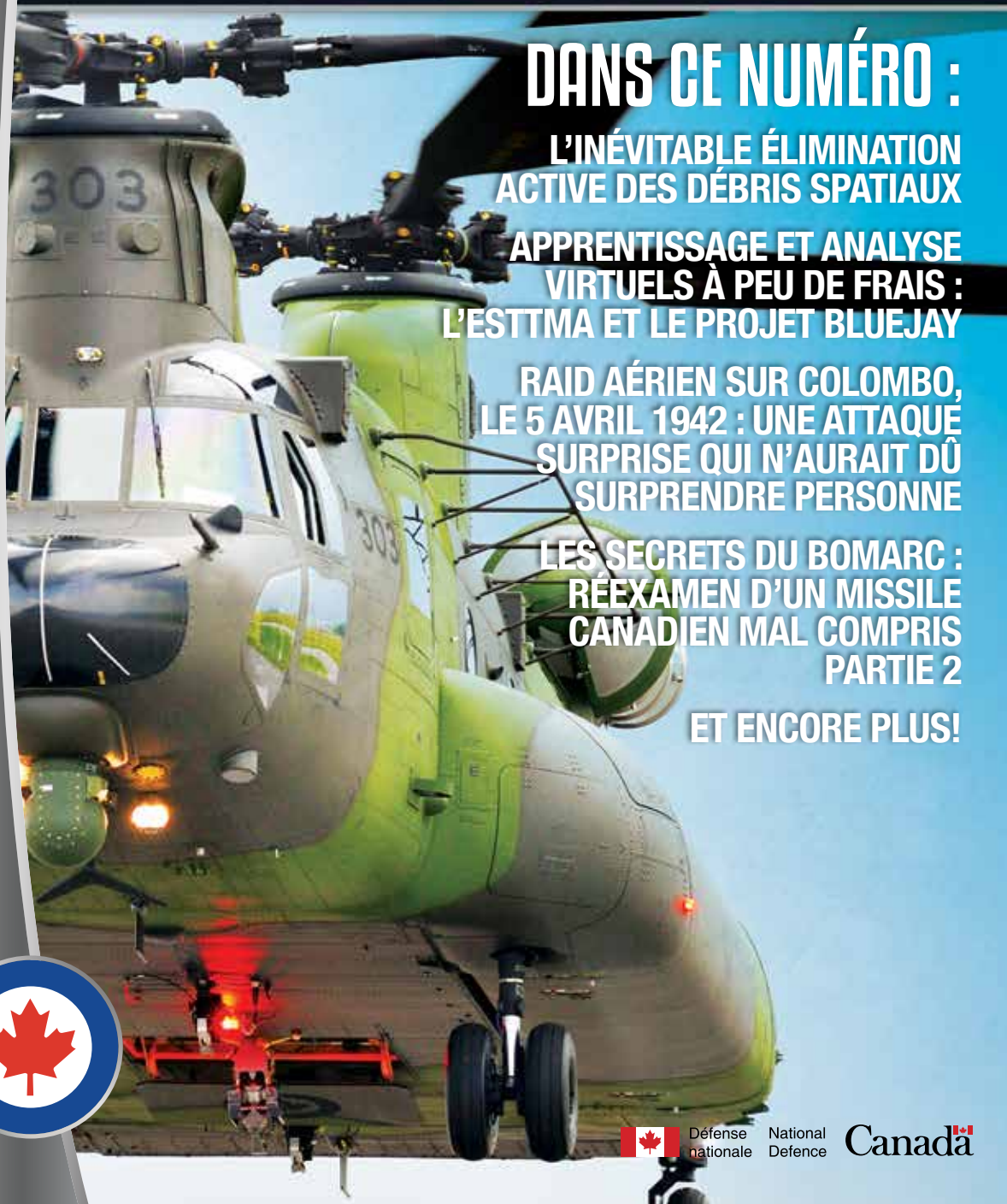
LA REVUE DE L'AVIATION ROYALE CANADIENNE

AUTOMNE 2014 VOL. 3 Nº 4



DANS CE NUMÉRO :

L'INÉVITABLE ÉLIMINATION ACTIVE DES DÉBRIS SPATIAUX

APPRENTISSAGE ET ANALYSE VIRTUELS À PEU DE FRAIS : L'ESTTMA ET LE PROJET BLUEJAY

RAID AÉRIEN SUR COLOMBO, LE 5 AVRIL 1942 : UNE ATTAQUE SURPRISE QUI N'AURAIT DÛ SURPRENDRE PERSONNE

LES SECRETS DU BOMARC : RÉEXAMEN D'UN MISSILE CANADIEN MAL COMPRIS PARTIE 2

ET ENCORE PLUS!

PUBLIÉE PAR L'AVIATION ROYALE CANADIENNE

Défense nationale National Defence Canada

LA REVUE DE L'AVIATION ROYALE CANADIENNE est une publication officielle du Commandant de l'Aviation royale canadienne (ARC) publiée sur une base trimestrielle. Il s'agit d'une tribune permettant d'échanger sur les concepts, les questions et les idées centrales et cruciales en lien avec la puissance aérienne et spatiale. La *Revue* a pour vocation de disséminer les idées et les points de vue, non seulement des membres de l'ARC, mais aussi des civils qui s'intéressent aux questions relatives à la puissance aérienne et spatiale. Les articles peuvent traiter de la portée de la doctrine de la force aérienne, de la formation, du leadership, des leçons retenues et des opérations passées, présentes ou futures de la force aérienne. On accepte également des articles sur des sujets connexes tels que l'éthique, la technologie et l'historique de la force aérienne. Cette revue est donc destinée à permettre l'expression d'une pensée professionnelle mature sur l'art et la science de la guerre aérienne et joue un rôle clé au sein de la vie intellectuelle de l'ARC. Elle sert de véhicule de formation continue et de perfectionnement professionnel pour le personnel militaire de tous les grades, ainsi que pour les membres d'autres forces et les employés d'organismes gouvernementaux et d'universités qui s'intéressent aux questions liées à la force aérienne.

ÉQUIPE DE RÉDACTION

MEMBRES DE LA RÉDACTION

Rédacteur en chef : Colonel Kelvin Truss
Rédacteur principal : Major William March, CD, M.A.

COMITÉ DE RÉDACTION

Colonel William Lewis, O.M.M., CD, M. Ing., M. Éd., M.B.A., MED, Ph. D., (retraité)
Lieutenant-colonel Paul Johnston, CD, M.A. – 2e Division aérienne du Canada
Monsieur Allan English, CD, Ph. D. – Queen's University
Monsieur James Fergusson, Ph. D. – Université du Manitoba
Monsieur Stephen Harris, CD, Ph. D. – Direction – Histoire et patrimoine
Monsieur Raymond Stouffer, CD, Ph. D. – Collège militaire royal
Monsieur Randy Wakelam, CD, Ph. D. - Collège militaire royal

Publiée par le Centre de guerre aérospatiale des Forces canadiennes, Trenton, Ontario
ISSN 1927-7601

RÉDACTEURS ADJOINTS

Adri Boodoosingh, Lisa Moulton et Françoise Romard

CONCEPTION GRAPHIQUE

Denis Langlois et Luc Leroy

ANIMATION DANS LA VERSION ÉLECTRONIQUE

Hope Smith

VERSION ÉLECTRONIQUE

Christine Rodych

DIRECTEUR INTÉRIMAIRE DE LA PRODUCTION

Denis Langlois

Pour des copies de cette publication ou être inclus dans une liste de distribution contactez CFAWCProd@forces.gc.ca

http://www.rcaf-arc.forces.gc.ca/fr/centre-guerre-aerospatiale-fc/index.page
http://trenton.mil.ca/lodger/cfawc/eLibrary/Journal/Current_Issue_f.asp

NOTE AUX LECTEURS ET LECTRICES

La Revue de l'Aviation royale canadienne est entièrement bilingue; lorsqu'une citation originale a été traduite, le terme [Traduction] indique que le lecteur trouvera le texte orignal de la citation dans la version de la *Revue* rédigée dans l'autre langue officielle du Canada. Afin de faciliter la lecture, le masculin sert de genre neutre pour désigner aussi bien les femmes que les hommes. Sauf indication contraire, les photographies reproduites dans la *Revue de l'ARC* appartiennent au domaine public.

© Sa Majesté la Reine, représentée par le ministre de la Défense nationale, 2015

LA REVUE DE L'AVIATION
ROYALE CANADIENNE

DIRECTIVES SUR LA SOUMISSION DE MANUSCRITS

L'équipe de rédaction de ***LA REVUE DE L'AVIATION ROYALE CANADIENNE*** (*Revue de l'ARC*)est intéressée à recevoir des articles, des comptes rendus de livres et de courts textes portant sur des sujets d'intérêt ou traitant de la portée de la doctrine de la force aérienne, de la formation, du leadership, des leçons retenues et des opérations aériennes passées, présentes ou futures. Les textes paraîtront sous les rubriques Lettres à la rédaction, Sujets d'intérêt, À l'avant-garde et Argument et Contre-argument. On accepte également les textes traitant de sujets connexes tels que l'éthique, la technologie et l'historique de la force aérienne.

RUBRIQUES DE LA *REVUE DE L'ARC*

Rubrique	Limite de mots*	Détails
Lettres à la rédaction	50-250	Observations traitant de matériel déjà publié dans la *Revue de l'ARC*
Articles	3000-5000	Rédigés selon un style académique
Critiques de livres	500-1000	Rédigées selon un style académique et doivent contenir : • titre complet du livre (y compris le sous-titre); • nom complet de tous les auteurs tel qu'ils figurent sur la page de titre; • éditeur du livre ainsi que lieu et date de publication; • numéro ISBN et nombre de pages; • une photo de la couverture du livre en image à haute résolution (pas moins de 300 dpi) en format .jpg et mesurant au moins 12 x 18 cm (5 x 7 po).
Sujets d'intérêt	250-1000	Observations traitant de sujets variés (opérations, exercices et anniversaires) pouvant captiver le lectorat s'intéressant aux questions aérospatiales.
À l'avant-garde	250-2000	Tribune de commentaires, opinions ou réactions portant sur le matériel déjà paru dans la *Revue de l'ARC* ou sur des sujets pouvant captiver le lectorat intéressé aux questions aérospatiales.
Argument/ Contre-argument	1500-2000	Tribune offrant l'occasion d'examiner un sujet intéressant l'ARC de deux points de vue divergents.

* excluant les notes en fin de texte

LES AUTEURS SONT PRIÉS DE RESPECTER LES DIRECTIVES SUIVANTES

- Les articles peuvent être rédigés dans l'une ou l'autre des langues officielles.
- Les auteurs doivent inclure une courte notice biographique (un paragraphe) dans laquelle ils indiquent leur fonction actuelle ou poste et leur numéro de téléphone ainsi que leur adresse électronique. Tous les titres professionnels et académiques ainsi que les décorations militaires doivent être indiqués.
- Les articles sélectionnés qui ont été examinés par des pairs afficheront un à la gauche de leur titre respectif.
- Le rédacteur principal avisera les auteurs de l'état de leur article. Tous les manuscrits soumis ne seront pas nécessairement publiés.
- Tous les textes doivent être en format numérique (Microsoft Word ou format RTF). Les fichiers ne doivent pas être protégés par un mot de passe ni contenir de macros. Les textes peuvent être soumis par courrier postal, ou envoyés à l'adresse de courriel mentionnée plus bas.
- Tout tableau, image et figure auxiliaire qui accompagne le texte doit être envoyé dans un fichier distinct et dans son format original, c.-à-d. qu'ils ne sont pas incorporés dans le texte. La préférence est accordée aux fichiers vectoriels originaux, les fichiers à haute résolution (pas moins de 300 dpi) en format .psd ou .jpg peuvent aussi être soumis.
- Les auteurs doivent maintenant fournir un « texte optionnel » contenant une description détaillée de toutes les figures contenues dans leur texte. Le texte optionnel doit porter cette mention et être placé sous la légende.
- Les autorisations en matière de droit d'auteur d'utiliser du matériel n'étant pas la propriété du ministère de la Défense nationale ou de l'auteur même doivent être fournies. Il incombe à l'auteur d'obtenir et de joindre les autorisations écrites en incluant le nom de l'auteur ou de l'artiste, ainsi que le nom et l'endroit d'édition. Tout matériel qui ne satisfait pas à ces exigences peut être omis de la *Revue de l'ARC*.
- Le rédacteur principal peut fournir des images ou faire créer des graphiques, au besoin, pour accompagner des articles.
- Les auteurs devraient utiliser l'orthographe indiquée dans le *Petit Robert* ou l'*Oxford English*. Au besoin, les notes doivent se trouver à la fin du texte plutôt qu'en bas de page et suivre la norme de présentation du *Guide du rédacteur*. Pour toute question liée à la rédaction, veuillez-vous référer au *Guide du rédacteur*, au *Little, Brown Handbook* ou vous adresser aux Services de production du Centre de guerre aérospatiale des Forces canadiennes à l'adresse suivante : CFAWCProd@forces.gc.ca.
- Les acronymes et les abréviations doivent être utilisés de façon parcimonieuse.
  - Si leur usage est requis par le texte, le terme complet devra être inscrit lors de la première occurrence, suivi de la forme abrégée entre parenthèses.
  - Un tableau de toutes les abréviations (accompagnées de leurs termes correspondants) utilisées dans un texte devra être inclus à la fin du texte.
- Le rédacteur principal se réserve le droit de réviser les manuscrits pour des raisons de style, de grammaire et de concision, mais n'apportera aucun changement de nature éditoriale susceptible d'avoir un effet sur l'intégrité des propos sans avoir préalablement consulté l'auteur.

POUR OBTENIR DE PLUS AMPLES RENSEIGNEMENTS OU POUR SOUMETTRE UN MANUSCRIT, VEUILLEZ COMMUNIQUER AVEC LE RÉDACTEUR PRINCIPAL AUX COORDONNÉES SUIVANTES :

Centre de guerre aérospatiale des Forces canadiennes
8e Escadre Trenton
C. P. 1000, succ. Forces
Astra (Ontario) K0K 3W0
À l'attention de : Maj William March
William.March@forces.gc.ca

Invitation à proposer des articles
pour l'édition du printemps/été 2015 : 30 avril 2015
pour l'édition d'automne 2015 : 30 juillet 2015
pour l'édition d'hiver 2016 : 30 octobre 2015

AVERTISSEMENT

Les opinions exprimées dans la *Revue de l'ARC* n'engagent que leurs auteurs et ne reflètent aucunement les politiques du Ministère ou des Forces canadiennes. Les textes traitant des derniers développements en matière de doctrine et d'instruction ou dans un domaine quelconque ne confèrent à personne l'autorité d'agir à cet égard. Tous les documents publiés demeurent la propriété du ministère de la Défense nationale et ne peuvent être reproduits sans autorisation écrite.

VOL. 3 | Nº 4
AUTOMNE 2014

4 MESSAGE DU RÉDACTEUR

5 LETTRES À LA RÉDACTION

Photo FAC : Cplc Shilo Adamson

Photo FAC : Cpl Pierre Létourneau

ARTICLES

7 **L'INÉVITABLE ÉLIMINATION ACTIVE DES DÉBRIS SPATIAUX**
Par le major Nathan Arleigh Burgess, M. A.

19 **APPRENTISSAGE ET ANALYSE VIRTUELS À PEU DE FRAIS : L'ESTTMA ET LE PROJET BLUEJAY**
Par le major Eric North, le sous-lieutenant Ben Frans, le sous-lieutenant Jolanta Matusewicz, Maria Correa et Colton Harrison-Steel

34 **RAID AÉRIEN SUR COLOMBO, LE 5 AVRIL 1942 : UNE ATTAQUE SURPRISE QUI N'AURAIT DÛ SURPRENDRE PERSONNE**
Par Robert Stuart

50 **MAÎTRISE PROFESSIONNELLE ET ÉDUCATION SUR LA PUISSANCE AÉRIENNE**
Reproduction du document de travail 33 du Air Power Development Centre de la Royal Australian Air Force
Par Sanu Kainikara, Ph. D.

69 **LES SECRETS DU BOMARC : RÉEXAMEN D'UN MISSILE CANADIEN MAL COMPRIS PARTIE 2**
Par Sean M. Maloney, Ph. D.

CRITIQUES DE LIVRES

86 **DIARY OF A NIGHT BOMBER PILOT IN WORLD WAR 1**
Compte rendu du major Chris Buckham

88 **WARRIOR RISING: A SOLDIER'S JOURNEY TO PTSD AND BACK**
Compte rendu du capitaine Karen Falck

Photo FAC : Cpl Pierre Létourneau

MESSAGE DU RÉDACTEUR PRINCIPAL

Nous voici donc rendus à la dernière parution de la *Revue de l'ARC* pour 2014 – comme le temps passe! En cette fin d'année, je suis estomaqué de constater le niveau d'activité de l'Aviation royale du Canada (ARC). En plus de nos tâches régulières (souvent sous-estimées par le grand public et les médias, mais combien importantes), nous avons participé à l'opération ASSURANCE en Europe et nous nous sommes joints à la Mission de police aérienne dans les pays baltes de l'Organisation du Traité de l'Atlantique Nord. Sur une note plus sombre, des membres de l'ARC se sont engagés une fois de plus dans des opérations de combat au Moyen-Orient; si je me souviens bien, il s'agit de la cinquième fois que les hommes et les femmes de l'ARC font la « guerre » au cours des vingt-cinq dernières années. Je me demande souvent si la personne qui a utilisé l'expression « les dividendes de la paix » au début des années 1990 avait imaginé que l'un de ces dividendes serait de vivre dans un monde plus complexe et, d'une certaine façon, plus dangereux.

Pour mieux relever les défis nationaux et mondiaux, l'ARC a adopté, pas toujours volontairement, une culture d'adaptabilité. Nous nous sommes adaptés aux impératifs organisationnels, technologiques et opérationnels afin de faire notre travail. Je parle ici volontairement d'« adaptation » et non de « transformation », mot bien à la mode en ce XXIe siècle, car ce mot implique un état plus permanent que celui que je ne pense pas qu'on ait encore atteint. À plusieurs égards, je reconnais bien encore l'ARC dans laquelle je me suis enrôlé il y a presque 40 ans, et si je peux applaudir devant la continuité avec le respect dû à notre patrimoine et à nos traditions, cela porte à penser sur la faisabilité d'un changement institutionnel.

En novembre de cette année, l'ARC a parrainé un Symposium sur la puissance aérienne au Collège des Forces canadiennes, à Toronto. Le thème général était un examen des changements technologiques, à court et à moyen terme, et comment cela aura une incidence sur l'application de la puissance aérienne d'une perspective canadienne. Malgré les nombreux exposés de qualité, c'est une discussion avec M. Sanu Kainikara, du Australian Air Power Development Centre (Centre de développement de la puissance aérienne de l'Australie) qui m'a fait particulièrement réfléchir. Ancien commandant d'escadre (lieutenant-colonel) au sein de la force aérienne indienne, M. Kainikara est un auteur prolifique d'ouvrages portant sur la puissance aérienne. Au cours de notre échange, il a indiqué que les forces aériennes passaient peut-être trop de temps à être fascinées par la technologie de cinquième génération, plutôt que d'appliquer suffisamment de capital intellectuel sur ce qui constitue une force aérienne de cinquième génération. Autrement dit, il estime que les questions liées à la culture, à l'organisation, au recrutement, à la formation, à la doctrine, à la logistique et aux expéditions, pour ne nommer qu'elles, devaient être réglées AVANT de faire l'acquisition d'une autre technologie, afin d'en maximiser le potentiel. Je vous invite à y réfléchir, de faire aller vos doigts sur vos claviers et de me faire connaître vos impressions sur une ARC de cinquième génération. Si nous obtenons assez de matériel, peut-être pourrons-nous dédier une édition complète sur l'ARC de l'avenir.

