de projet local du **Canada**. Les étiquettes se sont



Étiquettes utilisées pour identifier les pièces enlevées des anciens navires

également avérées utiles pour faire le suivi des pièces alors qu'elles étaient retirées et dirigées vers le quai afin qu'elles soient transportées vers l'entrepôt de LMC à Burnside ou à Esquimalt, l'entrepôt d'équipement retourné du **Canada**, ou vers une poubelle dans le chantier naval.

Livraison de nouveau matériel d'ISC

Certains défis relatifs au matériel se sont présentés durant les carénages. LMC a travaillé étroitement avec les acheteurs d'ISI et de VSL pour trouver des sources d'acier spécialisé requis dans les conceptions de plateforme militaire comme du matériel fourni par le client dans les MT. Les acheteurs chevronnés des chantiers navals ont été en mesure de trouver de l'acier spécialisé à divers endroits, y compris l'acquisition d'acier tout-venant complet (80 tonnes) de l'épaisseur requise des tôles d'acier. Les tôles ont été acquises dans un lot pour l'ensemble du programme, apprêtées et entreposées auprès de firmes spécialisées qui avaient l'équipement de manutention convenant au déplacement et à l'entreposage des tôles.

D'autres matériaux industriels spécialisés ont également été acquis, comme les mâts à pible qui ont été fabriqués à partir de tuyaux en acier spécialisé utilisés dans l'industrie pétrolière. Ces derniers se trouvaient au Texas et ont été transportés aux deux chantiers navals à Halifax et à Esquimalt.

Certains matériaux économiquement difficiles à acquérir, en raison du besoin limité et des quantités minimales d'achat, ont été offerts par le **Canada** en provenance de ses stocks utilisés pour maintenir la flotte. Ces matériaux comprenaient les barres en T utilisées pour renforcer les tôles de pont sous le poids des châssis d'équipement du système de combat, par exemple. D'autres quantités limitées d'acier spécialisé façonné pour la structure du mât ont également été fournies à LMC par le **Canada**.

Des expériences marquantes en matière de livraison de matériel dans le cadre du programme de carénage comprenaient, en 2012, un radar 3D transporté par une compagnie de transport de marchandises de LMC du port d'Halifax sous un pont bas qui a subi des dommages à son antenne d'identification ami-ennemi (IFF) intégrée montée sur la partie supérieure du réseau principal de capteurs rotatifs. Le système d'antenne radar complet devait être retourné au fabricant, Thales, en Europe, à des fins de réparation et de nouveaux essais. LMC a travaillé en étroite collaboration avec Thales, qui a adapté son calendrier de production pour accommoder LM et le MDN, et ISI a été en mesure de reséquencer la livraison de l'antenne destinée pour le navire subséquent afin de maintenir le carénage du NCSM *Fredericton*.

D'autres expériences dans le cadre de programmes d'envergure ont été la commande tardive de pièces en raison du volume. Cette pénurie a été considérée comme tardive, et le défi a été ensuite d'accélérer la livraison avec les divers fabricants. Un exemple notable était les appareils complexes « Switching Automatic Bus Transfer » (SABT) acquis de L3 Power Paragon en Californie. Heureusement, grâce aux grandes quantités de production de la Marine américaine, le directeur de projet de L3 a été en mesure de travailler avec ses autres clients pour reséquencer la chaîne de production et respecter le calendrier de carénage dans le cadre de la MCH. À partir de là, des problèmes sont survenus relativement aux plaques d'identification, mais cela a permis aux carénages dans le cadre de la MCH de respecter le calendrier global du programme.

Les problèmes de qualité qui surgissent au fil du temps se produisent dans les contrats d'envergure. Par exemple, on a remarqué que la peinture d'un lot de guides d'ondes s'écaillait prématurément après leur installation. Suivant une analyse des causes fondamentales avec le fournisseur, les guides d'ondes devaient être enlevés du navire et retournés pour qu'ils soient peints à nouveau. Cela a nécessité l'élaboration d'un calendrier de reprise de travail, y compris tous les stocks subséquents livrés à l'entrepôt de LMC. Le fournisseur a appuyé le processus, et le calendrier de reprise de travail a pu être maintenu avec beaucoup de travail supplémentaire de l'équipe de gestion du matériel.

Certains problèmes peuvent être relativement petits et nécessiter une enquête détaillée. Au début du programme, sur le NCSM *Winnipeg*, une tendance quant aux défaillances a été remarquée sur les écrans ACL utilisés dans les consoles CMS-330. Dans ce cas, on a observé plusieurs problèmes, notamment la séparation de l'image d'écran et la perte d'une couleur. La cause fondamentale a été isolée par un technicien de LMC mesurant la résistance d'un câble à multiples torons interne et de ses sertissures de boîtier de connecteur. Ces mesures indiquaient un problème avec les raccords sertis et une enquête détaillée auprès du fabricant a permis de conclure qu'une machine à sertir dans le fournisseur de composantes d'affichage n'a pas été configurée correctement par un opérateur. Les mesures de rétablissement devaient remplacer tous les câbles de raccordement interne dans les écrans livrés. LMC, de concert avec le fabricant à nos frais, a demandé 600 nouveaux câbles et a dirigé un programme de mise à niveau au Canada pour retravailler tous les écrans livrés, et ceux en stock pour l'achèvement du contrat.

Des symptômes peuvent survenir qui indiquent qu'un capteur ne fonctionne pas. La première impression est qu'une composante livrée était défectueuse, mais après une enquête, on a remarqué de l'eau s'égoutter des raccords de câbles fixés à l'équipement à l'intérieur du navire. Dans ce cas, l'eau nuisait à l'efficacité du signal électrique créant les symptômes initiaux. L'enquête a déterminé la cause fondamentale comme étant la communication des instructions d'installation sur des interfaces critiques, notamment les pénétrations de câbles. Les réparations qui en découlaient exigeant l'enlèvement et le remplacement des câbles à un prix élevé. LMC et le chantier naval ont convenu d'un nouveau processus pour empêcher une telle situation de se reproduire sur les navires subséquents. Des câbles des navires subséquents pourraient être utilisés, et le volume utilisé devait être commandé à nouveau à temps pour appuyer la production sur les derniers navires.

Problèmes de matériel complexes – défaillances prématurées

Des défaillances prématurées peuvent survenir durant les essais sur le premier navire. Un exemple était les défaillances prématurées observées dans le radar 3D. LMC, travaillant avec diligence avec Thales, a été en mesure d'isoler la cause fondamentale après des réunions en personne. Dans ces situations, la dynamique des entreprises peut empêcher la disponibilité des renseignements afin d'appuyer ces analyses de causes fondamentales. Pour ce problème particulier, on a déterminé qu'une composante essentielle avait trois versions dans le matériel fourni dans le cadre de la MCH, chacune avec une fiabilité accrue. LMC et le directeur de projet et l'équipe technique des Pays-Bas de Thales ont passé en revue l'analyse des causes fondamentales des articles défectueux et ont inclus des

Leçons retenues

Parmi les leçons retenues qui bénéficieront aux prochains programmes, on retrouve notamment :

- La **gestion du matériel aux chantiers navals** est essentielle pour appuyer le travail efficace, avec les bons matériaux utilisés à l'appui du travail.
- Il faut **maintenir le contrôle du matériel** le plus longtemps possible pour assurer un accès au matériel additionnel pour surmonter les pressions sur le calendrier.
- Un **dépôt de gestion du matériel des intervenants colocalisé** serait idéal au chantier naval. Les taux de location concurrentiels représentent toujours un défi.
- Tous les intervenants doivent utiliser des **processus de gestion du matériel intégrés solides**.
- Il faut utiliser des **outils non exclusifs** modernes pour permettre une compréhension rapide de l'état du matériel.
 - SAP – Contrôle des stocks/technologie IRF
 - Codage à barres
 - Apprentissage et gestion des processus liés aux marchandises contrôlées
 - Processus d'appel d'offres de matériel
- Il faut **porter une attention particulière aux petits raccords** comme les manomètres, et les alimentations en énergie spécialisée, etc., qui sont précisés par les fournisseurs de sous-systèmes, mais conçus dans les MT et acquis par le chantier naval ou l'intégrateur de système. Ils sont

généralement pris en compte à la dernière minute et nécessitent une attention particulière pour respecter les calendriers de production.

- Câbles – En général, une grande expertise de la direction de la Lockheed Martin Corporation aux États-Unis était essentielle à la gestion et à l'acquisition de câbles et de connecteurs requis pour le carénage. Des **ressources affectées à l'acquisition de câbles** sont recommandées.
- **Dommages au nouvel équipement** – Les appareils électroniques de bord sont lourds et installés dans des espaces relativement étroits. Il est possible qu'ils soient endommagés, alors il faut pas s'inquiéter. Il faut isoler la cause fondamentale, trouver des solutions pour éviter que cela se reproduise et, surtout, faire preuve de souplesse. Du matériel supplémentaire est utile pour atténuer les retards possibles au calendrier.
- **Des problèmes de qualité, relatifs à la conception ou à l'omission d'étapes de production, sont probablement la cause fondamentale des défaillances se produisant au début de l'étape d'installation.** Il faut porter attention aux demandes de pièces de rechange, ne pas sauter aux conclusions, maintenir un environnement ouvert qui permet à l'équipe de participer à l'isolation de la cause fondamentale, travailler avec le concepteur/FEO pour trouver une solution, et fournir une rétroaction aux FEO relativement au rendement. Il faut transmettre son expérience par tous les moyens possible.

données fournies par LMC du programme d'essai et des résultats du fonctionnement du radar 3D sur plusieurs navires. Thales a renforcé son engagement et a accepté de mettre à jour tous les articles fournis à la troisième version du produit. Un programme de mise à niveau a été mis sur pied pour retourner les articles directement du **Canada** au fabricant de pièces situé aux États-Unis. La fiabilité du radar 3D a maintenant atteint un niveau correspondant à son rendement visé.