Parlons maintenant d'un avenir plus rapproché (soit la prochaine parution) : il semble y avoir une pénurie de critiques de livres qui se pointe devant moi. Alors, si le Père Noël, ou un membre de votre famille vous donne un livre en cadeau, je vous demanderais de prendre quelques instants pour rédiger un bref aperçu de ce que vous aimez (ou n'aimez pas) à propos de ce livre. Au pire, cela me donnera des idées que je pourrais donner à mes filles quand elles me posent l'éternelle question : « Papa, qu'est-ce que tu veux pour Noël? »

Bonne lecture.

Sic Itur Ad Astra

Major William March, CD, M.A.
Rédacteur principal

LETTRES À LA RÉDACTION

Maj March,

Permettez-moi tout d'abord de me présenter. Je suis le major Dwight Bazinet, et je suis actuellement affecté à l'Escadrille d'évaluation et d'essais opérationnels – Hélicoptères de la 12e Escadre Shearwater à titre de chef tech du projet 91 de l'Aviation royale canadienne (ARC), un développement prototype visant à assurer la pertinence opérationnelle du Sea King jusqu'à son retrait tout en l'utilisant autant que possible comme outil précurseur du Cyclone. J'ai participé à des missions au Commandement de la défense aérospatiale de l'Amérique du Nord, notamment à titre de membre du Groupe de planification binational, et à la capacité aéroportée de surveillance terrestre (AGS) de l'Organisation du traité de l'Atlantique nord (OTAN) et au J2 Ciblage, tous deux m'ayant permis de me familiariser avec le commandement et le contrôle (C2).

Bien qu'exact en-soi, l'article cité en rubrique[1] est trompeur puisqu'il est incomplet. La question se résume en ces mots : « Il incombe aux dirigeants de l'ARC, à tous les échelons, de faire savoir que c'est le concept du CCA [commandant de composante aérienne]/COA [centre d'opérations aériennes] qui est le plus susceptible d'assurer l'efficacité du C2 de la puissance aérienne dans les opérations interarmées ou multinationales[2] ». Cela reflète tout à fait l'opinion de la United States Air Force, du commandement de la composante aérienne (CCA) Ramstein, de la Royal Air Force, etc., mais pas celle de la United States Navy, du commandement de composante maritime (MCC) Northwood, de la Royal Navy et de divers éléments terrestres, y compris le commandement de composante Opérations spéciales (SOCC). Le C2, tel qu'il est décrit dans cet article, ne tient pas compte des questions de coordination avec d'autres commandements de composante (CC) qui, eux aussi, possèdent des ressources aériennes organiques ou assignées. Il s'agit d'une opinion axée sur la force aérienne du C2 et non une opinion conjointe.

Dans les limites des opérations nationales, le C2 tel qu'il est décrit dans l'article pourrait fonctionner. Toutefois, l'expérience nous a appris que l'aéronavale est beaucoup plus efficace lorsqu'elle est assignée à un centre d'opérations aéronavales rattaché à un groupe aérien maritime. Pour les opérations interarmées importantes, le C2 tel qu'il est décrit, est inefficace. La situation générale m'a paru très évidente lorsque j'étais à l'AGS OTAN à tenter de réécrire la partie du concept des opérations portant sur le C2. Le CCA Ramstein estimait qu'il devait disposer d'un C2 complet en tout temps, mais il ne comprenait pas comment employer l'AGS de manière efficace en tant que plateforme de surveillance maritime, et ce, à un point tel que le CCA a refusé de l'employer de la sorte.

Le manque de compréhension du C2 m'a paru évident à l'OTAN, le CCA Ramstein n'ayant pas compris le rôle du centre des opérations aéronavales du MCC Northwood, le fait que le Centre d'opération et d'analyse maritime possédait des ressources aériennes sous contrôle (le bassin d'aéronef de patrouille maritime de l'OTAN) et l'objectif de l'élément de coordination

des opérations aéronavales et de l'élément de coordination sol-air. Il ne comprenait pas non plus le rôle des opérations aéronavales organiques. Au niveau de la division et au niveau supérieur, les ressources sol-air demeurent sous le C2 du commandant terrestre et les éléments aéronavals restent sous celui du commandant de marine, et ce, pour des raisons d'unité de commandement.

Cela signifie également que les ressources contrôlées par le MCC/commandement de la composante terrestre peuvent être transférées au CCA pour une tâche et une durée données. De même, les ressources contrôlées par le CCA peuvent être transférées au MCC/LCC. L'ordre de mission aérienne n'est pas uniquement un moyen pour le CCA d'affecter ses ressources assignées; il s'agit également d'un outil de coordination avec le MCC/LCC (par l'entremise de l'élément de coordination des opérations aéronavales au centre d'opérations aéronavales et de l'élément de coordination air-sol aux ressources aériennes organiques terrestres) et les CCA, MCC et LCC des théâtres adjacents. L'aviation des SOCC est également traitée différemment; la coordination est donc nécessaire aussi à ce chapitre.

La haute direction de l'ARC n'est pas tenue d'assurer la connaissance du concept du CCA/centre multinational d'opérations aériennes (COAC), mais elle doit tout de même comprendre la façon dont les autres CC mènent leurs opérations de combat, y compris la façon dont ils se servent de la puissance aérienne, et elle doit transmettre cette information.

Veuillez agréer, Maj March, mes salutations distinguées,

Maj Dwight Bazinet

Abréviations

AGS capacité aéroportée de surveillance terrestre
ARC Aviation royale canadienne
C2 commandement et contrôle
CC commandement de composante
CCA commandant de composante aérienne/commandement de composante aérienne
LCC commandement de composante terrestre
MCC commandement de composante maritime
OTAN Organisation du traité de l'Atlantique nord
SOCC commandement de composante d'opérations spéciales

Notes

1. Major Pux Barnes, « Le CCAFIM et l'ARC centre sur le CAOC : Réflexions sur l'emploi de la puissance aérienne dans les opérations interarmées », *Revue de l'Aviation royale canadienne*, vol. 3, nº 3 (été 2014).

2. *Ibid.*, p. 19.

L'INÉVITABLE élimination active des débris spatiaux

Par le major Nathan Arleigh Burgess, M. A.

Le succès en salle de *Gravité*, mettant en vedette Sandra Bullock et George Clooney, a donné au grand public un excellent aperçu d'un problème très sérieux qui va s'aggravant dans l'espace : l'accumulation de dangereux débris spatiaux dans l'orbite terrestre. Le film illustre l'effet destructeur que peuvent avoir sur un astronef des débris spatiaux qui se déplacent à toute vitesse, effet rendu plus effroyable encore quand l'astronef est occupé par des astronautes. Certains se demanderont si le film n'a pas exagéré le sérieux de la situation. En vérité, le point critique a été dépassé pour ce qui est des débris spatiaux présents dans l'orbite terrestre, aussi faut-il se mettre activement à les éliminer si l'on veut continuer d'utiliser les orbites de la planète.

Les débris spatiaux sont des « objets artificiels ne servant plus et se trouvant dans l'espace[1]. » [Traduction] Les débris spatiaux ont commencé à s'accumuler quand l'humain a entrepris d'aller dans l'espace, à la fin des années 1950. « Ces objets (c.-à-d. les débris spatiaux) comprennent des astronefs non opérationnels, des étages de véhicule de lancement abandonnés, des débris de mission ainsi que des débris de fragmentation[2]. » [Traduction] Les débris de mission, qui sont créés pendant le processus de lancement comprennent des couvercles de capteur et de moteur, des courroies, des ressorts et des poids d'arrêt de rotation yo-yo[3]. » [Traduction] Les débris de fragmentation comprennent des morceaux de corps de fusée et d'aéronefs qui ont été produits à la suite d'explosions ou de collisions[4]. Le gros de la population de débris spatiaux est formé de débris de fragmentation. « Selon la NASA (National Aeronautics and Space

Administration), les débris spatiaux actuels comptent 42 pour 100 de débris de fragmentation (principalement produits par le morcellement des satellites), 22 pour 100 d'astronefs non fonctionnels, 19 pour 100 de débris de mission et 17 pour 100 de corps de fusées[5]. » [Traduction]

Les débris spatiaux sont de tailles variées, allant d'un diamètre inférieur à 1 centimètre (cm) à celui d'un vieil astronef complet[6]. L'effet des débris de moins de 1 cm de diamètre est ordinairement atténué grâce au blindage et à l'orientation[7]. En conséquence des formidables vitesses d'impact, qui peuvent atteindre 15 kilomètres à la seconde (km/s) en orbite basse terrestre (LEO pour « low Earth orbit »), des débris spatiaux de 1 cm de diamètre peuvent endommager, voire détruire, un satellite, et des débris d'un diamètre de 10 cm ou plus ont toutes les chances d'avoir un effet catastrophique sur un astronef[8]. Par surcroît :

> […] les débris d'un diamètre pas plus grand que 10 cm ont l'énergie cinétique d'un camion de 35 000 kilogrammes (kg) se déplaçant à une vitesse pouvant atteindre 190 kilomètres à l'heure (km/h). Bien que les objets se déplacent moins vite en orbite géostationnaire (GEO pour « geostationary orbit ») terrestre », ils ont quand même, à cette altitude, la vitesse d'un projectile d'arme à feu, soit environ 1 800 km/h. Il n'y a pas de moyen de vraiment protéger un satellite contre pareille force destructrice[9]. [Traduction]

Les débris de 10 cm de diamètre ou plus font présentement l'objet d'une surveillance spatiale, mais les petits débris de 1 cm à 10 cm ne sont pas suivis et représentent donc pour les astronefs une menace indétectable. À l'heure actuelle, on estime qu'au moins 21 000 débris spatiaux d'au moins 10 cm de diamètre sont surveillés. Il faut ajouter à ce nombre quelque 600 000 débris de 1 à 10 cm et 100 000 000 débris de 0,1 cm à 1 cm en orbite terrestre[10]. Les débris peuvent subsister quelques jours ou indéfiniment, selon des facteurs gravitationnels et non gravitationnels comme l'activité solaire, l'altitude et la traînée atmosphérique correspondante[11]. À faible altitude, les débris finissent par être repris par l'atmosphère terrestre où, dans la plupart des cas, ils se consument au moment d'y rentrer. Jusqu'à une altitude de 200 km, les débris d'un diamètre de 10 cm ne persistent que quelques jours, tandis qu'à des altitudes de 200 km à 600 km, ces mêmes débris peuvent durer des années. La persistance des débris, au-delà de 600 km d'altitude, peut atteindre des centaines d'années et, au-dessus de 36 000 km (GEO), ils sont éternels[12].

En plus de la persistance des débris, il faut compter avec le syndrome de Kessler, selon lequel des débris spatiaux entrent en collision entre eux ou avec d'autres objets (comme des satellites fonctionnels), ce qui génère davantage de débris spatiaux et augmente ainsi la probabilité d'autres collisions[13]. Il en résulte une multiplication des débris spatiaux. Ensemble, la persistance des débris et le syndrome de Kessler entraînent un dangereux encombrement de la LEO.

La population croissante de débris spatiaux a rehaussé la probabilité de collisions avec des astronefs. À titre d'exemple, la Station spatiale internationale (SSI) a dû exécuter des manœuvres d'évitement pour se soustraire à des collisions catastrophiques avec des débris spatiaux, et ce, en moyenne une fois par année[14]. Il est arrivé qu'une équipe de six personnes reçoive l'ordre d'évacuer la SSI pour se réfugier dans deux vaisseaux russes Soyouz jusqu'à l'extinction de la menace, les débris ayant été repérés trop tard pour permettre la manœuvre d'évitement. « Les six astronautes, deux Américains, trois Russes et un Japonais, ont vécu une demi-heure très tendue avant que le contrôle de mission ne déclare l'alerte terminée[15]. » [Traduction] Des études récentes ont permis de constater que la population de débris spatiaux de la LEO a maintenant atteint une telle densité qu'elle continuera de croître même si on n'y ajoute rien[16].

Cet état de fait a amené la plupart des spécialistes de l'espace, y compris le Comité de coordination interagence sur les débris spatiaux (CCIADS)[17], à juger que l'unique option consiste à intervenir et à prévenir cet effet en cascade, en éliminant des débris spatiaux de la LEO[18], dont certaines zones sont particulièrement polluées. Des études ont déterminé les régions de la LEO où la masse de débris spatiaux est la plus grande et où la probabilité de collision est la plus élevée, soit les strates de 600 km, 800 km et 1000 km. Ces zones sont surtout encombrées de gros débris, comme de vieux corps de fusée et astronefs posant un risque important de collision, chaque collision ayant le pouvoir d'augmenter encore la population de débris[19]. Ces gros objets sont donc logiquement ciblés en vue d'être activement éliminés[20]. Selon les simulations de la NASA, le retrait de deux gros objets (comme un vieux corps de fusée ou un vieil astronef) par année, à partir de 2020, ralentirait de 50 pour 100 l'augmentation des débris. Si cinq objets étaient retirés chaque année de la LEO, le nombre de débris demeurerait le même, ou presque, pendant les deux siècles à venir[21]. Évidemment, si l'on vise en fait à améliorer la situation, il faudra enlever plus de cinq objets par année. Compte tenu du degré d'incertitude et de la probabilité de futures collisions, il serait sage de privilégier la prudence et d'en éliminer plus que cinq[22].

Ces régions particulièrement polluées de la LEO inquiètent beaucoup l'Aviation royale canadienne (ARC) et les Forces armées canadiennes (FAC). Plusieurs des capacités militaires canadiennes installées dans l'espace sont assurées par des satellites en LEO. Le premier satellite canadien entièrement militaire, par exemple, le Sapphire, est situé dans la LEO. Le Sapphire procure aux FAC et aux forces militaires américaines une connaissance de la situation (CS) dans l'espace en sa qualité de capteur du réseau de surveillance de l'espace des États-Unis. Le Sapphire suit les débris spatiaux et les satellites opérationnels en orbite terrestre. Les données de CS spatiale qu'il fournit soutiennent la responsabilité du Commandement de la défense aérospatiale de l'Amérique du Nord (NORAD) de l'ARC qui consiste à lancer les avertissements aérospatiaux concernant l'Amérique du Nord[23].

Le satellite RADARSAT 2 du Canada, qui propose des capacités de télédétection pour appuyer les FAC, est aussi situé dans la LEO. RADARSAT 2 assure, entre autres, la surveillance de l'Arctique et la détection des navires ainsi que la détection des conditions environnementales à l'appui des opérations canadiennes de sécurité. La Mission de la constellation RADARSAT (MCR), qui fait suite à RADARSAT 2 et dont le lancement est prévu pour 2018, sera également située dans la LEO et fournira la connaissance du domaine maritime, une capacité d'indication de cible terrestre mobile (ICTM) et un système automatisé d'identification (SAI)[24] des navires.

Les FAC recourent aussi à l'imagerie satellitaire pour appuyer les opérations militaires par l'entremise de l'Équipe de soutien du projet spatial conjoint (ESPSC). L'ESPSC alimente les commandants en données de CS par l'intermédiaire de son système non classifié de connaissance de la situation par télédétection. Des satellites d'imagerie commerciaux sont aussi situés dans la LEO[25].

Pour finir, les charges utiles du système de recherche et sauvetage assisté par satellite (SARSAT) canadien sont elles aussi situées dans la LEO. Le système SARSAT peut détecter des balises de détresse en mer, dans des forêts éloignées et dans la région arctique. Les capacités du système SARSAT canadien ont été mises à profit dans le cadre de milliers d'opérations de recherche et de sauvetage depuis 1982 et ont été « essentielles au sauvetage de plus de 24 000 vies dans le monde[26]. » La perte de ces capacités militaires spatiales du fait qu'une région de la LEO soit très polluée serait préjudiciable aux FAC ainsi qu'à la sûreté et la sécurité de la population canadienne.

Maintenant que le nombre de débris a atteint un niveau critique dans la LEO (et que la majorité des experts s'entendent pour dire qu'il faut activement en enlever), les pays ayant une présence dans l'espace et la communauté internationale doivent déterminer comment s'y prendre pour éliminer ces débris de l'espace orbital, qui paiera pour ces opérations et comment ces activités seront règlementées. Plusieurs techniques d'élimination active des débris sont à l'étude; elles vont des systèmes robotiques spatiaux aux systèmes terrestres sans contact[27]. Les systèmes robotiques spatiaux reposent sur l'utilisation d'un véhicule de poursuite, ou de service, qui pourra : 1) procéder à des manœuvres orbitales; 2) se positionner auprès de débris spatiaux; 3) les capturer; et 4) les déposer dans une orbite-cimetière (une orbite de satellites au rebut) ou dans une orbite inférieure en vue de leur rentrée dans l'atmosphère terrestre[28].

Ce véhicule de poursuite pourrait être conçu selon les technologies classiques d'astronef et de propulsion; certaines études, cependant, s'intéressent à des options de rechange, comme la modification des étages supérieurs des véhicules lanceurs pour qu'ils servent de véhicules de poursuite. Ces étages supérieurs sont ordinairement abandonnés et deviennent des débris pendant le déroulement du lancement, ce qui ajoute ainsi une bonne part de gros débris aux autres objets déjà en orbite terrestre. Modifier les étages supérieurs des véhicules lanceurs de manière à en faire des véhicules de poursuite a l'avantage supplémentaire de freiner la multiplication des débris spatiaux tout en aidant à en réduire le nombre actuel. Cela permettra de soustraire un gros débris après chaque lancement, à un coût inférieur à celui des véhicules traditionnels[29].

Ces étages supérieurs modifiés des véhicules lanceurs pourraient être munis de systèmes de propulsion à laisse électrodynamique (LED) plutôt que de technologies conventionnelles de propulsion. La LED est un long câble conducteur attaché à l'astronef; ce câble « peut faire office de générateur, selon les principes de l'électromagnétique, en convertissant son énergie cinétique en énergie électrique, ou faire office de moteur en convertissant son énergie électrique en énergie cinétique[30]. » [Traduction] Autrement dit, il s'agit d'un système de propulsion sans agent propulseur qui exploite la force de Lorentz, ce qui produit une interaction entre le champ magnétique de la Terre et la laisse conductrice. « Le grand avantage de la LED au chapitre de l'enlèvement des débris spatiaux vient de ce qu'elle ne requiert pas d'agent propulseur. Cela réduit les coûts tout en améliorant la fiabilité de la propulsion et des opérations dans l'espace[31]. » [Traduction]

Après avoir choisi le bon véhicule de poursuite et le système de propulsion qui convient, il reste à choisir parmi différentes options au chapitre des techniques de capture, qui peuvent se diviser ainsi : par traction, par poussée et sans contact[32]. Les techniques de traction recourent à des articles comme des éperviers et des harpons. Les techniques de poussée tirent parti de bras robotiques munis de mécanismes de pinçage. Quant aux techniques sans contact, elles sont axées sur des technologies comme les faisceaux d'ions, la poussière, le laser, la mousse ou les jets d'air pour exercer une force sur les débris spatiaux.