D'autres cas de problèmes de rendement observés durant l'installation comprenaient des câbles avec un diamètre légèrement plus élevé que celui du barillet de broches de connecteur dans les connecteurs. L'équipe de raccordement chevronné de Lockheed Martin USA employée par LMC avait des procédures qui ne permettaient pas l'enlèvement de tout conducteur dans une âme de câble pour faire insérer le câble dans le barillet de broches; dans ce cas, environ le diamètre d'un seul toron de l'âme. En raison des pressions sur le calendrier de production, l'âme du câble a été aboutée à la broche de connecteur et soudée. Avec le temps, le joint s'est défait en raison de la flexion du câble qui a éventuellement causé l'apparition de symptômes sur les modules de conduite de tir. Les techniciens effectuant les réparations ont trouvé difficile de retourner l'équipement en état de fonctionnement. Pendant cette période, des pièces ont été remplacées et retournées pour réparation à une fréquence au-dessus de la normale. Après une autre enquête, la cause fondamentale a été isolée et une demande de modification technique devait être créée pour ajouter une plus grande broche placée en série qui avait un diamètre de barillet suffisant pour couvrir l'âme du câble. La broche a ensuite été insérée dans une broche de connecteur existante et soudée. Ce nouveau joint a permis d'assurer une performance d'usage fiable.

D'autres cas de problèmes de système complexes résolus avec succès étaient lorsque le radar 3D sur le NCSM *Halifax* et ensuite sur le NCSM *Montréal* a commencé à vibrer lors de l'utilisation opérationnelle, causant beaucoup de bruit dans la cabine du commandant. Les radars étaient éteints durant les périodes de sommeil. Les techniciens de LMC ont travaillé avec Thales, le FEO, et l'équipage du navire pour trouver les causes potentielles. Grâce à la communication ouverte entre toutes les parties, et à l'expérimentation au moyen de tendeurs additionnels pour changer la fréquence de résonance du cadre, la cause

fondamentale a été confirmée comme étant une résonance mécanique excitée après une usure très légère des joints de la structure du radar absorbant les vibrations. Les ressources au pays de LMC travaillent ouvertement avec les spécialistes de Thales en Europe. Thales a mis au point et installé des paramètres de logiciel améliorés, éloignant la fréquence d'excitation globale de la servocommande du radar de la fréquence de résonance de la structure mécanique. Les constantes de servocommande modifiées ont été mises à l'essai avec succès sur les navires nouvellement remis en état qui effectuaient des opérations dans différentes conditions météorologiques. Il s'agissait là d'un autre exemple de communications internationales ouvertes avec une relation de confiance mutuelle qui ont mené rapidement à une solution technique pour atteindre la performance requise sur les navires.

Résumé

Les exemples ci-dessus consistent en une sélection des expériences en matière d'approvisionnement en matériel du programme de la MCH qui étaient un résultat direct d'une relation de confiance ouverte entre toutes les parties.

Cet effort a parfois nécessité de longues heures de travail et du temps passé loin de son chez-soi en mer, du travail avec les fournisseurs au téléphone, l'envoi de courriels, l'échange de données, la visite de navires et d'installations des fournisseurs pour trouver la cause fondamentale de problèmes et l'élaboration de solutions; tout cela en vue de livrer un système au **Canada** qui fonctionnera pendant de nombreuses années.



Le regard de l'industrie :

Point de vue sur le projet MCH/FELEX d'Irving Shipbuilding Inc.



Gouvernance des intervenants

Les travaux de carénage ou de réparation comme les projets de carénage de demi-vie (CDV) dans le cadre de la prolongation de la durée de vie utile des frégates (FELEX) sont souvent en grande partie complexes. En raison des différences de configuration, d'état et de lieu de construction ainsi que de l'inclusion ou de l'exclusion de spécifications, chaque navire pose des défis particuliers. Certains avaient besoin de plus de réparations de structure et d'acier, alors que pour d'autres, il a été possible de moderniser la capacité dès le milieu du carénage. Dans un programme aussi complexe que la FELEX, ces facteurs font en sorte qu'inévitablement, toutes les parties concernées doivent définir, rechercher, communiquer et mettre en application des solutions pour chaque problème.