« L'une des techniques les plus chargées d'espoir en vue du contrôle actif d'un débris lors de sa rentrée dans l'atmosphère ou de son changement d'orbite consiste à y attacher une laisse et à le tirer[33]. » [Traduction] L'utilisation d'une laisse permet des options de capture utiles pour des débris spatiaux, peu importe leur forme, leur attitude ou leur vitesse de rotation. La laisse élimine l'épineux problème de devoir s'amarrer à une cible qui tourne ou se déplace très rapidement. En 2012, l'Agence spatiale européenne (ASE) a étudié l'emploi d'éperviers pour saisir des débris spatiaux[34]. « L'idée est simple : un mécanisme éjecte le filet de son boîtier. Le filet s'ouvre sous l'effet de l'inertie d'un certain nombre de poids situés aux coins et ayant

une masse élevée par rapport à celle du filet et sous l'effet de la vitesse radiale[35]. » [Traduction] Les poids situés dans chacun des coins du filet[36] sont éjectés vers l'extérieur à un angle donné (p. ex. 30 degrés) relativement au centre du filet, ce qui en force l'ouverture. Les simulations de l'ASE ont montré que le filet envelopperait passivement le débris, l'assujettissant totalement. « Par contre, bien que les simulations montrent que la fermeture entièrement passive du filet soit probablement suffisante, il est possible d'installer en plus un mécanisme de fermeture simple formé de treuils dans deux des poids des coins et de les relier par un fil[37]. » Une fois la cible prise au filet, le véhicule de poursuite la tirerait jusqu'à l'orbite-cimetière ou la redirigerait vers la Terre pour qu'elle rentre dans l'atmosphère. L'ASE a jugé que les éperviers constituaient « un mécanisme de saisie très prometteur qui pourrait fonctionner […] pour des cibles d'un large éventail de taille, de forme, d'attitude et de vitesse de rotation[38]. »

Une autre option avec laisse consisterait à utiliser un harpon pour capturer les débris spatiaux. Les harpons présentent plusieurs des avantages de l'épervier, mais ils soulèvent quelques préoccupations, notamment quant à leur capacité de percer la structure externe des satellites, quant à la solidité de leur ancrage une fois à l'intérieur du satellite et quant à la création potentielle d'un supplément de débris résultant d'une fragmentation. Les essais initiaux sont prometteurs et aucune de ces préoccupations initiales ne s'est encore révélée présenter un obstacle[39].

Un inconvénient des techniques de traction vient de ce que le panache du propulseur est orienté vers la laisse et le filet, ce qui ne laisse d'autre choix que d'employer un matériau thermorésistant, comme le Zylon, sur la partie de la laisse qui est exposée au panache. « La défaillance thermique de la laisse de Zylon devrait se produire (lors de la rentrée) à une altitude de 74 km[40]. » [Traduction] Le Zylon est suffisamment solide pour résister au panache du propulseur, mais pas assez pour ne pas être consumé lors de la rentrée dans l'atmosphère; donc il ne pose pas de risque pour les humains.

Les technologies de poussée comprennent l'emploi de bras ou de tentacules robotiques munis à leur extrémité d'un quelconque dispositif de préhension qui saisirait les débris spatiaux[41]. Les techniques de poussée posent, par nature, des difficultés lors des phases de rendez-vous et de capture de la mission, car ces phases exigent beaucoup de précision, particulièrement lorsqu'il s'agit d'un objet culbutant qui se déplace rapidement. Un manque de précision des capteurs pourrait entraîner la fragmentation du débris ou une collision entre le véhicule de poursuite et le débris. Une fois le débris entièrement arrimé, celui-ci et le véhicule de poursuite se propulseraient (l'aspect « poussée » de l'opération) vers une orbite-cimetière ou, si la rentrée est la voie choisie, vers la Terre.

Les techniques de poussée et de traction ont en commun un risque d'explosion des réserves d'énergie des débris[42]. Certains pays, comme la France, ont récemment élaboré des règlements pour garantir la passivation de tous les futurs astronefs au terme de leur vie utile[43]. La passivation est l'épuisement de toutes les sources d'énergie emmagasinée présentes à bord d'un astronef. L'énergie est stockée dans des piles, dans des réservoirs sous pression et dans des réservoirs d'agent propulseur. Malheureusement, les débris spatiaux existants n'ont pas été soumis à des règlements exigeant leur passivation, aussi le risque d'explosion lors des tentatives de reprise de ces débris est-il bien réel. Par contre, « les réservoirs d'agent propulseur se trouvent dans le cylindre central et sont donc bien à l'abri de menaces comme les mécanismes de saisie[44]. » [Traduction] Les harpons, cependant, qui pénètrent dans le corps du débris, doivent être lancés avec soin de manière à ce qu'ils ne frappent pas un réservoir. Il existe également un risque de voir un épervier ou un mécanisme de préhension briser un propulseur, entraînant

ainsi la fuite de l'agent propulseur. Heureusement, la soupape de l'agent propulseur est située en amont de la buse et de la semelle, ce qui signifie que la soupape demeurerait intacte même si le propulseur, la buse et la semelle se brisaient. Comme c'est la soupape qui contrôle le débit d'agent propulseur, celui-ci ne s'échapperait pas des réservoirs. Du point de vue de la passivation, l'épervier est le dispositif qui présente le moins de risques d'explosion.

Les techniques de traction et de poussée ont en commun la capacité de permettre de contrôler la rentrée. Cette possibilité est particulièrement importante quand on a affaire à de gros objets ayant de fortes chances de survivre à la rentrée dans l'atmosphère terrestre, d'où un danger pour la vie humaine et pour les biens matériels à la surface de la planète. Dans leur ensemble, les études portant sur les techniques de traction et sur les techniques de poussée sont prometteuses[45].

En plus de ces techniques de traction et de poussée, il existe de nombreuses approches sans contact (faisceau d'ions, poussière, laser, mousse, jet d'air) pour l'élimination des débris spatiaux, « même si l'expression ne traduit pas parfaitement le concept[46]. » L'une de ces études, réalisée par l'ASE et l'Universidad Politécnica de Madrid, porte sur le concept du guidage par faisceaux d'ions (GFI), qui consiste en gros à diriger le plasma, à partir d'un propulseur à faisceaux d'ions, vers un débris spatial, exerçant ainsi une force[47].

> Lors d'une mission typique, le véhicule de GFI rejoindrait le débris ciblé et, tout en orbitant avec lui à une distance constante, garderait l'un de ses faisceaux d'ions pointé en tout temps sur la surface de l'objet pour produire une force de traction faible mais continue, tandis que son autre faisceau d'ions serait pointé dans la direction opposée pour assurer une distance relative constante. De cette façon, le véhicule de GFI pourrait servir à manœuvrer des débris spatiaux à distance sans qu'il doive y avoir de contact physique (arrimage), et la manœuvre pourrait être répétée sur de nombreuses cibles[48]. [Traduction]

Il est très avantageux de pouvoir appliquer cette technique à de multiples cibles. Les études montrent qu'il s'agit d'une option fort prometteuse qui ne présente pas d'obstacles. Un concept semblable, où des propulseurs chimiques remplacent les propulseurs à faisceaux d'ions, est également à l'étude.

L'emploi de mousse expansible est aussi une idée intéressante. Comme dans le concept du GFI, le véhicule de poursuite se placerait tout près des débris spatiaux pour les couvrir d'une mousse qui prendrait ensuite de l'expansion et demeurerait collée aux débris afin de ne pas en créer d'autres. « Le principe sous-jacent de cette méthode consiste à accroître le rapport surface-masse de débris en orbite terrestre assez basse pour accroître leur traînée atmosphérique naturelle et, par là, réduire de beaucoup leur durée de vie naturelle en orbite, ce qui les mènera naturellement à rentrer dans l'atmosphère[49]. » Une autre façon de procéder consisterait à intégrer la mousse aux futurs astronefs à titre de mesure préventive. Cette technique de la mousse, de toute évidence, ne peut fonctionner qu'en orbite de basse altitude, où il existe une traînée atmosphérique suffisante pour permettre la rentrée après un délai raisonnable. Des études montrent qu'un débris spatial d'une tonne (907 kg) pourrait quitter une orbite située à 900 km d'altitude en 25 ans, ce qui est très satisfaisant[50].

L'utilisation d'anneaux tourbillonnants de jets d'air est une autre avenue possible[51]. « Ce concept recourt à un mécanisme permettant de propulser des molécules d'air dans la trajectoire des débris spatiaux, induisant une force de traînée qui abaisse la trajectoire orbitale

jusqu'à ce qu'elle croise l'atmosphère[52]. » [Traduction] Une méthode possible consisterait à utiliser un système terrestre pour lancer un vortex d'air dans l'espace. « Les débris présents dans la LEO qui rencontreraient ce jet d'air subiraient une force de traînée proportionnelle à la densité accrue de l'air, ce qui perturberait leur orbite au point d'intersection avec l'atmosphère. Les forces de traînée maintiendraient alors l'accélération négative de l'objet jusqu'à ce qu'il quitte son orbite[53]. » Ce système terrestre requerrait beaucoup d'énergie, mais, sur le plan logistique, il serait simple.

Il serait aussi possible de se servir d'une fusée pour placer en orbite une charge utile de jets d'air. Du point de vue logistique, cette approche serait plus complexe que l'option du système terrestre, mais elle réduirait les « coûts en énergie associés au jet initial et à la propagation[54]. » L'utilisation de jets d'air est considérée très sûre au sens du risque de créer accidentellement davantage de débris. Même si la méthode échouait, « les systèmes proprement dits ne pourraient générer davantage de débris, car ils n'atteindraient jamais l'orbite[55]. »

Le Naval Research Laboratory des États-Unis étudie l'utilisation de poussière pour éliminer des débris spatiaux. Une fusée transporterait une charge utile de poussière qu'elle déposerait sur le parcours du débris visé.

> La population de débris est enveloppée par le nuage de poussière, ce qui augmente sa traînée et résulte en une perte d'altitude. Elle descend jusqu'à une altitude […] où la traînée naturelle de la Terre suffirait à forcer sa rentrée à un moment choisi. Le nuage de poussière pourrait aussi rentrer dans l'atmosphère en raison de la gravité[56]. [Traduction]

La poussière de tungstène est une candidate de choix pour ce rôle en raison de sa densité élevée, de son abondance et de son coût relativement modeste.

Un laser basé à terre a aussi le potentiel de devenir un élément actif d'élimination des débris spatiaux. Les lasers peuvent servir à éliminer des débris petits ou grands. « L'élimination de débris orbitaux au moyen du laser (EDOL) tire profit de l'effet de poussée produite par l'ablation de la surface du débris au moyen d'un laser pulsé focalisé basé à terre pour modifier l'orbite du débris et l'amener à rentrer dans l'atmosphère. Nous nous servons d'un télescope pour focaliser le laser jusqu'à un cercle de 30 cm de diamètre sur une cible qui se trouve à 1000 km de nous[57]. » [Traduction] La technique ne crée pas de débris supplémentaires, car « seuls quelques nanomètres de surface sont vaporisés; la délicate ablation par impulsion ne fait pas en sorte que l'objet fonde ou qu'il se fragmente[58]. » Les lasers et télescopes nécessaires à une mission de cette nature existent déjà, ce qui rend l'option faisable.

Les débris spatiaux en orbite terrestre posent un problème auquel il faut s'attaquer en procédant activement à leur élimination. Des techniques potentielles d'élimination active des débris, y compris les techniques de traction, de poussée et sans contact, sont à l'étude. Bien qu'il faille procéder à davantage d'analyse, les études initiales menées dans différentes institutions du monde entier affichent des résultats très prometteurs. La faisabilité technique de l'élimination active des débris ne représente cependant qu'une partie du défi qui se pose à nous. Les problèmes d'ordre réglementaire, économique, politique et juridique liés à l'élimination active des débris spatiaux seront peut-être aussi épineux, sinon plus, que les questions techniques. Ces domaines exigent que l'on s'y intéresse dans le cadre d'un effort général visant à comprendre les besoins mondiaux de gouvernance de l'espace.

Le major Nathan Arleigh Burgess, membre de l'ARC, est officier du génie électrique et des communications. Il a travaillé au sein de différentes organisations de l'ARC et des FAC, notamment auprès de l'organisation du Directeur – Gestion du programme d'équipement aérospatial (Systèmes de radar et de communications), du 42e Escadron de radar et de l'Escadron des services d'information et de télécommunications de la 4e Escadre Cold Lake, du Commandement du soutien opérationnel du Canada et de l'École d'électronique et des communications des Forces canadiennes. Le major Burgess a terminé récemment, au Collège militaire royal du Canada, une maîtrise ès arts en études sur la conduite de la guerre avec concentration sur la puissance aérospatiale. Il est présentement officier de la guerre spatiale au Centre de guerre aérospatiale des Forces canadiennes, à Trenton.

Abréviations

ARC	Aviation royale canadienne
ASE	Agence spatiale européenne
CCIADS	Comité de coordination interagence sur les débris spatiaux
CS	connaissance de la situation
FAC	Forces armées canadiennes
GEO	orbite géostationnaire terrestre
GFI	guidage par faisceaux d'ions
IAASS	International Association for the Advancement of Space Safety
LED	laisse électrodynamique
LEO	orbite basse terrestre
NASA	National Aeronautics and Space Administration
NORAD	Commandement de la défense aérospatiale de l'Amérique du Nord
MCR	mission de la constellation RADARSAT
SARSAT	satellite de recherche et sauvetage
SSI	Station spatiale internationale

Notes

1. Tobias Evers, *The EU, Space Security and a European Global Strategy*, The Swedish Institute of International Affairs, Stockholm, 2013, p. 16. Voir également : Nodir Adilov, Peter J. Alexander et Brendan Michael Cunningham, « Earth Orbit Debris: An Economic Model », *Social Sciences Research Network* (14 mai 2014), p. 4, http://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=2264915 (consulté le 18 septembre 2014); NASA, « Orbital Debris Management & Risk Mitigation », Academy of Program/Project & Engineering Leadership, Washington, p. 6, http://appel.nasa.gov/knowledge-sharing/publications/appel-releases-ibook-html/ (consulté le 18 septembre 2014); et Farhad Aghili, *Active Orbital Debris Removal Using Space Robotics*, Agence spatiale canadienne, p. 1, http://robotics.estec.esa.int/i-SAIRAS/isairas2012/Papers/Session%208B/08B_01_aghili.pdf (consulté le 18 septembre 2014).

2. NASA, « Orbital Debris Management », p. 6.

3. *Ibid*.

4. *Ibid*. Voir également : T. P. Brito, C. C. Celestino et R. V. Moraes, « A Brief Scenario about the 'Space Pollution' around the Earth », *Journal of Physics: Conference Series 465*, 2013, p. 1.

5. Adilov, Alexander et Cunningham, « Earth Orbit Debris: An Economic Model », p. 58.

6. *Ibid.*, p. 4.

7. NASA, « Orbital Debris Management », p. 16.

8. *Ibid.*; C. Pardini et L. Anselmo, « Assessing the Risk of Orbital Debris Impact », *Space Debris*, vol. 1, nº 1, 1999, p. 59-60; Cesar Jaramillo, *Space Security Index 2012*, Project Ploughshares, Waterloo, Ontario, 2012, p. 7, p. 27-28; et K. Wormnes et autres, « ESA Technologies for Space Debris Remediation », *Proceedings of the 6th IAASS Conference: Safety Is Not an Option,* Agence spatiale européenne, Montréal, 2013, p. 1.

9. Jaramillo, *Space Security Index 2012*, p. 27-28.

10. Adilov, Alexander et Cunningham, « Earth Orbit Debris: An Economic Model », p. 5.

11. *Ibid.*; N. Johnson, « Increasing Solar Activity Aids Orbital Debris Environment », *Orbital Debris Quarterly News*, vol. 16, nº 1 (2012), p. 4; J. C. Liou, « A Note on Active Debris Removal », *Orbital Debris Quarterly News*, vol. 15, nº 3 (2011), p. 8.

12. Brito, Celestino et Moraes, « A Brief Scenario », p. 1.

13. Stavros Georgakas, « Sweeping Away Spatial Debris with Dust », Space Safety Magazine (1er juillet 2012), p. 1, http://www.spacesafetymagazine.com/2012/07/01/dust-actively-mitigate-spatial-debris-problem (consulté le 18 septembre 2014); J. C. Liou, « An Update on LEO Environment Remediation with Active Debris Removal », *Orbital Debris Quarterly News*, vol. 15, nº 2 (2011), p. 4.

14. NASA, « International Space Station Avoids Debris from Old NASA Satellite », Orbital Debris Quarterly, vol. 15, nº 1 (2011), p. 1; NASA. « Another Debris Avoidance Maneuver for the ISS », *Orbital Debris Quarterly News*, vol. 17, nº 1 (2013), p. 3.

15. Andrew Osborn, « International Space Station Evacuated after Debris Threatens Craft », *The Telegraph* (28 juin 2011), p. 1.

16. Wormnes et autres, « ESA Technologies for Space Debris Remediation », p. 1; Ali S. Nasseri, Matteo Emanuelli, Siddharth Raval et Andrea Turconi, « Active Debris Removal Using Modified Launch Vehicle Upper Stages », *Proceedings of the 6th IAASS Conference*, p. 1-2; Georgakas, « Sweeping Away Spatial Debris with Dust », p. 1; J. C. Liou, « An Update on LEO Environment Remediation with Active Debris Removal », p. 4; Aghili, Active Orbital Debris Removal Using Space Robotics, p. 1; Brito, Celestino et Moraes, « A Brief Scenario », p. 4; J. C. Liou, « A Note on Active Debris Removal », p. 7-8; Adilov, Alexander et Cunningham, « Earth Orbit Debris: An Economic Model », p. 5, 19.

17. Le CCIADS a pour principal objet l'échange d'informations sur les activités de recherche concernant les débris spatiaux entre agences spatiales membres, dans le but de produire des occasions de coopération en recherche sur les débris spatiaux, d'étudier les progrès des activités de coopération en cours et de recenser les options d'atténuation de la présence de débris. Voir le

mandat du Comité de coordination interagence sur les débris spatiaux (en anglais seulement) : http://www.iadc-online.org/index.cgi?item=torp_pdf (consulté le 18 septembre 2014).

18. Aghili, Active Orbital Debris Removal Using Space Robotics, p. 1; Georgakas, « Sweeping Away Spatial Debris with Dust », p. 1; Liou, « An Update on LEO Environment Remediation with Active Debris Removal », p. 4.

19. Liou, « A Note on Active Debris Removal », p. 4.

20. Wormnes et autres, « ESA Technologies for Space Debris Remediation », p. 1; NASA. Orbital Debris Remediation, NASA Orbital Debris Program Office, http://orbitaldebris.jsc.nasa.gov/remediation/remediation.html (consulté le 18 septembre 2014).

21. Liou, « A Note on Active Debris Removal », p. 4.

22. Wormnes et autres, « ESA Technologies for Space Debris Remediation », p. 1.

23. Directeur général – Espace, « Le satellite Sapphire brille à mesure qu'approche sa capacité opérationnelle finale », *Apogée – Bulletin du Programme spatial de la Défense canadienne*, vol. 2, nº 2 (novembre 2013), p. 3; « Accord entre le gouvernement du Canada et le gouvernement des États-Unis d'Amérique sur le Commandement de la défense aérospatiale de l'Amérique du Nord », 28 avril 2006, Article premier, http://www.treaty-accord.gc.ca/text-texte.aspx?id=105060 (consulté le 18 septembre 2014).

24. Cette notion est voisine de l'identification ami-ennemi (IFF) de l'environnement aérospatial.

25. Directeur général – Espace, « Capacités de l'espace », Apogée – Bulletin du Programme spatial de la Défense canadienne, vol 2, nº 2 (novembre 2013), p. 4; Directeur général – Espace, « L'équipe de soutien du projet spécial interarmées participe à l'exercice JOINTEX», Apogée – Bulletin du Programme spatial de la Défense canadienne, vol. 2, nº 2 (novembre 2013), p. 8.

26. Major Jason Terry, « Système de recherche et de sauvetage assisté par satellites (SARSAT) », Canada, ministère de la Défense nationale, Chef – Développement des Forces, intranet (Réseau étendu de la Défense) : http://cfd.mil.ca/sites/intranet-fra.aspx?page=5939 (consulté le 18 septembre 2014).

27. Matthew A. Noyes, Peetak Mitra et Antariksh Dicholkar, « Propagation of Surface-to-Low Earth Orbite Vortex Rings for Orbital Debris Management », *Proceedings of the 6th IAASS* Conference, p. 1; Aghili, *Active Orbital Debris Removal Using Space Robotics*, p. 1.

28. Aghili, « Active Orbital Debris Removal Using Space Robotics », p. 1.

29. Nasseri, Emanuelli, Raval et Turconi, « Active Debris Removal Using Modified Launch Vehicle Upper Stages », p. 1-3.

30. *Ibid*.

31. *Ibid.*, p. 3.