Si chaque organisation participante était, individuellement, bien outillée pour faire face aux défis, la structure de gouvernance de la FELEX a été essentielle pour que tous les niveaux d'organisation les abordent d'une façon réellement ouverte et propice à la collaboration. Chaque

organisation à tous les niveaux de la structure de gouvernance a offert des compétences uniques afin que seules les meilleures solutions soient mises en œuvre. Du Comité de promoteurs aux réunions directes de production, cette structure a permis à tous les participants d'apporter une contribution cruciale et de garantir le succès.

Il est important de relever les relations de travail établies grâce à la structure de gouvernance. Si cette structure a permis des communications officielles efficaces, les contacts quotidiens entre les partenaires durant la résolution des problèmes et des défis ont permis un travail extrêmement proactif et collaboratif. Ils ont favorisé d'étroites relations de travail entre les partenaires qu'on n'aurait pas prévu au démarrage du programme. Par exemple, avant le programme FELEX, les interactions entre les ouvriers de production d'Irving Shipbuilding et ceux de l'Installation de maintenance de la flotte (IMF) étaient, pour l'essentiel, nulles; mais durant les interventions sur les derniers navires du programme, il était courant de voir les deux effectifs

travailler main dans la main aux chantiers navals Irving Shipbuilding d'Halifax et à l'IMF tout à côté. C'est une réussite en soi.

Pas de premier navire

Entamer la première phase de production du CDV sans stratégie de premier navire a constitué un défi qu'Irving Shipbuilding devait surmonter pour assurer la réussite des programmes de modernisation des navires de la classe *Halifax* (MCH) et FELEX. Elle a dû prendre plusieurs mesures pour résoudre les difficultés créées par cette situation.

Irving Shipbuilding a adopté une démarche proactive pour définir les spécifications – elle a travaillé avec le ministère de la Défense nationale (MDN) et Lockheed Martin Canada (LMC) pour produire des paramètres et une définition clairs, ainsi que des résultats atteignables et mesurables. Plusieurs secteurs étaient touchés et Irving Shipbuilding a dû concevoir de nouveaux processus pour faire face aux conséquences de ce défi. Elle a mis sur pied un processus rigoureux de contrôle des documents, qui a permis le traitement et la diffusion efficace des changements et des mises à jour apportées aux spécifications techniques. Un site SharePoint propre au FELEX a été créé pour héberger toute l'information relative aux mises à jour des spécifications, notamment en ce qui concerne les dessins et les documents de référence. Le nouveau processus incluait l'insertion d'hyperliens dans chaque spécification parente qui renvoyaient aux mises à jour. Les hyperliens ont été incorporés à chaque page (pour les spécifications et les dessins) contenant une révision ou une modification. Des tablettes ont été distribuées aux superviseurs et aux

planificateurs sur le terrain, afin que la première ligne dispose d'un accès mobile aux toutes dernières versions des spécifications et des dessins. Dans tout le navire, l'infrastructure a été installée pour fournir l'accès WiFi à l'interface mobile avec SharePoint. La première ligne avait ainsi accès à une source d'information comprenant les tout derniers renseignements sur le contrat. L'infrastructure établie pour appuyer ce nouveau processus a permis à Irving Shipbuilding d'étendre l'utilisation de l'accès mobile aux autres processus du programme FELEX, comme l'accès au bloc des tâches, la commande de matériel et l'approbation des réquisitions.

Chaque CDV a donné l'occasion d'apporter des améliorations grâce aux leçons apprises. Les spécifications ont gagné en maturité, ce qui a permis une plus grande cohérence dans l'exécution des réparations, le respect des échéanciers et la qualité du travail.

Gestion des câbles

Le retrait et la pose de câbles a constitué un volet important du programme MCH/FELEX et d'intenses efforts ont été déployés dans ce domaine afin d'assurer le succès. Durant le programme FELEX, Irving Shipbuilding a travaillé avec les intervenants concernés de la gestion des câbles pour valider les renseignements sur les câbles reçus du MDN et de LMC.

La validation de l'état des câbles de chaque navire a été réalisée au moyen d'une deuxième évaluation réalisée une fois le bâtiment arrivé chez Irving Shipbuilding en vue de son carénage. Une fois la validation effectuée, Irving Shipbuilding créait une base de données à partir des spécifications, qui



Le pont d'une frégate avant et après un carénage. D'intenses efforts ont été déployés lors du retrait et la pose des câbles, afin d'assurer le succès.

indiquait les câbles gérés et non gérés et mettrait en œuvre un processus d'étiquetage/de création d'indicateurs des câbles pour une meilleure identification sur le terrain. Ce processus s'est traduit par une diminution des reprises de travaux, une meilleure efficacité de l'installation des nouveaux câbles et une importante réduction du gaspillage.