32. Robin Biesbrock, Tiago Soares, Jacob Hüsing, et Luisa Innocenti, « The e.Deorbit CDF Study : A Design Study for the Safe Removal of a Large Spatial Debris », *Proceedings of the 6th IAASS Conference*, p. 3; Wormnes et autres, « ESA Technologies for Space Debris Remediation », p. 1-2, 4, 5.

33. Wormnes et autres, « ESA Technologies for Space Debris Remediation », p. 2. La réorbitation supposerait le déplacement des débris dans une orbite-cimetière où ils ne poseraient pas de danger.

34. *Ibid.*, p. 2-3.

35. *Ibid.*, p. 3.

36. L'étude de l'ASE a recouru à un filet de 16 m x 16 m à maillage d'environ 20 cm; voir *Ibid*. D'autres études ont pris pour point de départ un filet de pêche d'à peu près 25 m x 25 m d'un poids approximatif de 25 km. Voir Guillermo Ortega Hernando et autres, « Guidance, Navigation, and Control Techniques and Technologies for Active Satellite Removal », *Proceedings of the 6th IAASS Conference*, p. 2.

37. Wormnes et autres, « ESA Technologies for Space Debris Remediation », p. 3.

38. *Ibid.*, p. 3-4.

39. *Ibid.*, p. 4.

40. Biesbrock, Soares, Hüsing et Innocenti, « The e.Deorbit CDF Study : A Design Study », p. 5.

41. *Ibid.*, p. 6; Wormnes et autres, « ESA Technologies for Space Debris Remediation », p. 4-5; Hernando et autres, « Guidance, Navigation, and Control Techniques and Technologies for Active Satellite Removal », p. 3.

42. Wormnes et autres, « ESA Technologies for Space Debris Remediation », p. 2.

43. F. Bonnet, C. Cazaux et N. Pelletier, « Passivation Techniques for Future Spacecraft to Comply with French Space Operations Act », *Proceedings of the 6th IAASS Conference*, p. 1.

44. Biesbrock, Soares, Hüsing et Innocenti, « The e.Deorbit CDF Study : A Design Study », p. 2.

45. Wormnes et autres, « ESA Technologies for Space Debris Remediation », p. 2-5.

46. *Ibid.*, p. 5.

47. *Ibid*. « Le plasma est un gaz électriquement neutre dans lequel toutes les charges positives et négatives – d'atomes neutres, de négatons et d'ions à charge positive – s'additionnent pour produire un total de zéro. Le plasma est présent partout dans la nature; il est nommé « quatrième état de la matière » (les autres étant les états solide, liquide et gazeux). Voir la fiche

« Ion Propulsion » de la NASA, Glenn Research Center, http://www.nasa.gov/centers/glenn/about/fs21grc.html (consultée le 18 septembre 2014).

48. Wormnes et autres, « ESA Technologies for Space Debris Remediation », p. 5-6.

49. *Ibid*., p. 7.

50. *Ibid*.

51. Un anneau tourbillonnaire est une masse d'air en rotation, ayant la forme d'un beigne (un anneau de fumée de cigarette en est une illustration).

52. Noyes, Mitra et Dicholkar, « Propagation of Surface-to-Low Earth », p. 1.

53. *Ibid*., p. 1-2.

54. *Ibid*., p. 1.

55. *Ibid*.

56. Daniel Parry, « NRL Scientists Propose Mitigation Concept of LEO Debris », United States Naval Research Lab, http://www.nrl.navy.mil/media/news-releases/2012/nrl-scientists-propose-mitigation-concept-of-leo-debris (consulté le 18 septembre 2014).

57. Claude Phipps, « Clearing Spatial Debris with Lasers », SPIE, https://spie.org/x84761.xml (consulté le 18 septembre 2014). L'ablation au laser est un processus consistant à enlever (c'est-à-dire à vaporiser) la surface d'un solide par irradiation au moyen d'un laser.

58. *Ibid*.

APPRENTISSAGE ET ANALYSE VIRTUELS À PEU DE FRAIS :

L'ESTTMA ET LE PROJET BLUEJAY

Par le major Eric North,
le sous-lieutenant Ben Frans,
le sous-lieutenant Jolanta Matusewicz,
Maria Correa et Colton Harrison-Steel

Introduction

L'Escadron de soutien technique des télécommunications et des moyens aérospatiaux (ESTTMA) est une organisation du ministère de la Défense nationale (MDN) du Canada. L'ESTTMA fournit aux organisations partenaires du MDN une mine de produits et de services techniques, notamment l'analyse technique, la conception et la production d'équipement aérospatial. Il a fourni son appui lors de l'essai opérationnel et de l'évaluation (EOE) de l'hélicoptère CH146 Griffon, en 2009, et à nouveau en 2010 en partenariat avec le Centre de guerre électronique des Forces canadiennes (CGEFC), l'Installation d'évaluation et d'essais de l'Aviation de l'Armée de terre et le gestionnaire des systèmes d'armes (GSA) du CH146. Des membres de l'ESTTMA ont participé à la conception et à l'installation des montages électriques et mécaniques du système avancé de données télémétriques (Advanced Range Data System, ARDS) du Département de la Défense des États-Unis, un système qui fournit une localisation temps-espace ou des données de trajectoire de vol précises pendant les essais opérationnels d'aéronefs. Le personnel des exercices avait besoin de données de trajectoire de vol et de cap de l'aéronef pendant chaque vol, tant pour des motifs de sécurité que du point de vue du contrôle du rayon d'action, sans compter l'évaluation après-vol des manœuvres de l'appareil.

Bien que les systèmes de navigation de bord aient pourvu les équipages aériens de la connaissance de la situation nécessaire au cours de chaque mission, la fonction d'enregistrement et d'obtention des données de trajectoire de vol n'était pas facile d'accès. Les systèmes d'enregistrement de la trajectoire de vol intégrés à l'ARDS sont coûteux et exigent la prise de dispositions spéciales pour leur utilisation dans des appareils canadiens et pour l'emploi dans une zone géographique limitée. Il fallait d'autre part qu'un certain nombre de stations et de terminaux à terre soient en état de fonctionner et soient parfaitement opérationnels pendant les essais.

À leur retour au Canada, les membres de l'ESTTMA ont eu des échanges avec des collègues du CGEFC pour évaluer la viabilité d'une version plus petite et moins coûteuse de l'ARDS pouvant être installée dans les aéronefs de l'Aviation royale canadienne (ARC) pour les missions dont ils sont chargés dans le cadre d'opérations intérieures et de déploiement[1]. Des parties de cet examen, de même que des échanges entre les membres de l'équipe au sujet de la relecture de la trajectoire de vol, ont mené à l'élaboration d'un système prototype et d'un système de démonstration plus petits et plus légers que nature et d'une suite d'outils logiciels d'emmagasinage et d'affichage de données de trajectoire de vol. Le matériel du système prototype et du système de démonstration était auto-alimenté, a coûté moins de 5 000 $ et fonctionnait indépendamment des systèmes d'enregistrement des données de vol et des liens de données. Le prototype a été traité comme une trousse « sans modification » de mission d'aéronef pouvant être installée dans un certain nombre de points différents du poste de pilotage de divers aéronefs, tant au Canada qu'à l'étranger. Ce matériel comprenait le MTi-G du fabricant XSens, c'est-à-dire une petite centrale d'attitude et de cap (AHRS) munie d'un système mondial de localisation (GPS), employant une technologie de système microélectromécanique capable de prendre en charge des applications de véhicules en mouvement. La suite logicielle consistait en une gamme de programmes commerciaux et de programmes à source ouverte. Le recours à des logiciels à source ouverte a permis aux auteurs de monter une trousse d'outils d'analyse des données de plusieurs trajectoires pour appuyer le projet. Au moyen de la méthodologie présentée plus tôt, ils ont appliqué les résultats d'expériences de GPS réalisées à l'aide de véhicules terrestres à la validation des données de sortie de capteurs d'un GPS/unité de mesure inertielle (UMI) intégré. Cette validation était nécessaire pour garantir la bonne exploitation du GPS/UMI lors des expériences aéroportées subséquentes. La suite logicielle comprenait également un jeu de modifications, élaborées par l'équipe, apportées à un simulateur de vol à source ouverte appelé FlightGear. Les utilisateurs ont pu, au moyen de ce logiciel, emmagasiner des trajectoires, analyser leurs données et afficher les trajectoires de vol résultantes dans un environnement virtuel complet avec cartes personnalisées superposables.

Les applications créées pour Bluejay comprennent l'analyse après-mission des trajectoires et des régimes de vol de différents environnements d'apprentissage, comme la formation au pilotage de l'ARC, y compris la phase I (ab initio), la phase II (élémentaire), et la phase III (hélicoptère/multimoteur). Les autres applications possibles comprennent l'EOE avec applications en guerre électronique, la caractérisation des trajectoires de vol que peut utiliser le Directeur – Sécurité des vols (DSV) dans le cadre de ses enquêtes sur des accidents d'aéronef, les essais et évaluations techniques, l'examen et le raffinement des démonstrations de vol acrobatique, la tactique embarquée ainsi que d'autres manœuvres.

Le présent rapport est ainsi structuré : la partie Expériences présente le matériel et les logiciels employés pendant le projet et décrit les expériences réalisées; la partie Résultats et la partie Analyse présentent les constatations issues des expériences; la partie Conclusions récapitule l'analyse et donne les grandes lignes des travaux à venir.

Expériences

Deux variantes matérielles ont été élaborées pour soutenir le projet : (1) un prototype constitué d'une enceinte métallique, de capteurs, d'un processeur et d'autres composants convenant à l'installation dans un aéronef et (2) un système de démonstration constitué de parties des organes internes du système prototype selon une configuration beaucoup plus petite et beaucoup plus légère. Les paragraphes qui suivent donnent le détail du système prototype et du système de démonstration du projet Bluejay.

Système prototype

Le matériel du système prototype Bluejay consistait en des capteurs de position et d'attitude, en une source d'alimentation et en un ordinateur miniature. Un AHRS/GPS MTi-G de XSens a servi de capteur principal de position et d'attitude, tandis qu'un récepteur GPS GlobalSat DG-100 a constitué le capteur secondaire du véhicule, qui a permis de connaître sa position et de valider certains des résultats du MTi-G recueillis pendant les expériences à bord de véhicules terrestres. Cet équipement était logé dans une enceinte convenant à l'utilisation en aviation; il était doté de commutateurs, de disjoncteurs et de barrettes pour l'alimentation interne et externe ainsi que de dispositifs d'accueil d'antennes externes et de moyens de communication avec un ordinateur hôte. Les attaches, les matériaux de construction, le câblage, les commutateurs, les interconnexions et les autres composants ont été choisis selon des critères de disponibilité, de conformité aux normes aérospatiales et de sécurité aérienne. L'enceinte comportait un couvercle amovible et une petite porte facilitant l'accès aux bornes d'emmagasinage de données et aux autres barrettes de l'ordinateur miniature. La polyvalence du concept permet le montage de l'enceinte à différents endroits dans le poste de pilotage de l'aéronef au moyen de sangles d'arrimage ou d'une plaque d'adaptation fixée soit au plancher de la cabine, soit à une autre structure apte à la recevoir. Les figures 1 et 2 montrent le système prototype.

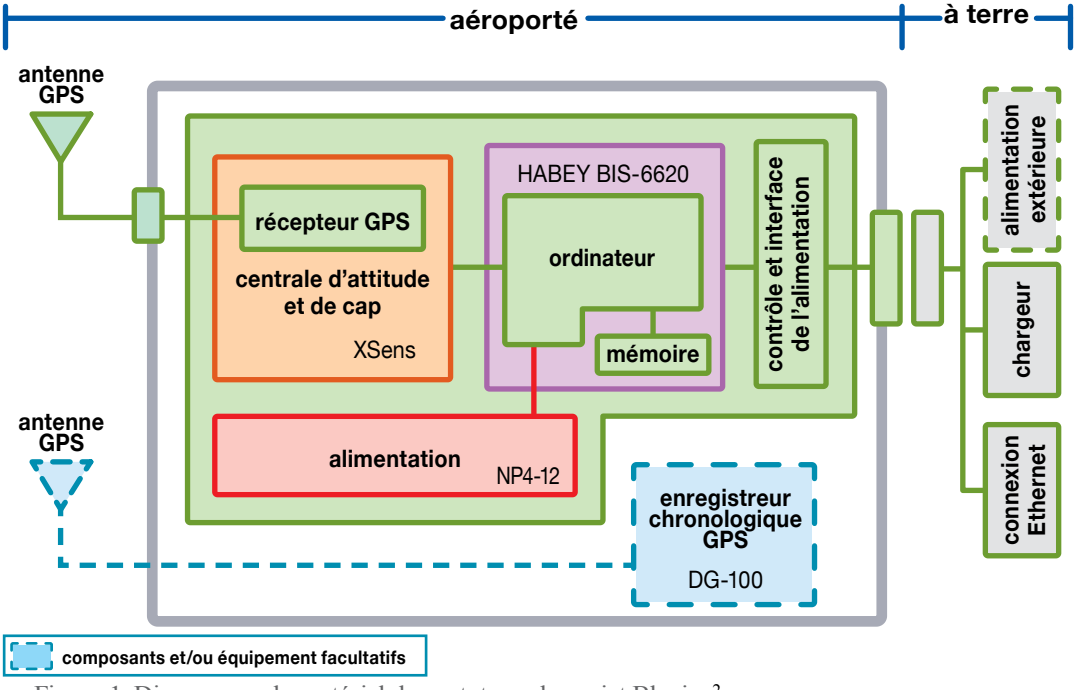


Figure 1. Diagramme du matériel du prototype du projet Bluejay[2]

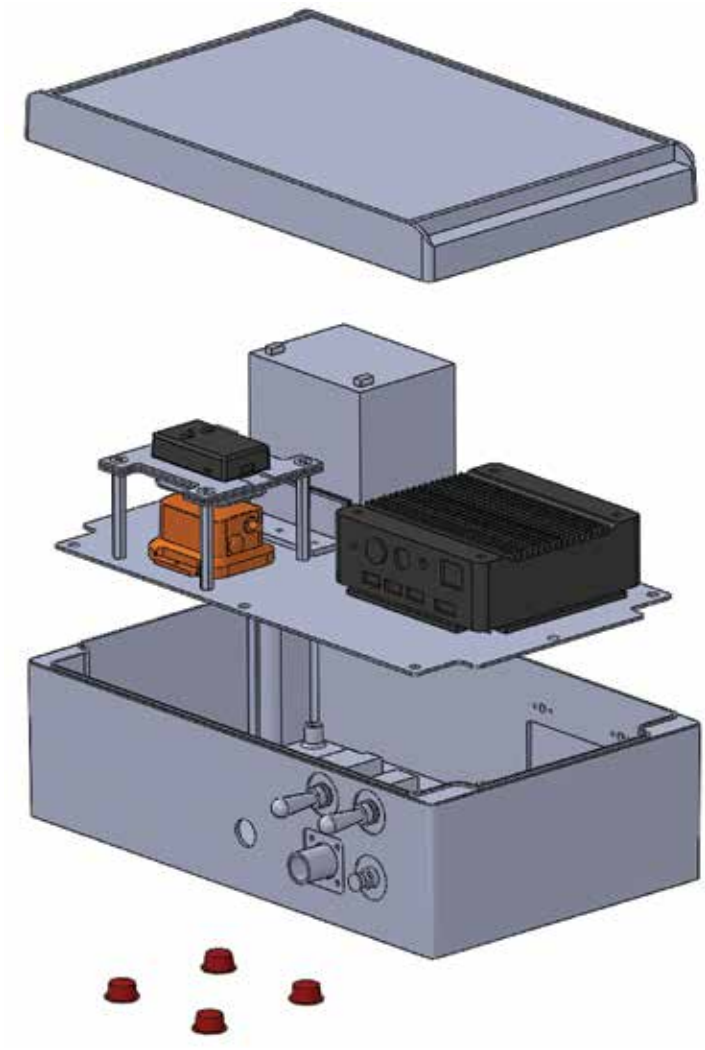


Figure 2. Vue éclatée de l'enceinte du système prototype

Système démonstrateur

Un système de démonstration a été élaboré pour répondre au besoin de mener des essais de véhicules aériens au moyen d'un petit avion télécommandé. Si on le compare au système prototype, le système démonstrateur (que montre la figure 3) a recouru à une alimentation électrique nettement moindre et à un ordinateur monocarte plus petit. L'ordinateur monocarte était muni d'une architecture de processeur différente de celle du système prototype, mais compatible avec le système d'exploitation choisi, c'est-à-dire un Linux axé sur Debian. Au lieu d'être montées dans une enceinte, les antennes du MTi-G et du GPS étaient montées à l'extérieur de l'aéronef, sur une plaque d'adaptation conforme à la cambrure supérieure de l'aile. Les autres composants, y compris l'ordinateur monocarte et la source d'alimentation, ont été installés en fonction de l'espace libre dans le fuselage de l'aéronef, à l'arrière du compartiment moteur. Une fois les vols effectués, un câble de transfert de données a été branché à l'ordinateur monocarte pour transférer à l'hôte les données enregistrées.

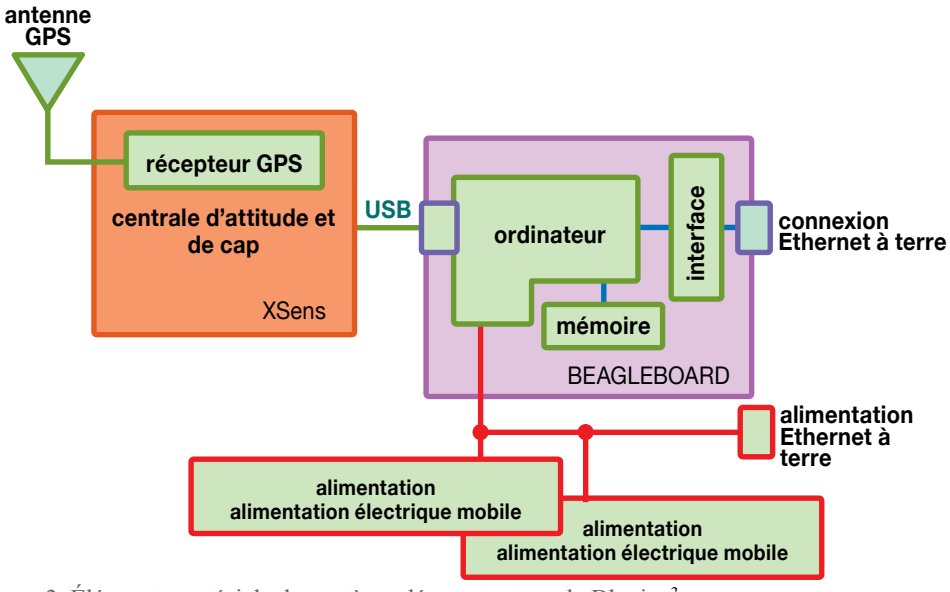


Figure 3. Éléments matériels du système démonstrateur de Bluejay[3]

Collecte de données

Le volet logiciel de Bluejay se divise en trois catégories : collecte, analyse et affichage des données. Le logiciel de collecte de données se trouvait dans un ordinateur intégré au système prototype et au système de démonstration, fonctionnant au moyen d'un nœud Linux à faible consommation de l'unité centrale de traitement. Il a été conçu de manière à être polyvalent, axé sur les scripts et capable de prendre en charge de multiples capteurs. L'ordinateur intégré peut être configuré de manière à fonctionner en autonomie en plus d'être réseauté avec toute une gamme de fonctions de déparasitage et de transfert des journaux des capteurs. Une fonction de synchronisation dans le temps permet à tous les capteurs et à l'ordinateur de partager une estampille temporelle commune, fondée sur le temps universel (TU), obtenue du GPS du MTi-G. Les utilisateurs ont le loisir, après le vol, d'extraire des données d'une carte mémoire numérique protégée. Sinon, il leur est possible de procéder à un branchement direct à un hôte, en passant par Ethernet, pour transférer les données consignées. La séquence du flux de données de Bluejay est illustrée à la figure 4.