Irving Shipbuilding a aussi créé des listes de coffrets de traversée et d'autres outils visant à minimiser les prescriptions de traversées. Les procédures de soudure ont été examinées avec le MDN et des clarifications ont été demandées au fabricant d'équipement d'origine (FEO). Cela s'est traduit par la mise à jour des procédures et l'utilisation d'un gabarit fourni par ce dernier. Irving Shipbuilding a instauré une supervision plus stricte et a accru sa surveillance du processus, de la préparation à la postsoudure. Les coffrets de traversées ont évolué et ont été améliorés tout au long du programme, à mesure que le FEO offrait plus de formation, de meilleures techniques ont été définies et l'expérience de la main-d'œuvre s'est accrue. Cela s'est traduit par de meilleurs câbles atteignant ou dépassant les tolérances d'aboutement.

Tout au long de la gestion des câbles dans le cadre du programme FELEX, une étroite collaboration s'est établie entre Irving Shipbuilding, le MDN et LMC pour la résolution des problèmes. Cela s'est traduit par l'amélioration de l'enlèvement et de la pose des câbles, comme le prouvent les rapports produits spécialement pour mesurer le succès de la gestion des câbles (comme les rapports de tirage de câbles, sur les coffrets de traversée et d'achèvement).

Gestion du matériel

Irving Shipbuilding dépendait du MDN pour la fourniture de matériel restreint considéré comme du matériel fourni par le gouvernement (MFG) et de LMC pour le matériel touchant la partie intégration des systèmes de combat de FELEX. Dans certains cas, cela a causé des retards dans la réception du matériel. En raison de l'âge des frégates, le matériel de l'entrepreneur (ME) de remplacement destiné aux systèmes et à l'équipement d'origine a dû être fourni et approuvé par le MDN, ce qui a posé des difficultés et des risques pour l'état du matériel à bord des navires. Il était inévitable que des écarts surviennent, quand il était impossible d'obtenir du matériel de remplacement acceptable.

Irving Shipbuilding a joué un rôle de premier plan dans l'atténuation et la gestion efficace du matériel destiné au programme FELEX. Les principales décisions prises concernant les achats en masse d'acier et de câbles se sont révélées très précieuses pour l'ensemble du programme et



on facilité et accéléré l'accès au matériel lorsqu'on en avait besoin. Par ailleurs, la gestion des achats en masse et l'extension de la quantité minimale de commande ont permis de réaliser des économies de coût.

Irving Shipbuilding a de plus mis en place un suivi quotidien de la fourniture du matériel prioritaire et a accéléré cette dernière. La disponibilité du matériel devant être utilisé dans le cadre du FELEX a été améliorée grâce à un accès plus facile rendu possible par son entreposage à proximité du site de production. Le flot de matériel du MDN/de LMC vers l'équipe de gestion du matériel d'Irving Shipbuilding, puis vers le terrain s'est amélioré tout au long du programme, à mesure que des leçons étaient tirées et mises en pratique. Irving Shipbuilding a instauré des processus d'expédition-réception, assuré leur respect et apporté des améliorations continues afin que le contrôle de l'immense volume de matériel demeure acceptable. Dans un milieu de production comme celui prévalant dans la réparation de navires, il arrive que le matériel subisse des dommages lors de l'installation, même si un processus approprié d'expédition est suivi. Irving Shipbuilding a donc mis sur pied un processus de demande de remplacement de matériel (DRM) pour tout matériel endommagé durant l'installation, afin d'en effectuer le suivi et, en fin de compte, de minimiser le temps nécessaire pour identifier, obtenir et recevoir le matériel de remplacement.

Le fait qu'Irving Shipbuilding était responsable de la gestion du matériel acheté par Irving Shipbuilding et fourni par les deux clients (le MDN et LMC) pour le programme FELEX a accru la capacité des équipes de projet à effectuer le carénage dans les meilleurs délais.



Le regard de l'industrie : Victoria Shipyards Co. Ltd.



Introduction

Victoria Shipyards Co. Ltd. (VSL) est fière d'avoir participé au projet de modernisation de la classe *Halifax*/prolongation de la durée de vie utile des frégates (MCH/FELEX), un programme de carénage sur la côte Ouest. Malgré les difficultés rencontrées par VSL, les réussites ont été nombreuses et ont culminé avec la livraison dans les délais des frégates canadiennes de patrouille de la côte Ouest à la Marine royale canadienne après chacun des carénages de demi-vie.