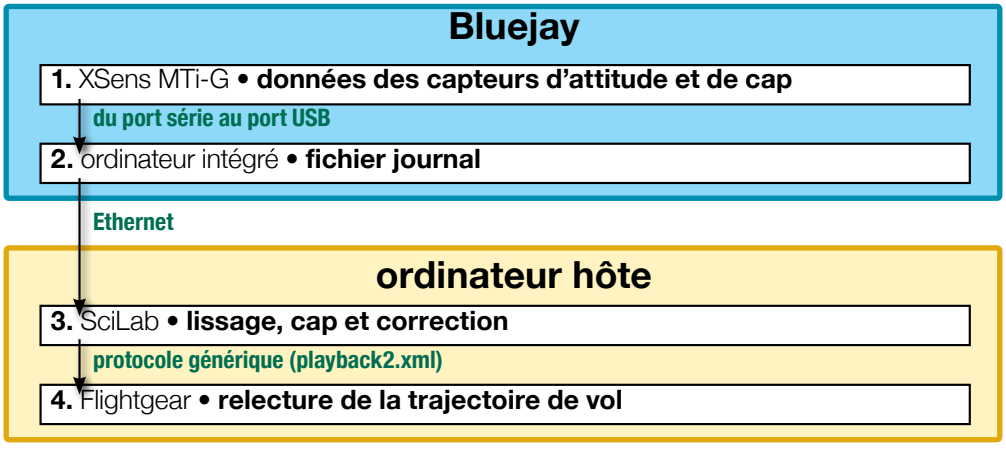


Figure 4. Séquence du flux des données de Bluejay[4]

Outils d'analyse

L'écriture programmatique du logiciel d'analyse, qui a servi à traiter les données obtenues des capteurs, a été faite en SciLab. SciLab étant multiplateforme et à source ouverte, il comporte nombre de fonctions utiles, notamment la corrélation, le débruitage et des dispositions de transformation par un système coordonné en plus du traçage et d'autres outils d'analyse. Les paragraphes qui suivent constituent une description sommaire d'une partie de la trousse d'outils élaborée en SciLab pour appuyer le projet Bluejay.

En l'absence de solution de référence pour l'attitude (tangage, roulis et lacet), les données obtenues du GPS peuvent servir, de manière élémentaire et non officielle, à estimer le cap du véhicule en plus de son tangage[5]. Ce calcul du tangage peut servir à évaluer rapidement le rendement d'un AHRS/GPS comme le MTi-G; il peut cependant être nécessaire de procéder à un filtrage par passage à basse altitude ou de déterminer la moyenne du mouvement pour atténuer le bruit des capteurs du GPS. Il faut, par surcroît, l'appliquer avec prudence en raison du faible taux de mise à jour du GPS et à cause des hypothèses, y compris l'absence de glissement sur l'aile et d'autres dynamiques des véhicules. Les calculs peuvent servir, dans certaines situations, à corriger le signe et à estimer les valeurs de tangage pour l'évaluation du cap en matière de qualité des capteurs, particulièrement en ce qui a trait au MTi-G pour la confirmation de l'utilisation d'un scénario approprié de filtrage Kalman étendu. D'autres capteurs recourant à un GPS/UMI intégré avec fusion de données peuvent aussi tirer profit de ce calcul simple (p. ex., en l'absence de solution de référence et quand les paramètres de la fusion de données doivent être accordés, particulièrement lorsque la qualité des données de sortie d'attitude soulèvent des doutes).

Selon la configuration de départ conjuguée au générateur de signaux d'horloge de chaque capteur, il peut arriver que les estampilles temporelles de capteurs multiples ne soient pas bien harmonisées les unes aux autres. Une approche de détermination des différences entre les estampilles temporelles de capteurs multiples consiste à comparer visuellement les sorties de données des capteurs au moyen d'outils de traçage. Il faut faire au moins deux tentatives de mise en correspondance physique de certaines des caractéristiques de ces sorties, en s'intéressant à la distance de chaque caractéristique de la sortie d'un capteur par rapport à la même caractéristique de la sortie de l'autre capteur. Cette méthode sert bien son but quand, par exemple : (1) on ne compare qu'un petit nombre de capteurs; (2) les sorties d'un capteur sont très semblables aux sorties des autres capteurs; (3) les caractéristiques des sorties de chaque capteur sont faciles à reconnaître par des indices visuels comme des transitions abruptes d'un point de données à l'autre; (4) on a la liberté de tolérer l'imprécision de l'harmonisation des estampilles temporelles; (5) la différence entre les estampilles temporelles d'au moins deux capteurs demeure constante dans l'ensemble de données de chaque capteur dans les limites de l'expérience menée[6]. Ayant pris tous ces éléments en considération, les auteurs ont opté, pour la détermination du décalage entre le MTi-G et le DG-100 lors des expériences menées au moyen de véhicules terrestres, pour une approche modérément robuste proposée dans la documentation sur le filtrage numérique. Il y aura peut-être lieu de propager cette approche selon le type de capteurs utilisé dans une application donnée, car elle peut être utile à certains concepts comprenant des réseaux de capteurs. Les sous-produits de l'approche comprennent la capacité de déterminer la similitude des décalages temporels à l'échelle de toutes les données obtenues de deux capteurs (c'est-à-dire la similitude comme mesure de l'étendue de l'écart des décalages temporels pour toutes les valeurs minimales de la moyenne quadratique); le nombre d'occurrences d'un décalage temporel donné; la similitude des données entre deux capteurs (c'est-à-dire la grandeur de toutes les valeurs minimales de la moyenne quadratique comme méthode de détermination de la similitude entre les données de deux capteurs).

Affichage et analyse après action

Le logiciel d'affichage a permis aux utilisateurs de relire leurs données de trajectoire sous la forme d'une simulation tridimensionnelle. Réalisée sur un processeur hôte, cette simulation a été une adaptation d'un simulateur à source ouverte, indépendant de toute plateforme, nommé FlightGear. D'autres types de logiciel ont été évalués en vue de la relecture des données de trajectoire, comme l'outil d'animation à source ouverte nommé Blender, de même que Google Earth, Microsoft Flight Sim X et X-Plane. FlightGear a finalement été choisi, car il est à source ouverte et compatible avec l'univers de l'aviation grâce à sa vaste bibliothèque de terrains, d'aérodromes et d'aéronefs. Des fonctions supplémentaires, comme le positionnement précis des aérodromes sur le géoïde de référence, la capacité de se brancher à un serveur météo et la possibilité de produire d'autres formes d'élaboration ont fait de FlightGear un bon choix pour Bluejay. Ce logiciel était idéal pour le projet, car des cartes personnalisables superposables ont été créées et superposées sur le terrain existant, produisant une bonne harmonisation des images matricielles et des artéfacts de FlightGear, comme les aérodromes[7]. La saisie des instructions de l'aéronef dans FlightGear est normalement confiée à un opérateur, mais la version utilisée du logiciel prévoyait la relecture des vols, ce qui présentait de l'intérêt pour le projet.

L'interface entre le fichier de journalisation (produit au moyen du matériel de Bluejay) et FlightGear était simple. FlightGear permet la création d'un protocole personnalisé de saisie connu sous le nom de protocole générique. On a rédigé un fichier .XML liant les caps du fichier de journalisation produit en vol aux propriétés associées de FlightGear. Le processus de chargement a débuté avant l'exécution de FlightGear. Des options de blocage du modèle implicite de dynamique de vol ont été transmises à l'interface des lignes de commande. D'autres paramètres ont été précisés, notamment la vitesse de relecture, l'emplacement du fichier de journalisation ainsi que la sélection d'un fichier .XML contenant le protocole générique. Une fois l'initialisation terminée, un aéronef simulé a suivi la trajectoire et observé le cap du vol enregistré dans le temps et dans l'espace. La relecture dans FlightGear a permis à l'utilisateur, entre autres choses, de visionner le vol enregistré depuis différents points de vue en se servant des divers types d'aéronef choisis au début.

Une retouche[8] a été apportée au code source de FlightGear pour permettre le chargement de cartes matricielles personnalisées par opposition au terrain implicite normalement généré par les procédures de FlightGear. Avant le démarrage, les cartes personnalisées ont dû être traduites en un format pris en charge par le logiciel. FlightGear prévoit la prise en charge de fichiers image, nommés pavés, dans un format d'image comprimée .DDS. Ces pavés ne sont pas intrinsèquement géoréférencés, mais leur nom de fichier est un indice de l'emplacement du pavé géoréférencé. Un processus et un script ont été créés pour prélever le géodésique de coin du fichier .tif initial et recadrer, renommer, comprimer et transférer le fichier résultant aux dossiers appropriés dans les répertoires de données de FlightGear. Le processus de conversion de cartes personnalisables superposables en vue de leur utilisation dans FlightGear est illustré à la figure 5.

Expériences terrestres

Bien que les éléments matériels de Bluejay aient été conçus pour fonctionner en vol, il a fallu procéder à des essais de trajectoire à terre pour évaluer les sorties des capteurs en plus d'élaborer les volets logiciel et matériel. Différentes expériences à bord de véhicules terrestres ont été menées au moyen du GPS GlobalSat (DG-100) et du GPS/UMI XSens (Mti-G) dans une configuration semblable à celle de la figure 3. Les capteurs, une fois placés dans le véhicule et leurs antennes GPS dégagées de toute obstruction de la vue du ciel, ont été branchés à un ordinateur portatif pour configuration, saisie des données et traitement après collecte. Les essais sur véhicule terrestre ont l'avantage d'être considérablement moins coûteux que des expériences recourant à un aéronef réel.

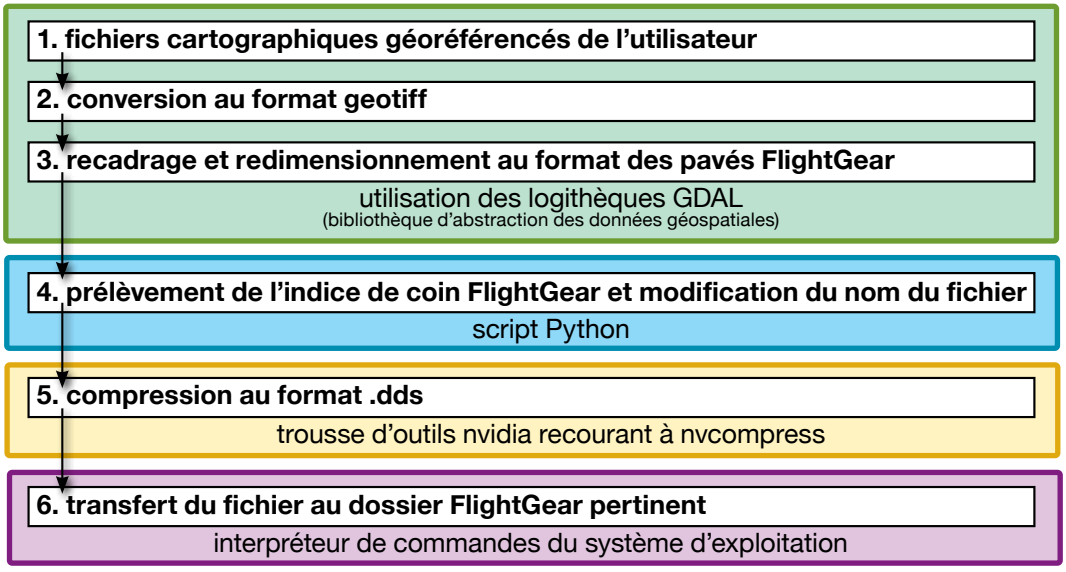


Figure 5. Processus de conversion des couches superposables des cartes personnalisées[9]

Plusieurs emplacements voisins de la 8e Escadre Trenton ont été choisis pour les expériences à bord de véhicules terrestres, y compris des routes situées au nord de l'autoroute 401. Un logiciel de détermination en ligne du profil altimétrique nommé VeloRoutes a servi à l'évaluation des trajectoires en vue d'une modification maximum de l'élévation sur de courtes distances pour obtenir des variations raisonnables du tangage du véhicule. Une fois les trajectoires convenables identifiées, des expériences réalisées à l'aide du MTi-G et du DG-100 ont été faites le long de trajectoires choisies; les données ont été enregistrées en vue du traitement après action dans SciLab et de l'affichage éventuel dans FlightGear. Les résultats des expériences faites à l'aide de véhicules terrestres sont présentés dans la partie Conclusions du présent rapport.

Expériences aériennes

On a décidé de réaliser les expériences en vol au moyen d'un petit avion télécommandé plutôt que d'un aéronef véritable. Le modeste facteur de forme et le faible poids du système démonstrateur Bluejay ont été très avantageux pour ces expériences. Un club local d'avions miniatures télécommandés a été choisi comme emplacement pour l'exécution des essais; des vols ont été réalisés au fil de plusieurs nuits calmes et dégagées pour garantir qu'il n'y ait que peu d'interférence, voire aucune, résultant du vent et d'autres effets environnementaux. L'avion télécommandé était muni du système démonstrateur

Figure 6. Matériel du démonstrateur à la phase initiale d'installation

Figure 7. Matériel du démonstrateur à la dernière phase de l'installation

Bluejay ainsi que d'une caméra vidéo à haute définition (HD) compatible avec le GPS. La caméra vidéo HD a permis de comparer chacun des segments du vol grâce à la vue depuis le poste de pilotage produite dans FlightGear lors de la relecture. Les figures 6 et 7 illustrent le montage expérimental du système démonstrateur.

Résultats et analyse

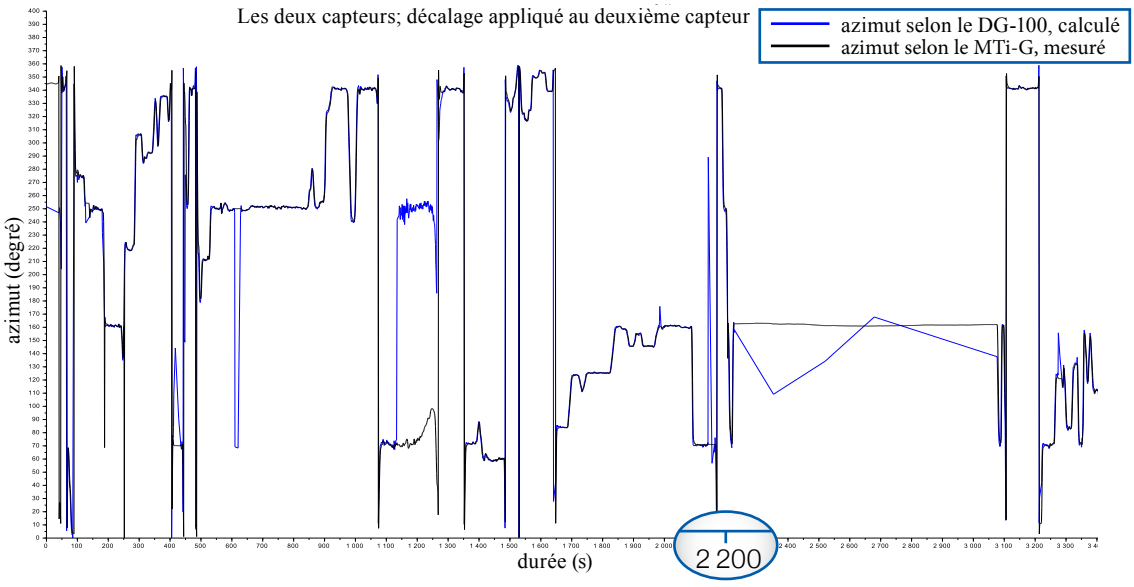
Terre

Les données produites par le MTi-G et par le DG-100 utilisés dans le cadre des expériences à terre ont été étudiées selon la méthodologie déjà mentionnée au passage où sont décrits les outils d'analyse. Les données de localisation obtenues du DG-100 ont été post-traitées pour produire une maquette-référence de l'azimut et du tangage, celui-ci étant calculé au moyen d'une variation de l'équation citée à la note de fin de texte 5. L'harmonisation des données des deux capteurs est présentée à la figure 8. Plusieurs caractéristiques ressortent dans chaque ensemble de données :

1. il existe un manque notoire dans les données du DG-100, qui commencent à environ 2 200 secondes dans les deux ensembles de données en raison d'une fonction du DG-100 qui empêche la consignation des données quand le véhicule demeure immobile pendant plusieurs minutes;

2. bien que dans sa majeure partie, l'ensemble de données 1 des deux capteurs semble apparié de près, dans plusieurs segments de données de l'ensemble de données 2, particulièrement entre 1 050 secondes et 2 050 secondes, les sorties du MTi-G ne s'harmonisent pas au tangage calculé au moyen du DG-100 en raison, entre autres, d'erreurs dans la modélisation faite au moyen de l'équation mentionnée à la note de fin de texte 5;

3. il importe de savoir que les auteurs ont été en mesure d'employer une estimation rudimentaire des intervalles de temps et de déterminer un décalage temporel approprié entre les capteurs pour les deux ensembles de données, bien qu'ils aient appliqué une approche simplifiée à la modélisation du tangage recourant aux données du DG-100.



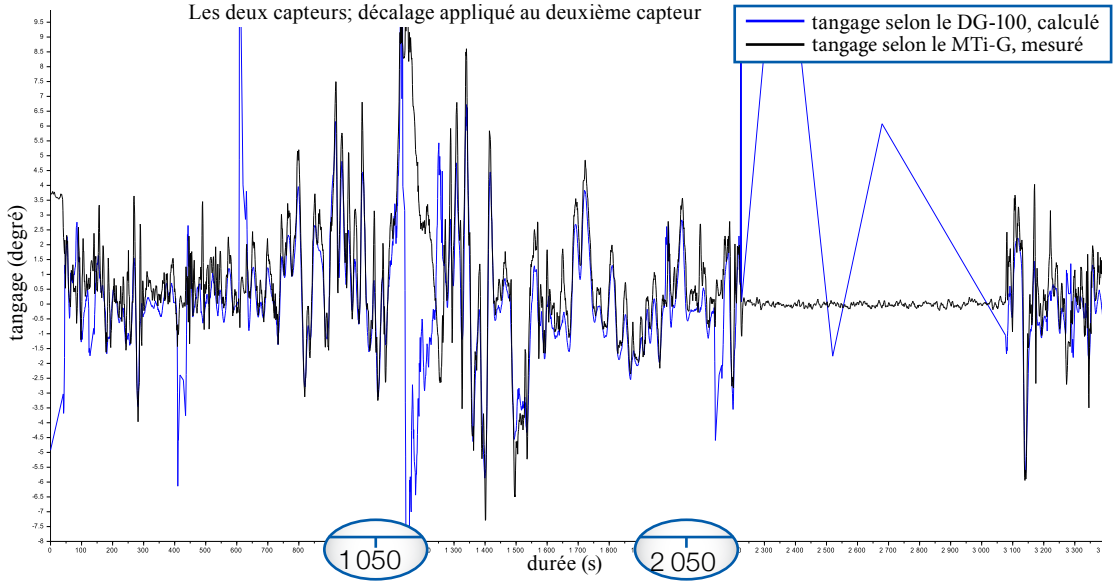


Figure 8. Données des capteurs : (en naut) l'azimut des capteurs; (en bas) le tangage des capteurs, après application de la correction temporelle.

Air

Une fois les vols réalisés avec succès, les données saisies au moyen du système démonstrateur ont été transférées à un hôte par l'entremise d'Ethernet et post-traitées à l'aide d'un logiciel; ces données post-traitées ont alors été versées à FlightGear pour analyse visuelle. Les trajectoires de vol simulées dans FlightGear ont été comparées à un programme montrant les vidéos saisies au moyen de la caméra vidéo HD pendant les vols. Les résultats des expériences aériennes montrent la comparaison de la vidéo HD et de la vue simulée depuis le poste de pilotage de FlightGear et sont montrés aux figures 9, 10 et 11.

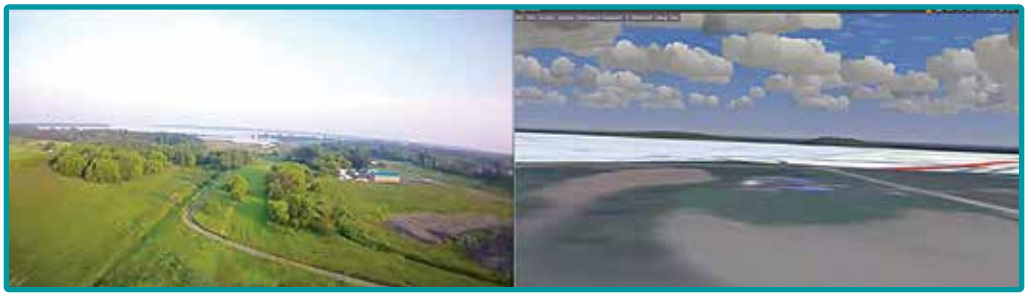


Figure 9. Comparaison du produit de la caméra vidéo HD avec la vue du poste de pilotage de FlightGear. L'aéronef effectue un virage peu marqué vers la gauche et entame un roulement léger sur la gauche.

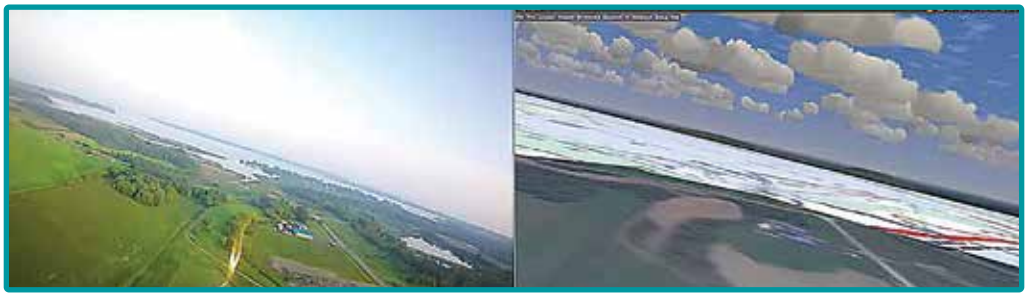


Figure 10. Comparaison de la vue enregistrée par la caméra vidéo HD et de la vue depuis le poste de pilotage fournie par FlightGear. L'appareil roule sur la gauche.

Figure 11. Comparaison de l'image obtenue de la caméra vidéo HD et de la vue, depuis le poste de pilotage, produite par FlightGear. L'avion roule sur la gauche selon un arc vaste.

L'image de gauche des figures ci-dessus est une photographie prise par une caméra vidéo HD pendant l'essai du système démonstrateur embarqué sur l'avion télécommandé. L'image de droite est une capture d'écran de la relecture, dans FlightGear, du même vol. Dans cette image, une carte à plus haute définition est superposée sur la carte topographique personnalisée pour faciliter le référencement des repères terrestres entre les deux images. Les résultats ont été concluants, car le toit bleu d'une grange avoisinante a constitué un bon point de référence entre tous les jeux d'images. Une zone défrichée apparaît aussi distinctement en gris tant sur la vidéo que sur la simulation de la relecture du vol.

En plus de la comparaison de la vue, depuis le poste de pilotage, entre la vidéo enregistrée et la simulation en relecture, les membres du projet ont été en mesure d'exploiter l'analyse après action de FlightGear en faisant des pauses sur image, en fouillant la relecture et en en rembobinant des segments, en plus d'accélérer et de ralentir la relecture. Qui plus est, des angles de prise de vue

multiples, différentes perspectives et des points de vue depuis l'intérieur et l'extérieur de l'aéronef ont été possibles, et une vue de type « poursuite » a très nettement illustré les diverses phases de relecture de la simulation des trajectoires de vol. De concert avec les cartes personnalisables superposables, y compris des cartes topographiques et de détail du terrain, toutes ces fonctions ont donné lieu à une capacité impressionnante d'analyse après action.

Conclusions

Le présent rapport présente les travaux réalisés dans le cadre d'un projet nommé Bluejay, qui portait sur un ensemble de matériels et de logiciels utiles à l'analyse après mission des données de trajectoire de vol. Le matériel propre au projet a été conçu de manière à être petit, auto-alimenté, peu coûteux et capable de fonctionner indépendamment des systèmes d'enregistrement des données et des liens de données. Dans tous les cas où cela a été possible, les logiciels d'appui au projet ont été choisis selon des critères d'indépendance de toute plateforme, de faible coût ou, mieux, de leur nature à source ouverte, de leur disponibilité à la distribution commerciale et de leur utilisation répandue. Le présent rapport démontre que le matériel de Bluejay peut être traité comme une trousse de mission d'aviation « sans modification » apte à l'installation dans différents points du poste de pilotage de divers aéronefs tant au Canada qu'à l'étranger. Deux systèmes distincts, soit un système prototype et un système de validation du principe, ont été élaborés au moyen de composants peu coûteux, en plus d'être de taille physique modifiable, pour permettre l'évaluation de capteurs. En recourant à des logiciels à source ouverte, les auteurs ont mis en œuvre une trousse d'outils servant à analyser les données de plusieurs trajectoires d'appui au projet. L'application de la méthodologie présentée au passage où sont abordés les outils d'analyse aux résultats obtenus de GPS dans le cadre d'expériences réalisées à bord de véhicules terrestres a permis aux auteurs de valider les sorties de données des capteurs d'un GPS/UMI intégré. Cette validation était nécessaire pour garantir la bonne exploitation du GPS/UMI lors des expériences aéroportées subséquentes. Les résultats des expériences ont été présentés au moyen de plusieurs programmes à source ouverte, y compris une version modifiée du simulateur de vol FlightGear, pour démontrer les capacités du système. En se fondant sur Bluejay, les auteurs affirment que les pilotes de l'ARC, tout comme les opérateurs d'autres forces militaires et de différentes organisations, sont capables de recourir au système comme capacité d'analyse après action. Les opérateurs pourraient se servir de Bluejay pour consigner leurs vols et, par la suite, pour afficher les trajectoires de vol résultantes dans un environnement virtuel complet doté de cartes personnalisables superposables.

En ce qui a trait à un système autonome d'enregistrement des données, sans égard au fait que le matériel de démonstration ait été plutôt petit et ait pu servir à bord d'un avion miniature télécommandé, il faudra travailler à la détermination de la mesure dans laquelle il peut être miniaturisé davantage et dans laquelle son prix à l'unité peut être réduit. Des analyses de suivi sont nécessaires à la détermination du meilleur point d'installation dans différents aéronefs et à la prise d'une décision sur la possibilité de maintenir le caractère auto-alimenté du matériel ou de pouvoir le brancher à l'alimentation de l'aéronef. D'autre part, il faut prendre en compte l'installation optimale de matériel de soutien, comme les câbles d'antenne, de transfert de données et autres. Dans certains cas, il pourra être envisagé d'intégrer le matériel Bluejay aux trousses de mission existantes afin de minimiser les répercussions potentielles sur la navigabilité technique et opérationnelle.

Il faudra travailler davantage à déterminer les utilisations potentielles de Bluejay, y compris l'adaptation du logiciel aux organiseurs électroniques de poste de pilotage et aux ardoises électroniques. Compte tenu de la prolifération de ces dispositifs dans les différents marchés de l'aviation, il semble raisonnable d'offrir une solution « à guichet unique » pour la consignation,

l'analyse et l'affichage des trajectoires de vol, sur un seul et même dispositif. Plusieurs ardoises accueillent des gyroscopes, accéléromètres, magnétomètres et GPS, ce qui facilite sans aucun doute leur utilisation dans un rôle de consignation de données. Par ailleurs, certaines ardoises sont munies d'un passe-antenne afin d'améliorer la qualité et la disponibilité des données position-vitesse-temps du GPS.

Les futures initiatives axées sur le logiciel Bluejay pourront comprendre la prévision de l'exploitation simultanée sur plusieurs aéronefs pendant la relecture des trajectoires de vol, particulièrement dans le cas d'applications visant le vol en formation serrée. On pourrait s'intéresser à des aides visuelles comme des cases et des plaques d'approche. Il est utile de savoir que FlightGear propose déjà une visualisation de l'alignement de descente pouvant être fort utile à l'analyse après action des approches. Les autres enrichissements potentiels comprennent la représentation d'un poste de pilotage fonctionnel recourant aux données enregistrées communiquées aux instruments pour afficher la position, l'attitude et le cap, ainsi que la fourniture d'une carte mouvante à la relecture.

Le major Eric North s'est enrôlé dans les Forces armées canadiennes en 1998, comme ingénieur en aérospatiale. Il a obtenu du Collège militaire royal du Canada (CMRC), à Kingston, en Ontario, un baccalauréat en ingénierie (B. Ing.) en mai 2002. En 2007, le major North a entrepris une maîtrise en sciences appliquées (Électrotechnique) au CMRC et a étudié en même temps la robotique à l'université Queen's. Il a terminé ses études des cycles supérieurs en mai 2009, avec la rédaction d'une thèse en navigation et en instrumentation. Il a par la suite été affecté à l'ESTTMA, à la 8e Escadre Trenton. Le major North est actuellement commandant du 14e Escadron de génie logiciel (14 Esc G Logiciel), à la 14e Escadre Greenwood, en Nouvelle-Écosse.

Le sous-lieutenant Ben Frans s'est joint à l'ARC en 2003, comme technicien en avionique. Il a obtenu du CMRC, en 2012, un diplôme en électrotechnique. Il poursuit actuellement sa formation d'officier du génie aérospatial. Il s'intéresse particulièrement au suivi du mouvement dans les environnements synthétiques, à la réalité amplifiée, à la réalité virtuelle, à la téléprésence et au véliplanchisme.

Le sous-lieutenant Jolanta Matusewicz détient une maîtrise en génie aérospatial (2006) de l'université du Texas à Arlington. Elle s'est jointe à l'ARC en 2012, comme officier du génie aérospatial et a été employée au sein de l'ESTTMA dans le cadre de sa formation professionnelle. Elle suit en ce moment une formation en langue seconde à l'École de langues de la 8e Escadre Trenton, en Ontario.

Maria Correa a obtenu en 1991 un baccalauréat ès sciences (Électrotechnique) de l'Universidad Distrital de Bogotá, en Colombie. Elle a une vaste expérience des divers domaines de l'avionique, c'est-à-dire la maintenance, la réparation, la recherche et le développement appliqués aux aéronefs commerciaux et militaires. Mme Correa est depuis 2000 ingénieure-conceptrice et agente de projet à l'ESTTMA.

Colton Harrison-Steel est inscrit en génie mécanique et des matériaux à l'université Western Ontario, à London. Il a été employé à l'ESTTMA, à différents titres, pour soutenir l'obtention de son diplôme.

Abréviations

AHRS	centrale d'attitude et de cap
ARC	Aviation royale canadienne
ARDS	système avancé de données télémétriques
CGEFC	Centre de guerre électronique des Forces canadiennes
CMRC	Collège militaire royal du Canada
EOE	essai opérationnel et évaluation
ESTTMA	Escadron de soutien technique des télécommunications et des moyens aérospatiaux
GDAL	bibliothèque d'abstraction des données géospatiales
GPS	système mondial de localisation
HD	haute définition
MDN	ministère de la Défense nationale
UMI	unité de mesure inertielle
USB	bus série universel

Notes

1. Pour mieux comprendre les techniques d'estimation de la position et de l'orientation de véhicules en mouvement, les auteurs du présent rapport ont étudié différentes initiatives en la matière, notamment les travaux présentés par J. Gregory et coll., « Low-cost Three-dimensional Navigation Solution for RISS/GPS Integration Using Mixture Particle Filter », dans *IEEE Transactions on Vehicular Technology*, vol. 59, nº 2, février 2010, p. 599-615; U. Iqbal et coll., « Experimental Results on an Integrated GPS and Multisensor System for Land Vehicle Positioning », dans *International Journal of Navigation and Observation*, vol. 2009; E. North et coll., « Improved Inertial/Odometry/GPS Positioning of Wheeled Robots even in GPS-denied Environments », dans le numéro de février 2012 d'*InTech*. Ils ont consulté des sources supplémentaires quant aux montages expérimentaux pour la navigation et l'instrumentation de véhicules aérospatiaux, notamment : C. Cutright et M. Braasch, « GPS and INS Flight Test Instrumentation of a Fully Aerobatic Turbojet Aircraft », dans le rapport de conférence *IEEE Aerospace Conference Proceedings,* vol. 3 (2002); Z. J. Huang et J. C. Fang, « Integration of MEMS Inertial Sensor-based GNC of a UAV », dans *International Journal of Information Technology*, vol. 11, nº 10, 2005; D. H. Hwang et coll., « Design of a Low-cost Attitude Determination GPS/INS Integrated Navigation System », dans *GPS Solutions*, vol. 9, nº 4, 2005, p. 294-311. La modélisation et la simulation avec applications de modernisation de la capacité ont aussi été envisagées lors de la rédaction du présent rapport, par l'étude des textes suivants : J. Landolt et J. Evans, « R&D Initiatives in Modelling and Simulation for Capability Modernization of the Canadian Air Force », dans *Canadian Military Journal*, printemps 2001, p. 37-42, et une appréciation de l'orientation prévue du MDN en matière d'accroissement du recours aux technologies de simulation selon la perspective de J. L. D. Lachance, *Projecting Power: Alternative Futures for Canada's Air Force in 2020*, Trenton, Ontario, Centre de guerre aérospatiale des Forces canadiennes, 2010 et K. Truss, « Le Centre de l'environnement synthétique aérien du Canada : dynamiser la transformation de la force », dans *La Revue de l'Aviation royale canadienne,* vol. 1, nº 3, 2012, p. 64-68. La motivation du présent projet est née en partie de travaux antérieurs exécutés par le major Adam Cybanski, membre du groupe du Directeur – Sécurité des vols, au sujet de l'enregistrement et de la visualisation des trajectoires de vol.

2. Les couleurs utilisées dans la figure 1 représentent les composants physiquement regroupés dans l'assemblage de niveau supérieur suivant.

3. Les couleurs utilisées dans la figure 3 représentent les composants physiquement regroupés dans l'assemblage de niveau supérieur suivant.

4. Les couleurs utilisées dans la figure 4 représentent les composants physiquement regroupés dans l'assemblage de niveau supérieur suivant.

5. Le tangage est ainsi calculé : $\rho(k) = \tan\text{-}1(\Delta h/\Delta d)$ (1) où : $\rho(k)$ représente le tangage à l'échantillon k, $\Delta h = h(k) - h(k-1)$ représente un changement d'altitude entre l'échantillon actuel et l'échantillon précédent et $\Delta d = d(k) - d(k-1)$ représente un changement de distance entre l'échantillon actuel et l'échantillon précédent.

6. On peut préférer d'autres méthodes recourant au filtrage numérique à celles qui précèdent : la documentation publiée comporte de nombreuses mentions de systèmes et de processus d'estimation décalée des signaux, dont C. Y. Wuu et A. Pearson, « On Time Delay Estimation Involving Received Signals », dans *IEEE Transactions on Acoustics, Speech, and Signal Processing,* vol. 32, nº 4, 1984, p. 828-835.

7. Le code source de plusieurs versions de FlightGear était facile d'accès pour téléchargement, notamment (le 26 septembre 2014) à l'adresse http://www.flightgear.org, ce qui en a fait un outil de travail pratique.

8. Créée par B. Laniel. Vue photographiée de Brest : pièce FlightGear pour superposition aux images matricielles dans les environnements simulés, http://wiki.flightgear.org/photoscenery (consulté le 26 septembre 2014).

9. Les couleurs utilisées dans la figure 5 indiquent les éléments logiciels différents.

Photo FAC : Cplc John Nicholson

Raid aérien sur Colombo, 5 Avril 1942 : Une attaque surprise qui n'aurait dû surprendre personne

Par Robert Stuart

Introduction

Au matin du 5 avril 1942, 127 aéronefs lancés depuis cinq porte-avions de la *Kido Butai* (*KdB*), la force opérationnelle de porte-avions de la marine impériale japonaise, attaquent Colombo, capitale et port principal de la colonie britannique de Ceylan (aujourd'hui le Sri Lanka). Il ne s'agit toutefois pas d'une attaque totalement inattendue. En effet, les défenseurs se préparent depuis des semaines à une telle éventualité. L'après-midi précédant l'attaque, un avion de reconnaissance avait repéré la *KdB* et l'avait suivie au cours de la nuit. Ainsi, avant l'aube, les aéronefs de défense et les canons antiaériens (AA) étaient en position, appuyés par une station radar opérationnelle. Néanmoins, les chasseurs étaient toujours au sol à l'arrivée des Japonais; ils n'ont décollé en alerte que lorsque les pilotes eux-mêmes ont vu leurs assaillants au-dessus de leur tête. Au final, Ceylan a perdu 20 de ses 41 chasseurs qui avaient décollé alors que les Japonais n'en ont perdu que sept.

Que s'est-il donc passé? Les radars ont-ils fait défaut? Quelqu'un a-t-il commis une faute? D'autres facteurs expliquent-ils cette défaite? Le présent article aborde les raisons pour lesquelles les défenseurs sont restés cloués.

Renforts

Le 7 décembre 1941, l'artillerie antiaérienne de Ceylan, située à Trincomalee, était composée de quatre canons AA vétustes de trois pouces. La seule unité de la Royal Air Force (RAF) était le 273e Escadron à China Bay, près de Trincomalee; elle comptait quatre aéronefs Vildebeest et quatre aéronefs Seal, tous des biplans torpilleurs obsolètes. Il n'y avait ni chasseur ni radar. Au cours des mois qui suivent, ce sont surtout à Singapour et en Birmanie que sont déployés les renforts britanniques. À Ceylan, le seul aéronef supplémentaire fourni à la RAF est un hydravion à coque Catalina.

Le 4 décembre 1941, la marine japonaise adopte un nouveau tableau additif pour le JN-25B, son principal code opérationnel, privant ainsi temporairement les alliés de leur meilleure source de renseignements. Cela étant, à Londres, les autorités savent lire une carte et font de leur mieux pour prévoir les options stratégiques du Japon. Le 16 février, le jour suivant la chute de Singapour, l'état-major de planification interarmées du Cabinet de guerre présente un rapport intitulé « Far East Policy », dont voici quelques extraits.