Certaines des principales réalisations se sont caractérisées par la démarche collaborative que toutes les parties prenantes ont adoptée en prenant conscience qu'elles devaient réussir de manière égale. Le fait que les équipes de gestion du détachement de la côte Ouest, de Lockheed Martin Canada (LMC), de l'installation de maintenance de la flotte (IMF) et de Victoria Shipyards étaient rassemblées dans un même bâtiment a été un facteur essentiel de la réussite collective. En effet, cela a permis de communiquer, de résoudre les problèmes et de traiter les difficultés quotidiennes plus efficacement.

Une autre donnée a grandement servi le programme : la continuité des effectifs. Grâce à la stabilité du programme, les relations de travail se sont améliorées à mesure que le

programme avançait. Les membres de ces équipes ont acquis une expérience inestimable et ont pu en appliquer les leçons aux navires suivants.

De nombreuses leçons ont été tirées et approuvées, puis appliquées par tous les services tout au long des cinq années du programme. Parmi les points saillants, citons :

- la fusion des lots de travaux dans un échéancier collectif unique, pour accroître la productivité au maximum, pour un carénage de demi-vie (CDV) d'une durée de 12 mois;
- la fusion de toutes les modifications techniques (MT) concernant des travaux de compartiments pour éviter le chevauchement d'activités des corps de métier, y compris les activités de réduction de la teneur en plomb, d'élimination, de travail à haute température et de production;
- la modification de la salle des opérations après la voie de retrait de la cloison pour permettre d'installer plus tôt les traversées pour câbles et les câbles;
- l'amélioration du processus à ultra-haute pression pour la préparation au-dessus de la ligne de flottaison au moyen de nouvelles procédures de production et d'un processus d'inspection par le client;

- la modification du processus d'évacuations par-dessus bord pour augmenter l'efficacité des inspections et de la définition des réparations nécessaires;
- l'établissement de partenariats stratégiques entre la MRC, LMC, l'IMF et VSL.

Le gestionnaire du programme MCH/FELEX, Randy Little, a déclaré qu'il était fier de faire partie d'une équipe polyvalente sur un programme qui, bien que compliqué, a constamment fourni du travail à un effectif relativement important pendant les cinq dernières années. Il a ajouté que le programme témoigne du professionnalisme de tous les services de VSL, qui ont terminé le programme en se conformant à la fois aux exigences de sûreté et à celles d'efficacité, dans un très grand respect de la protection de l'environnement.

Gouvernance des intervenants

La gouvernance des intervenants a été un aspect important de la réussite du programme MCH/FELEX. La gouvernance était constituée du Comité de promoteurs, de l'équipe de projet intégrée Canada-industrie (EPI-CI), des forums de production et des comités de front de mer. La gouvernance a permis de résoudre aux questions concernant plusieurs intervenants de manière juste et équitable au niveau adéquat. Les questions qui pouvaient se résoudre au niveau du pont étaient traitées à ce niveau, et n'étaient transmises plus haut dans la hiérarchie qu'au besoin. Ainsi, les cadres supérieurs n'étaient mobilisés que si cela était nécessaire pour traiter de questions complexes qui concernaient plusieurs intervenants et qui n'avaient pas pu être réglées aux niveaux inférieurs.

Un des éléments uniques du programme MCH/FELEX a été le Plan de partenariat stratégique conclu avec tous les intervenants principaux. Le plan décrivait les procédures, les protocoles et les mécanismes permettant à tous les intervenants de travailler pendant la période principale sur le navire pendant qu'il se trouvait dans les installations de VSL. Le plan permettait aussi à VSL d'effectuer son travail avant et après la période principale pendant que les frégates se trouvaient à l'arsenal. Cet accord a été conclu pour qu'une quantité maximale de travail puisse être effectuée en un minimum de temps et avec le moins d'incompatibilités possible.

Le Plan de partenariat stratégique a permis la résolution des incompatibilités avant et après les travaux de CDV réalisés par VSL et l'IMF. Pendant la phase antérieure au CDV, VSL a commencé à éliminer les systèmes de commande des machines et de contrôle du combat pendant que les navires étaient encore à l'arsenal. Ce travail était essentiel pour que VSL respecte l'ensemble des échéances du CDV. L'IMF a également eu la possibilité d'effectuer



son travail quand les navires étaient sous la responsabilité de VSL, dans des conditions de non-interférence. Citons par exemple la possibilité qu'a eue l'IMF d'installer et de mettre à l'épreuve des générateurs dans les installations de la cale sèche d'Esquimalt. Cela garantissait qu'au moment du transfert de tous les navires vers l'arsenal à la fin du CDV, les systèmes essentiels seraient alimentés en électricité.

L'équipe de gouvernance du programme MCH faisait partie intégrante des réussites de VSL tout au long du programme MCH/FELEX.

Gestion du matériel

VSL a rencontré plusieurs difficultés lors de la localisation de sources d'approvisionnement pour le matériel du NCSM *Calgary*, première FCP ayant subi un CDV à Victoria Shipyards. Pendant la préparation de l'estimation et la localisation de sources d'approvisionnement, il s'est révélé que des répercussions négatives étaient possibles sur le chemin critique du *Calgary*.

La disponibilité d'articles spécialisés à un prix raisonnable était particulièrement préoccupante. Lors de la préparation de la soumission, VSL a déterminé les lacunes par un processus de questions et réponses, puis a demandé que certains articles spécialisés ne soient plus considérés comme du matériel de l'entrepreneur (ME), mais plutôt comme du matériel fourni par le gouvernement (MFG). La MRC a fait part du fait qu'elle ne pourrait pas non plus fournir certains articles dans les délais nécessaires pour respecter l'échéancier.

Ces articles étaient notamment les suivants :

- acier spécialisé;
- câbles électriques;
- joints EMI;
- conduites électriques;
- coffrets de traversées de câbles électriques et fournitures connexes.

Pour atténuer les problèmes possibles de matériel, on a pris les mesures suivantes. **Acier spécialisé** – Très tôt, cet article a été considéré comme l'un des principaux problèmes pour le respect des échéances. VSL a obtenu l'accord de LMC pour s'approvisionner en quantités d'acier spécialisé auprès d'un fournisseur local. On a établi avec ce dernier des paramètres d'inventaire de gestion, qui comprenaient l'entreposage hors site, la livraison et la production de rapports sur les stocks. Le processus garantissait que LMC et la MRC disposent de quantités suffisantes d'acier pour leurs travaux et qu'il ne reste qu'un nombre minimal de plaques d'acier à la fin du chantier.

Le matériel restant a été renvoyé à la MRC, qui devrait l'utiliser dans des projets ultérieurs.

Câbles électriques – En raison des exigences à bord des navires, des délais de fabrication et du nombre limité de fournisseurs qualifiés, l'approvisionnement en câbles a été considéré comme un domaine à risque élevé dans le registre des risques de VSL. Comme pour résoudre les problèmes relatifs à l'acier, VSL a collaboré avec LMC et la MRC pour déterminer et rassembler les besoins en câbles de l'ensemble du navire, en tenant compte de toutes les modifications techniques de la MRC et de LMC. Ces renseignements ont servi à tirer profit d'achats en grandes quantités auprès de fournisseurs privilégiés, choisis pour aider à la gestion du stock de câbles, ainsi qu'à la coupe et au stockage de câbles.

La relation de collaboration établie tout au long du programme a donné l'occasion de partager des ressources matérielles selon les besoins des travaux de LMC et de la MRC. Cette initiative a supprimé des contraintes classiques qui auraient pu avoir sinon de lourdes conséquences sur l'échéancier général du programme.

Modifications techniques

Avant le premier CDV de navire, VSL a travaillé pendant plusieurs années avec la MRC dans l'exécution de périodes de cale sèche, qui comprenaient des listes détaillées de travaux de radoub ainsi que des modifications techniques (MT). En revanche, VSL n'avait jamais eu l'expérience du nombre important de MT reçu pour les carénages de demi-vie, qu'elles proviennent de la MRC ou de LMC. De plus, la portée des MT s'étendait à de nombreux emplacements du navire, plusieurs espaces nécessitant l'installation simultanée de nombreuses MT.

Pendant le premier CDV, sur le NCSM *Calgary*, VSL a connu plusieurs difficultés pendant le travail d'installation des nombreuses modifications techniques. Il n'y avait pas de lots de travaux propres à chaque compartiment, ce qui était source de confusion et produisait des reprises de suivi

en raison de problèmes d'interférence. Il y a aussi eu une courbe d'apprentissage nécessaire avant que tous les superviseurs ne comprennent parfaitement le processus de définition des problèmes relatifs au cahier des charges et au matériel.

- Pour traiter les problèmes posés par le premier navire, les améliorations suivantes ont été mises au point : amélioration des séances de formation destinées aux superviseurs pour qu'elles prennent mieux en considération les nouveaux problèmes, et élaboration de nouveaux lots de travaux pour les compartiments nécessitant l'installation de plusieurs MT. Les lots contenaient toutes les caractéristiques applicables à chaque espace, ainsi que des photos des éléments éliminés et des installations des navires précédents. Il était explicitement indiqué que les lots étaient fournis à titre de référence seulement pour garantir que les ouvriers utilisent les caractéristiques techniques en vigueur pour les éliminations et les installations et qu'ils ne se fondent pas uniquement sur les renseignements du navire précédent.