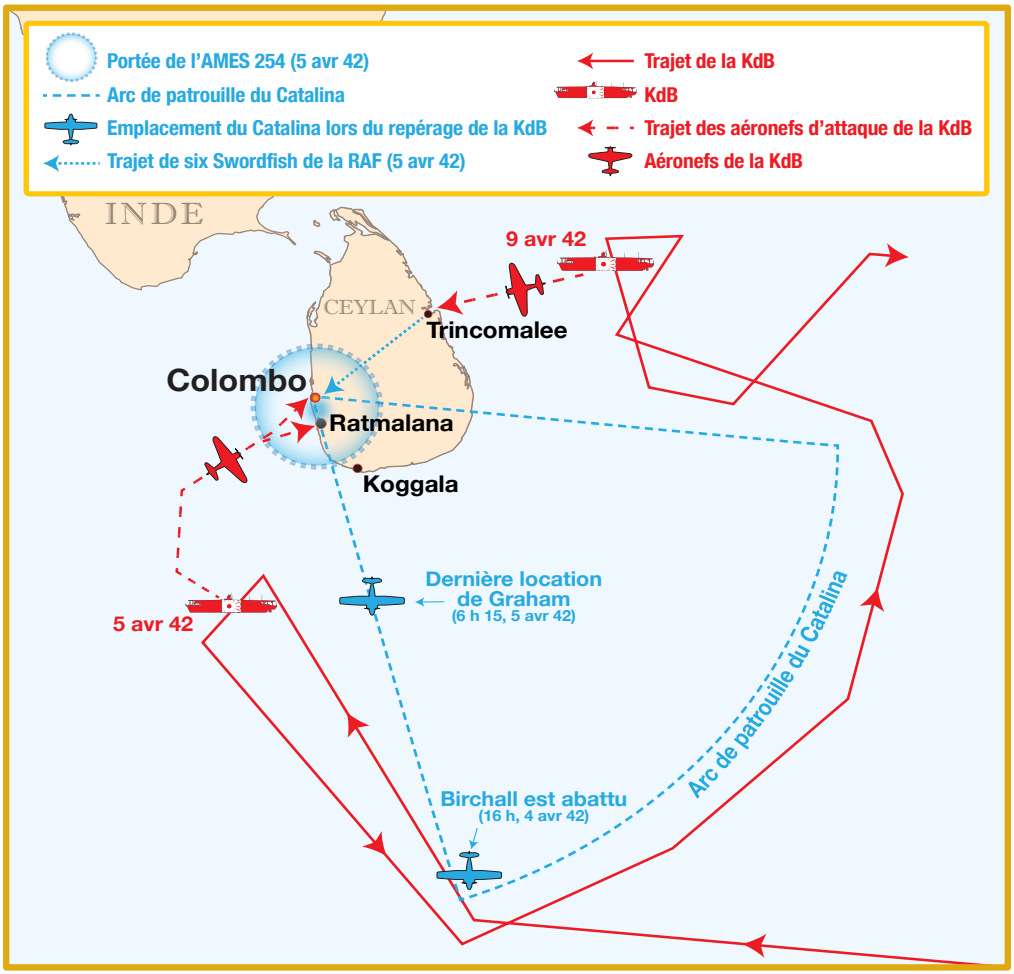
> 9. « En prenant le contrôle de Ceylan et en perpétrant des raids sur la côte indienne, le Japon pourrait causer de sérieux problèmes de sécurité intérieure en Inde, déstabiliser les forces indiennes et menacer nos communications avec le Moyen-Orient, la Birmanie et l'Australie. Notre flotte n'aurait ainsi plus accès aux ports de Trincomalee et de Colombo. » […]
>
> 11. « Dans un avenir rapproché, nous pouvons nous attendre à [...] ce que Ceylan subisse un raid de type « Pearl Harbour » ou un assaut général. » […]
>
> 13. « Le fondement de notre stratégie générale repose sur la sécurité de nos communications en mer, lesquelles dépendent de la sécurité des bases navales et aériennes. Par conséquent, nous devons nous assurer que nos bases principales, c.-à-d. la Birmanie, l'Inde, Ceylan et l'Australie, sont prêtes avant d'envisager de renforcer la barrière malaise[1]. » [Traduction]

Dans son rapport, l'état-major conclut que la priorité consiste à donner du renfort à la Birmanie, dont le maintien de l'effectif était « essentiel pour prolonger les efforts de la Chine » [traduction], et à Ceylan, dont la chute « mettrait en péril tous les efforts de guerre déployés par les Britanniques au Moyen-Orient et en Extrême-Orient[2]. » [Traduction] Cinq jours plus tard, voyant les choses du même œil, les chefs d'état-major affirment au Cabinet de guerre que :

> « La perte de Ceylan mettrait en péril tous les efforts de guerre déployés par les Britanniques au Moyen-Orient et en Extrême-Orient en raison de l'importance de Ceylan pour nos communications en mer. Des mesures immédiates sont prises afin de mettre en place des moyens de défense adéquats sur l'île, en particulier des forces aériennes, des canons AA et une radiogoniométrie accrue. [c.-à-d. des radars][3]. » [Traduction]

Son Altesse Royale le Duc de Gloucester inspecte les pilotes canadiens d'un escadron de chasseurs Hurricane en 1942
Photo : MDN PL-10021

Sur le terrain, les commandants craignent aussi la menace qui pèse sur Ceylan. Le 7 février, l'amiral Layton, alors à titre de commandant de la flotte de l'est à partir du quartier général de Colombo, informe Londres que Colombo et Trincomalee ne pourraient se défendre contre une attaque aérienne des Japonais, comme celle de Pearl Harbour[4]. Le 27 février, le général Wavell, commandant en chef des forces indiennes, indique pour sa part que le « danger immédiat qui guette Ceylan est un raid, semblable à celui de Pearl Harbour et



de Port Darwin, qui serait perpétré par des aéronefs lancés depuis des porte-avions et qui viserait à détruire les navires de guerre, les navires marchands, les bases d'aéronef, les installations et les réservoirs d'huile aux ports de Trincomalee et de Colombo[5]. » [Traduction] Au final, les Britanniques ont, en sept occasions au moins, reconnu la possibilité qu'une attaque semblable à celle de Pearl Harbour puisse se produire à Ceylan.

Il est évident que l'attaque sur Colombo n'était pas une surprise, ni sur le plan stratégique, ni sur le plan opérationnel. Les Britanniques avaient anticipé la menace et ont fait leur possible pour protéger l'île. Le 4 avril, les forces aériennes et antiaériennes suivantes étaient en place : 7 hydravions Catalina[6], 67 chasseurs Hurricane[7], 44 chasseurs Fulmar, 14 bombardiers Blenheim IV, 12 torpilleurs Swordfish, 1 station radar à Colombo, 1 station radar à Trincomalee et 144 canons AA[8].

Renseignement d'origine électromagnétique (SIGINT) reduxit

Les unités de SIGINT des alliés n'ont ménagé aucun effort pour déchiffrer le JN-25B [code des Japonais] et, le 3 mars, le Far East Combined Bureau (FECB), le centre de SIGINT de Colombo, lisait son premier message chiffré par le JN-25B depuis le 4 décembre. Ce message indiquait que cinq sous-marins japonais devaient être positionnés à Penang, sur la côte nord-ouest

de la Malaisie,[9] ce qui indiquait clairement qu'ils se déplaceraient dans le golfe du Bengale et l'océan Indien. Le FECB y a probablement vu le signe d'une possible opération de surface dans la région. À la mi-mars, les unités de SIGINT alliées savaient que les divisions de porte-avions 1 (*Akagi* et *Kaga*) et 2 (*Soryu* et *Hiryu*) étaient à Starting Bay, sa base avancée à Célèbes (aujourd'hui l'île indonésienne de Sulawesi), et que la division de porte-avions 5 (*Shokaku* et *Zuikaku*) était en route pour les rejoindre[10].

Dans la seconde moitié du mois de mars, les Britanniques ont commencé à voir plus clairement les intentions de la *KdB*. Le FECB affirmera plus tard ce qui suit : « autour du 20 mars 1942, certains messages du JN-25 portaient sur une opération effectuée par une force de porte-avions japonaise, appuyée par une autre force (que l'on croyait être des croiseurs lourds), dans la zone D, y compris un raid aérien sur DG le 2 avril » [traduction]. L'identité de « DG » n'était pas connue à ce moment, mais elle a été découverte le 28 mars, à la suite d'autres déchiffrements. Le FECB avait « supposé que D désignait la région de Ceylan et que DG désignait une ville à Ceylan, probablement Colombo » [traduction]. Le commandant de la flotte de l'est, l'amiral Somerville, qui n'était en poste que depuis deux jours, convoqua le chef de la direction d'analyse cryptographique pour discuter de la fiabilité de ces renseignements, qui le convainquit que ces renseignements étaient exacts[11].

Le 29 mars, Somerville informe Londres que « selon un télégramme transmis par une flotte combinée, des ordres ont été donnés concernant l'appareillage d'une unité de porte-avions (qui devrait normalement être constituée de 2 porte-avions, de 4 croiseurs et de 12 destroyers) à partir de Staring Bay autour du 21 mars pour perpétrer une attaque sur «D.G.» aux environs du 1er avril ». [Traduction] Il indique ensuite que le porte-avion japonais *Kaga* avait « reçu, depuis un certain temps, l'instruction de se rendre au Japon, de faire le plein de carburant des avions, puis de participer à une attaque sur «D.G.». Nous en déduisons donc [...] que la zone visée par l'attaque du *Kaga* est Ceylan[12]. » [Traduction]

Nous savons maintenant que le FECB avait tort au sujet de la composition de la force attaquante; en effet, elle était composée de cinq porte-avions et non de deux, et *Kaga*, le sixième porte-avions de la *KdB*, était en fait au Japon où il était en radoub. Le FECB a également fait erreur sur la date; il ne s'agissait toutefois pas d'un problème de compréhension, puisque le calendrier initial des Japonais indiquait effectivement que la *KdB* attaquerait Ceylan le 1er ou le 2 avril. L'attaque a été repoussée, à l'insu des unités de SIGINT alliées, parce que l'arrivée des porte-avions *Shokaku* et *Zuikaku* à Staring Bay avait été reportée au 24 mars et que la *KdB* ne s'est finalement mise en marche que le 26 mars[13].

Le commandant d'aviation, L. J. Birchall, commodore de l'air du 413e Escadron, dans le cockpit d'un hydravion (Catalina)
Photo : MDN PL-7405

Les Britanniques réagissent avec vigueur à l'avertissement du FECB. Les unités de chasseurs et antiaériennes sont mises en état d'alerte; Colombo obtient l'autorisation d'effectuer le moins de livraison possible; Somerville regroupe la flotte de l'est au sud de Ceylan avec l'intention de tendre une embuscade à la *KdB*; la petite flotte d'hydravions Catalina intensifie ses patrouilles, principalement sur les approches dans la zone sud-est. Mais voilà, les jours passent et l'ennemi n'est toujours pas en vue.

Ayant ratissé la région au sud de Ceylan pendant deux jours et demi sans apercevoir la *KdB*, Somerville se dit que les Japonais ne viendront peut-être pas finalement, et laisse tomber les recherches à 21 h le 2 avril; il mène ensuite la flotte de l'est à l'atoll Addu, située à quelque 600 miles [966 kilomètres] au sud-ouest de Ceylan. Au sein des unités de la RAF, le niveau d'alerte est abaissé et les activités de formation se poursuivent; les patrouilles des hydravions Catalina sont toutefois maintenues.

Et c'est alors que la *KdB* fait son apparition. Le pilote de l'hydravion Catalina QL-A, du 413e Escadron (la seule unité canadienne du théâtre) l'aperçoit à environ 16 heures le 4 avril, à 360 miles [579 km] au sud-est de Ceylan. Après avoir fait rapport de la position et du cap de la *KdB*, mais non de sa composition, le QL-A est abattu. Le pilote, « Len » Birchall, aussi commandant d'aviation, est l'un des six survivants de l'équipage de neuf personnes. La presse canadienne le surnomme le « sauveur de Ceylan » et il devient l'un des commandants les plus importants de l'ARC[14].

Un Catalina MKI en réparation dans une base pittoresque de l'ARC à Ceylan, en Inde. Ce fut l'un de ces aéronefs qui a repéré des navires de guerre japonais tentant d'attaquer cette portion stratégique de l'Empire des Indes.

Photo : MDN PL-10007

L'équipage du QL-A a donné aux défenseurs des avertissements essentiels sur les attaques à venir, et ce, 15 heures avant l'arrivée des Japonais à Colombo. Mais ce ne fut pas la dernière contribution de la flotte d'hydravions Catalina. À 17 h 45, le FV-R du 205e Escadron, piloté par le capitaine d'aviation « Jock » Graham, a décollé pour filer la force ennemie[15]. À 22 h 37, Graham signale la présence d'un destroyer à la position 01.59N, 82.20E, cap à 315 degrés, vitesse à 20 nœuds [37 kilomètres à l'heure (km/h)]; à 00 h 45 le 5 avril, il signale six destroyers à la position 02.54N, 82.10E, cap à 325 degrés, vitesse à 21 nœuds [38,8 km/h]; et, enfin, à 16 h 15, il rapporte la présence d'un cuirassé, d'un croiseur « et au moins quatre autres navires » [traduction] situés à 110 miles (177 km) et à 195 degrés de Dondra Head, à l'extrémité au sud de Ceylan[16]. Quatre-vingt-dix minutes plus tard, les chasseurs de la *KdB* abattent le FV-R. Il n'y a eu aucun survivant.

Les rapports d'observation provenant des deux hydravions Catalina abattus ont permis aux Britanniques de suivre la progression de la *KdB* et de déterminer grosso modo quelle serait sa position à l'aube. Le vice-maréchal de l'Air D'Albiac, le commandant du 222e groupe, qui contrôle toutes les unités de la RAF à Ceylan, convoque une conférence à son quartier général dans les heures qui suivent la réception du signal de Birchall; il informe alors ses subordonnés qu'une attaque aérienne japonaise devrait avoir lieu après l'aube[17]. Peu de temps avant minuit, le 222e groupe a donné l'ordre d'opération nº 43, qui comprend l'observation suivante : « si la force ennemie maintient son cap actuel à une vitesse de 25 nœuds, elle sera en position à environ à 150 miles (241 km) de Colombo, à 21 h TU [temps universel][18] » [traduction], soit 3 h, heure locale, le 5 avril. Le fait que la position prévue de la *KdB* à 3 h ait été donnée laisse entendre que D'Albiac considère qu'une attaque à l'aube ou avant celle-ci est une possibilité; ainsi, à 4 h, sur tous les terrains d'aviation, les pilotes étaient en alerte, prêts à intervenir[19].

Quatre occasions ratées de donner l'alerte

Ainsi, le 5 avril, la défense aérienne de Colombo était sur le pied de guerre. Elle avait obtenu des renforts au moment opportun; elle filait l'ennemi; elle s'attendait à une attaque; elle était en alerte. Tout ce qu'il fallait pour faire décoller les aéronefs Hurricane et Fulmar était la confirmation d'un raid imminent et l'ordre de décollage immédiat. Malheureusement, aucune confirmation n'a été formulée, ni aucun ordre donné. Dans un roman policier, on raconterait sans doute l'histoire d'un gardien de nuit qui n'a pas donné l'alerte, mais dans ce cas-ci, ce sont quatre gardiens qui n'ont pas fait le travail.

Premier gardien de nuit : BN-L

À 5 h 34, un autre hydravion Catalina décolle pour suivre incognito la *KdB*. Il s'agit du BN-L du 240e Escadron, piloté par le capitaine d'aviation Bradshaw. À environ 6 h 40, l'équipage de Bradshaw aperçoit six aéronefs ressemblant à des Fulmar volant à environ 5 000 pieds [1 524 mètres] à travers de minces nuages; ils se dirigent vers le nord dans une formation en « V », à 100 miles [160 km] au sud de Ceylan. Deux minutes plus tard, il remarque quatre aéronefs ressemblant à des Sea Hurricane se dirigeant dans la même direction. Croyant qu'il s'agit d'appareils britanniques, Bradshaw ne brise pas le silence radio pour les signaler[20]. Nous savons maintenant qu'il s'agissait d'aéronefs japonais, car un aéronef du porte-avions *Hiryu* avait envoyé un message à 6 h 45 indiquant qu'il avait aperçu un avion ennemi à 6 h 38. Il s'agissait d'un hydravion à coque à 346 degrés, situé 43 milles marins [80 km] à partir du point de lancement[21].

Le 4 juin 1942, un hydravion Catalina américain apercevant un aéronef qui se rapprochait, diffuse le message bien connu « De nombreux avions se dirigent vers Midway » (Many planes

heading Midway). Si Bradshaw avait envoyé un message similaire quand il a vu les avions se diriger vers Colombo, le 5 avril, les Britanniques auraient su 50 minutes avant que les Japonais s'en venaient. Les chasseurs basés à Colombo auraient alors eu suffisamment de temps pour décoller et prendre de l'altitude.

Deuxième gardien de nuit : les observateurs de la côte

Quiconque connaît la bataille d'Angleterre se rappellera que le Corps des observateurs terrestres avait suivi une formation de la Luftwaffe en approche, qui traversait la côte anglaise. Une organisation semblable au Corps des observateurs terrestres était présente à Ceylan en 1942; elle est décrite comme suit dans un document de l'époque :

1. « Un système civil de surveillance des côtes est déployé sur l'ensemble des régions côtières de CEYLAN. […]

2. Les fonctions des postes de surveillance des côtes consistent [...] à signaler :

    a. les navires non identifiés;

    b. les aéronefs;

    c. les tirs en mer;

    d. les situations indiquant que l'ennemi s'apprête à atterrir.

3. Les rapports sont rédigés selon des modèles spéciaux, qui sont apportés à la station à chaque cycle, vérifiés par l'inspecteur en service, puis transmis au CHEF DES POMPIERS. La plupart des stations ne sont pas dotées de téléphones et les rapports doivent être transmis à partir du commissariat de police le plus près. Par conséquent, il y a un retard considérable dans la communication des renseignements. […]

4. Les membres du personnel de la surveillance des côtes proviennent de la RÉGIE ET DU MINISTÈRE DE L'INSTRUCTION PUBLIQUE. On dit qu'ils sont fiables, mais qu'ils manquent de formation et d'équipement[22]. »

L'aéroport Ratmalana de la RAF à Ceylan, en Inde

Photo : MDN

Il n'aurait pas été surprenant que cette organisation mal préparée ne réussisse pas à détecter les aéronefs ennemis qui traversaient la côte sud pour se diriger vers le nord, mais, en fait, elle n'a jamais eu l'occasion de démontrer ce qu'elle pouvait et ce qu'elle ne pouvait pas faire. Les aéronefs japonais sont demeurés bien loin de la côte ouest avant de bifurquer pour traverser la côte juste au sud de

Colombo et de se diriger vers ses cibles[23]. Les observateurs de la côte et les autres observateurs au sol n'ont tout simplement pas eu l'occasion de donner l'alarme.

Troisième gardien de nuit : la patrouille d'aéronefs Fulmar

Selon l'une des actions indiquées dans l'ordre d'opération nº 43 du 222e groupe, les aéronefs Fulmar basés à Ratmalana, la principale base aérienne de Colombo, devaient effectuer une patrouille dès l'aube entre Bentota, sur la côte ouest, à 35 miles [56 km] au sud de Colombo, et Pottuvri (aujourd'hui Pottuvil), à une distance de 135 miles [217 km] sur la côte opposée. C'est ainsi que six aéronefs Fulmar du 803e Escadron ont décollé tôt, comme prévu, le 5 avril pour patrouiller dans ce couloir. Toutefois, comme les aéronefs japonais sont demeurés bien loin de la côte, les Fulmar ne les ont pas croisés et n'ont pas eu l'occasion de donner l'alarme, ni d'attaquer.

Alors qu'ils retournaient à Ratmalana, les Fulmar ont aperçu quelques aéronefs se diriger vers la mer. Plus tard, un membre de l'équipage dira ceci : « nous pensions à tout sauf aux aéronefs japonais lors du vol de retour ce matin-là; nous avons fait abstraction de ces aéronefs, pensant qu'il s'agissait d'un autre vol non prévu de l'aéronavale » [traduction]. (On peut se demander quel type d'exposé avant vol a été donné aux pilotes.) Ce n'est qu'en constatant les dommages à leur atterrissage qu'ils ont compris la situation[24].

Quatrième gardien de nuit : les radars

Beaucoup d'informations fausses ont circulé sur la station radar de Colombo; on a dit qu'elle était inhabitée, inutilisable pour cause d'entretien ou encore qu'elle n'était pas opérationnelle le 5 avril. En lisant l'ORB (registre des opérations ou *Operations Report Book*) de la section radar en question, la station expérimentale du ministère de l'Aviation (AMES) 254, soit la *Air Ministry Experimental Station*, un euphémisme pour désigner une station de radar au sol, il est clair que rien de tout cela n'est vrai. Le personnel de l'unité est arrivé à Colombo le 18 mars et l'équipement a été livré quatre jours plus tard. L'équipe s'est ensuite déplacée vers le parcours de golf Royal Colombo à Ridgeway, en banlieue de Colombo, et a travaillé 24 heures sur 24 pour ériger les mâts et s'assurer que tout fonctionnait. Ainsi, le 25 mars, la station était opérationnelle et, le 28 mars, la connexion téléphonique était établie avec la salle des opérations nº 20. Selon l'ORB de l'AMES 254 pour avril, « les opérations se sont déroulées normalement » [traduction], ce qui indique que la station n'était ni inhabitée, ni inutilisable pour cause d'entretien[25].