Le flux de travaux s'est amélioré au fil du programme en raison du temps, de l'expérience et du passage par la courbe d'apprentissage. Les renseignements fournis à LMC et la MRC par les superviseurs de VSL se sont améliorés de façon à décrire les travaux à corriger déterminés; de plus, la qualité des instructions de travail reçues des clients s'est aussi accrue.

Le contrôle des dessins annotés après changements s'est également amélioré au fur et à mesure que le programme avançait. Comme VSL a reçu une quantité inégale de changements pendant les CDV, il était important de s'assurer que tous les changements étaient correctement apportés aux dessins. Des bases de données ont été établies pour le suivi et la surveillance de l'état des modifications. Le contrôle de la qualité était essentiel pour que tous les travaux soient non seulement terminés, mais correctement terminés. À cette fin, une liste de vérification du contrôle de la qualité a été conçue et mise en œuvre. La liste de vérification était vérifiée par chaque corps de métier chargé d'inspections de contrôle de la qualité. À la fin du contrôle de la qualité réalisé par le corps de métier, on réalisait une inspection dont les clients pouvaient être témoins. Cela garantissait que chaque corps de métier responsable était tenu de rendre compte de l'exactitude et de l'état d'achèvement des travaux.

La réussite de l'installation des MT n'aurait pas été possible sans la coopération sans réserve apportée par LMC et MCH/FELEX le détachement. La rapidité des réponses aux questions techniques, les décisions locales et des solutions novatrices ont été des facteurs clés du succès des travaux.

Gestion des câbles

VSL a dû surmonter plusieurs difficultés pour ce qui est du plan initial de gestion des câbles du NCSM Calgary. La réception tardive du plan ainsi que le grand nombre d'incohérences et l'absence de suivi ont posé plusieurs problèmes. On a organisé des réunions hebdomadaires sur place avec la MRC et LMC de façon à définir et résoudre diverses questions. À mesure que les problèmes se présentaient, il était nécessaire d'évaluer les risques du parcours de câbles pour déterminer s'il fallait continuer de suivre ce parcours quand des anomalies étaient constatées avec le tracé.

À l'arrivée du deuxième navire, non seulement de nombreuses améliorations avaient été apportées au plan de gestion, mais plusieurs leçons avaient été tirées de l'exécution des travaux. On a mis en place de meilleurs outils de suivi, qui permettaient de suivre en temps réel le parcours et la progression des travaux. Sur le deuxième navire, la stratégie de VSL a consisté à commencer le tirage de câbles dans les parties à l'arrière du navire. Ainsi, tout le travail à haute température pouvait être réalisé à l'avant du navire avant l'introduction de câbles dans cette partie. Cela a permis à la fois de tirer plus tôt les câbles et de diminuer les risques d'endommagement de câbles pendant le travail à haute température réalisé à l'avant du navire. De plus, on a modifié l'emplacement de la découpe de la voie de retrait de la cloison entre la salle des opérations et la salle de radar 2 pour permettre d'accéder plus tôt à cette partie afin de commencer le tirage de câbles.

Étant donné que LMC était chargé de terminer le câblage, ils ont demandé à accéder immédiatement aux compartiments pendant le CDV. En collaboration avec LMC, il a été convenu que la séquence de tirage de câbles

serait réalisée par compartiment, et non pas pour chaque modification technique. Cela a permis de terminer certains espaces qui pouvaient être transmis plus tôt à LMC pour l'assemblage de connecteurs.

Des efficacités supplémentaires ont été réalisées à l'atelier, notamment l'utilisation d'étiquettes et de porte-câbles pour l'identification des tracés, l'application de codes couleur aux câbles à l'aide de ruban adhésif pour identifier les câbles retirés et ceux devant être enroulés, et à quelle MT ils correspondaient. Des plaquettes ont également été utilisées à chaque emplacement de traversée. Elles permettaient d'identifier et de suivre chaque câble devant passer par la traversée pour surveiller la progression des travaux. De plus, au fil du programme, les électriciens ont acquis de précieuses connaissances et une meilleure compréhension des exigences complexes en matière de câblage, notamment sur la séparation des câbles, leur identification et les rayons de courbure.

Le facteur clé de réussite du plan de gestion des câbles a été le fait que tous les intervenants devaient comprendre le besoin de coopérer pour étudier et résoudre les problèmes de manière prompte et professionnelle.

Conclusion

La démarche collaborative adoptée par tous les intervenants du programme MCH/FELEX a été essentielle à sa réussite sur tous les plans. Victoria Shipyards est fière d'avoir joué un rôle déterminant dans les réalisations globales du programme et espère continuer à soutenir la flotte de la côte Ouest du Canada pendant encore de longues années.