Cela dit, il semble que l'AMES 254 n'ait effectivement pas signalé en temps opportun le raid imminent. L'ORB de la salle des opérations nº 20 indique que « le système de détection lointaine n'a pas réussi à fournir des renseignements sur les aéronefs japonais avant qu'ils soient très près de Colombo[26]. » [Traduction] Dans son analyse rétrospective de juin 1942, le 222e groupe indique simplement que « le système de détection lointaine a connu des ratés et que les chasseurs étaient au sol lorsque l'attaque a commencé[27]. » [Traduction] Dans son ORB, l'AMES 254 omet de signaler qu'elle avait repéré les aéronefs en approche, mais mentionne que ses mitrailleuses Lewis étaient en action lors du raid[28]!

Il existe des renseignements qui étayent certaines hypothèses éclairées expliquant pourquoi l'AMES 254 n'a pas signalé en temps opportun le raid imminent. D'abord, nous savons, en raison d'un câble que Layton a transmis à Churchill, que l'AMES 254 « a subi des interférences causées par les montagnes » et qu'elle avait une portée d'environ 60 miles seulement [96,5 km][29]. Un tel radar aurait dû avoir une portée plus grande. À titre d'exemple, avec un équipement semblable, l'AMES 272 a détecté, le 9 avril, les aéronefs japonais qui s'approchaient de Trincomalee à 91 miles [146 km].

Nous savons également que l'AMES 254 était située à Ridgeway. Ridgeway est situé à environ six miles [10 km] au *nord* de Ratmalana, où trois des quatre escadrons de chasse de Colombo étaient basés, et à un mile [1,6 km] à l'est de la bande d'atterrissage de fortune de l'hippodrome de Colombo, où le 4e Escadron de chasse était basé. Les aéronefs de tête japonais, qui effectuaient leur approche à partir du sud et au-dessus de la mer, étaient neuf chasseurs Zéro de *Hiryu*. Ceux-ci ont maintenu une vitesse d'un peu plus de 200 miles à l'heure [322 km/h]; ils ont donc franchi les quelque 54 miles [86 km] séparant le contour nominal de la zone de couverture de l'AMES 254 et Ratmalana en environ 17 minutes. Comme il est indiqué ci-dessous, les escadrons d'aéronefs Hurricane de Colombo ont mis environ cinq minutes à décoller ce matin-là. Cela ne donnait donc qu'une petite fenêtre de 12 minutes à l'AMES 254 pour détecter le raid et le signaler à la salle des opérations nº 20, et aux contrôleurs d'interception pour transmettre leurs ordres aux escadrons. Puisqu'un aéronef Hurricane atteignait 15 000 pieds [4 572 mètres] en six minutes et qu'il en fallait autant au Fulmar pour atteindre 10 000 pieds [3 048 mètres], toutes ces opérations auraient dû être effectuées en six minutes pour que les chasseurs puissent prendre de l'altitude avant l'arrivée des assaillants.

Après la guerre, la *Air Historical Branch* de Londres a produit un certain nombre de récits concernant les opérations en temps de guerre de la RAF; l'une d'elles, *Signals Volume V: Fighter Control and Interception* contient deux commentaires pertinents. Le premier commentaire est le suivant : « L'incapacité de détecter le raid le 5 avril est attribuable, en partie, aux échos permanents très problématiques et aux lacunes observées subséquemment dans le diagramme polaire vertical de la station[30]. » [Traduction] Pour faire le tri des échos permanents ainsi que reconnaître les caractéristiques des faux-échos et ne pas tenir compte de ceux-ci le cas échéant, l'opérateur devait posséder les compétences pour faire fonctionner l'appareil, et avoir de l'expérience liée au retour d'un aéronef local. L'AMES 254 avait acquis une expérience opérationnelle en Égypte. L'on peut donc présumer que ses opérateurs étaient bien formés. Cela étant, ils n'étaient à Colombo que depuis moins de deux semaines et il est peu probable que tous aient été familiers avec les conditions locales. Cela n'est que pure hypothèse, mais il est possible que les opérateurs en fonction le 5 avril aient d'abord pris les véritables échos des aéronefs ennemis pour de faux-échos. (Si l'on pousse la réflexion encore plus loin, l'on peut aussi se demander s'ils n'ont pas considéré que les échos provenant des premiers aéronefs japonais provenaient en fait des aéronefs Fulmar patrouillant dans leur secteur.)

La mention aux « lacunes… dans le diagramme polaire vertical de la station » requiert des clarifications. La batterie d'antennes de transmission de l'AMES 254 était formée d'éléments parallèles dipôle. La figure 1 montre une unité radar déployée du même type que l'AMES 254. Le mât de transmission est situé à gauche et on peut à peine apercevoir les trois antennes dipôles parallèles pointant vers la caméra et une autre antenne dipôle perpendiculaire. Chacune des six antennes dipôles émettait ses propres signaux et avait ainsi son propre lobe. Les lobes se chevauchent mais il peut y avoir des écarts entre eux. Par exemple, un aéronef qui se trouve à 60 miles [96,5 km] de distance, pouvant être détecté à 8 000 pi [2 438 mètres] ou à 12 000 pi [3 657 mètres] peut ne pas être détecté à cette distance à 10 000 pi [3 048 mètres] s'il y a un écart à cette altitude. Dans le cas de l'AMES 254 , le 5 avril, l'on ignore à quelle altitude ces écarts sont survenus et, par conséquent, l'on ignore également si c'est par hasard que les aéronefs de tête japonais ont volé à une altitude à laquelle ils seraient détectés par un appareil situé à moins de 60 miles [96,5 km] de leur position. Toutefois, la citation tirée du document Signals Volume V semble indiquer que c'était le cas.

Le deuxième commentaire pertinent dans *Signals Volume V* indique ce qui suit : « L'échec a aussi été causé par un effectif de surveillance mal réparti, selon lequel les opérateurs sont demeurés en poste avec un niveau de vigilance amoindri[32]. » [Traduction] Cela suppose clairement que les opérateurs qui étaient en service lorsque les Japonais étaient à portée du radar occupaient leurs postes depuis trop longtemps. Dans ce contexte, il est important de mentionner que les opérateurs n'avaient pas devant eux d'écran radar panoramique, l'écran radar que l'on connaît tous aujourd'hui et qui affiche à la fois la portée et le relèvement. À Colombo, les opérateurs avaient des indicateurs de type A, qui n'indiquent que la portée[33]. Pour déterminer le relèvement, l'altitude et la force d'une formation qui approche, il fallait effectuer des étapes dans un ordre donné; la fatigue pouvait sans doute ralentir le processus et entraîner des erreurs[34].

Figure 1. Unité radar du même type (unité radar mobile) que celle de l'AMES 254[31]

Le raid

La première indication qu'on a eue à Colombo qu'un raid était sur le point de se produire fut l'arrivée, au-dessus du champ de courses vers 7 h 30, de neuf chasseurs Zéro du *Hiryu*, passant devant la force principale. Ces chasseurs ont été aperçus du sol, et le commandant d'aviation Fletcher, commandant du 258e Escadron, a compté deux chasseurs de trop, indiquant qu'il y avait 11 aéronefs dans le ciel, au moment où ses pilotes se dirigeaient à la course vers leurs chasseurs. Les 14 chasseurs Hurricane de l'unité ont décollé sans problème et étaient dans le ciel à 7 h 35[35]. À ce moment, les chasseurs Zéro du *Hiryu* étaient toutefois disparus en direction du port de Colombo. Peu de temps après, ils ont rattrapé six torpilleurs Swordfish se déplaçant à basse vitesse et les ont rapidement abattus. Les Swordfish, du 788e Escadron, avaient décollé de l'aérodrome de China Bay à Trincomalee tôt le matin et étaient transférés à Ratmalana dans l'objectif d'attaquer la force opérationnelle japonaise. Il semble que personne n'avait prévu que les Swordfish risquaient de survoler Colombo en même temps que les Japonais. Les équipages des Swordfish ne se doutaient tellement pas de cette possibilité qu'ils ont cru qu'il s'agissait de chasseurs Hurricane, et ils ont ainsi tiré des fusées de reconnaissance[36].

Derrière les chasseurs Zéro du *Hiryu* se trouvaient 38 bombardiers Val en piqué du *Shokaku* et du *Zuikaku*. Ils ont été repérés à 7 h 40 depuis Ratmalana, où l'on n'avait toujours pas été avisé que des chasseurs ennemis avaient survolé le champ de courses dix minutes plus tôt. La plupart des chasseurs Val se dirigèrent vers le port, mais 14 chasseurs du *Zuikaku* attaquèrent Ratmalana à 7 h 45, au moment où 21 chasseurs Hurricane du 30e Escadron, dont sept étaient pilotés par des Canadiens, s'envolaient en solo et en duo, dans un décollage chaotique qui ne leur donna aucune chance d'établir une formation. Quatre d'entre eux circulaient encore au sol lorsque les premières bombes furent larguées, et le chasseur Hurricane du commandant a été endommagé et n'a pu décoller[37].

Le 30e Escadron a payé cher le manque d'alerte lointaine : huit chasseurs Hurricane ont été abattus et plusieurs autres ont été lourdement endommagés, de sorte que l'unité n'avait plus que sept chasseurs en service à la tombée de la nuit. En outre, cinq pilotes ont perdu la vie et deux autres ont été blessés[38]. De plus, quatre des six chasseurs Fulmar des 803e et 806e escadrons ayant décollé ont aussi été abattus, et trois des pilotes ont été tués[39].

Les 27 chasseurs ayant décollé de Ratmalana ont dû défendre leur propre aérodrome, ce qu'ils ont réussi. Aidés d'épais nuages, les premiers chasseurs Hurricane à prendre leur envol ont réussi à repousser les 14 bombardiers Val avant qu'ils ne larguent leurs bombes; ils en ont abattu cinq et endommagé six, en plus de détruire un Zéro. Distraits par les chasseurs de défense et ralentis par les nuages, les autres bombardiers Val ont causé peu de dommages à Ratmalana[40].

Les 14 pilotes de chasseurs Hurricane déployés par le 258e Escadron n'eurent pas à décoller en se faisant attaquer, parce que les Japonais ignoraient l'existence de l'aérodrome du champ de courses avant que les chasseurs Zéro du *Hiryu* ne le repèrent et parce qu'aucun bombardier n'avait reçu la mission de l'attaquer. Le commandant d'aviation, Fletcher, indiqua ce qui suit dans son rapport :

> « N'ayant reçu aucun avertissement et voyant les aéronefs dans le ciel, nous avons décollé et pris la direction du PORT, car il s'agissait du point d'attaque le plus probable de l'ennemi. À notre arrivée, nous avons constaté que les bombardiers avaient commencé leur attaque et qu'il y avait une forte présence de chasseurs ennemis en couverture, à une altitude considérablement supérieure à celle de notre formation. J'ai décidé d'attaquer les bombardiers dans l'espoir de nuire à l'efficacité de l'attaque ennemie. J'ai réalisé que cela allait fortement avantager les chasseurs ennemis. Nous avons continué d'attaquer les bombardiers aussi longtemps que nous le pouvions, mais nous avons ainsi subi de lourdes pertes aux mains des chasseurs ennemis[41]. » [Traduction]

Les bombardiers attaqués par le 258e Escadron étaient les 19 Val du *Shokaku*. Le *kodochosho*, ou registre des opérations du groupe aérien, du porte-avions indique que les bombardiers Val ont mené une attaque de 7 h 50 à 7 h 53 et que les chasseurs Hurricane ont attaqué de 7 h 52 à 8 h[42]. Un bombardier Val a été touché au-dessus du port, avant de finir son vol en mer; un autre a aussi été endommagé, mais l'on ignore si ce fut sous les tirs du 258e Escadron ou le résultat de tirs antiaériens au sol[43]. Le 258e Escadron n'a pas empêché les bombardiers Val du *Shokaku* de couler le croiseur auxiliaire *Hector* et d'endommager le ravitailleur de sous-marins *Lucia* et, proportionnellement, il a subi des pertes plus importantes que le 30e Escadron : huit chasseurs Hurricane furent abattus et deux gravement endommagés, et cinq pilotes furent tués et deux blessés[44]. Il est évident que les pertes du 258e Escadron et son incapacité d'attaquer les bombardiers Val du *Shokaku* avant que ces derniers ne bombardent leurs cibles étaient dus à l'absence d'alerte lointaine.

Le 258e Escadron avait pratiquement épuisé toutes ses ressources en attaquant les bombardiers Val du *Shokaku*. Les cinq bombardiers Val du *Zuikaku* qui avaient attaqué le port et qui étaient vraisemblablement responsables des dommages causés au pétrolier ravitailleur *San Cirilo* purent éviter l'attaque des chasseurs, tout comme les 53 bombardiers-torpilleurs Kate qui attaquèrent après les bombardiers Val. Chaque Kate, agissant comme bombardier en altitude, transportait une bombe de 800 kilos et attaqua la région portuaire. Ils ont coulé le vieux destroyer *Tenedos*, endommagé le navire marchand *Benledi*, en plus d'abîmer divers ateliers et autres installations[45].

On indiqua aussi que l'aérodrome du champ de courses n'avait pas été attaqué, car les Japonais ignoraient son existence. Ils ignoraient également que les Catalina de Ceylan étaient basés à Koggala Lake, sur la côte sud à environ 70 milles (113 km) de Colombo, où il n'y a également pas eu d'attaque. Dans ce cas, leur ignorance était attribuable en partie à de la désinformation des survivants du QL-A. Birchall et son équipage avaient menti à leurs sauveteurs, leur disant qu'ils étaient décollés de Colombo, ce que les Japonais crurent[46]. Les Japonais auraient très bien pu ajouter Koggala à leurs cibles potentielles, mais ce tissu de mensonges aura protégé cette vérité[47].

Conclusion

Avant l'événement, les Britanniques s'attendaient tout à fait à ce que Colombo fasse l'objet d'un raid, à la Pearl Harbor. Et c'est précisément ce que les Japonais entendaient faire; ils ont réussi à intercepter des chasseurs de défense au sol, comme ils l'avaient fait à Pearl Harbor. Le fait qu'ils n'aient coulé que trois navires et qu'ils n'en aient endommagé que trois autres est surtout dû aux conditions météorologiques, aux tirs antiaériens et à l'évacuation partielle des navires du port le jour précédent. Les chasseurs britanniques ont réussi à défendre Ratmalana, leur principale base, mais ont fait très peu pour contrer l'attaque du port.

Il est impossible d'affirmer avec certitude ce qui aurait pu se produire si les aéronefs Hurricane et Fulmar avaient décollé à temps, mais on peut tout de même supposer qu'ils auraient pu accomplir davantage à moindre coût. Les quatre méthodes qui auraient pu permettre de donner une alerte lointaine ont échoué. D'abord, le Catalina qui a repéré certains des aéronefs japonais ne les a pas reconnus ou signalés. Les Japonais ont ensuite évité le système d'alerte au sol et la patrouille d'aéronefs Fulmar en effectuant leur vol d'approche bien loin de la côte. Le quatrième moyen de détection, le radar, a également échoué, car il n'y avait qu'une seule station opérationnelle, qui était située trop loin au nord et qui éprouvait de nombreux problèmes techniques et opérationnels. La défectuosité du radar fut sans aucun doute un facteur crucial. La différence que peut faire une alerte lointaine a été démontrée seulement quatre jours plus tard, lorsque les Japonais ont attaqué Trincomalee. Ce jour-là, la station radar locale a détecté les Japonais sur une distance de 91 milles (146 km). L'alerte lointaine a permis aux chasseurs de défense de décoller à temps et de faire feu en premier : une section de Hurricane a intercepté trois Zéro et abattu deux de ceux-ci, sans compter qu'aucun chasseur en service n'a été cloué au sol. La même chose aurait pu se produire à Colombo, mais le 5 avril 1942 fut l'une de ces journées où rien ne fonctionnait sur le plan de l'alerte lointaine.

Robert M. Stuart est titulaire d'un baccalauréat ès arts et d'un baccalauréat en éducation de l'Université du Nouveau-Brunswick. Il a servi dans la Force régulière et la Force de réserve des Forces canadiennes de 1975 à 1991, à la Branche des communications et de l'électronique, atteignant (deux fois) le grade de capitaine. Il est au service du Centre de la sécurité des télécommunications depuis 1989. M. Stuart étudie le raid de 1942 de la Marine impériale japonaise dans l'océan Indien depuis 2004 et il s'agit de son deuxième article sur le sujet.

Abréviations

AA	antiaérien
AMES	Air Ministry Experimental Station
AN	Archives nationales
ARC	Aviation royale du Canada
CAB	Cabinet
cmdt	commandant
FECB	Far East Combined Bureau
KdB	*Kido Butai*
km	kilomètre
km/h	kilomètre à l'heure
OC	observation côtière
ORB	operations record book (registre des opérations)
RAF	Royal Air Force
SIGINT	renseignement d'origine électromagnétique
TMG	temps moyen de Greenwich

Notes

1. United Kingdom National Archives (NA), Cabinet (CAB) 79/18.

2. *Ibid*.

3. NA, CAB 79/19.

4. NA. Commander in Chief Eastern Fleet, 0315Z/7, « Admiralty War Diary ».

5. Commander in Chief India, 4231/G 27/2.

6. Les sept hydravions Catalina étaient les FV-R, BN-L, BN-M et BN-K de la RAF, les QL-Y et QL-A de l'Aviation royale canadienne (ARC) et le Y-56 de l'armée hollandaise. Deux hydravions Catalina de la RAF et trois autres hydravions du même type appartenant à l'armée hollandaise étaient hors service; la plupart de ces appareils, voire tous, ont été remis en état à Bengaluru. Deux autres hydravions Catalina de l'ARC étaient en route; ils sont arrivés les 6 et 7 avril.

7. Huit chasseurs Hurricane sont arrivés de Karachi le 23 février, où ils avaient été assemblés après avoir été livrés dans des caisses à *Cefn-Y-Bryn*. Soixante autres appareils ont été acheminés à Ceylan par *Indomitable* les 6 et 7 mars, portant ainsi à 68 le total des appareils livrés avant le 4 avril. Toutefois, un chasseur Hurricane du 30e Escadron s'est écrasé en mer le 3 avril; on ne l'a pas retrouvé. D'autres chasseurs Hurricane ont été endommagés à la suite d'accidents survenus les 12 et 15 mars et le 2 avril. Le nombre de chasseurs Hurricane en service dans la région de Colombo le 5 avril devait être 37 ou 38.

8. Il s'agit d'une estimation tirée de plusieurs sources principales, notamment les journaux de guerre des quartiers généraux et des unités AA concernés. Le 5 avril, l'aéroport Ratmalana était défendu par 12 canons de 40 mm et 4 canons de 3,7 pouces; Colombo pouvait pour sa part compter sur 3 canons de 12 livres, 23 canons de 40 mm, 4 canons de 3 pouces et probablement 19 canons de 3,7 pouces.

9. Michael Smith, *The Emperor's Codes*, New York, Arcade Publishing, 2000, p. 128; John Prados, *Combined Fleet Decoded*, New York, Random House, 1995, p. 273.

10. Prados, *Combined Fleet Decoded*, p. 274; Commander-in-Chief Pacific operations log, http://www.ibiblio.org/anrs/docs/D/D7/nimitz_graybook1.pdf (consulté le 23 septembre 2014); Op-16-F-2 summaries of Japanese NaVal Activities, http://www.fdrlibrary.marist.edu (consulté le 23 septembre 2014).

11. NA, HW 4/25, Captain H. L. Shaw, *The History of HMS Anderson*, 24 mai 1946, p. 6. Le Navire de sa Majesté *Anderson*, une installation à terre, agissait à titre de station d'interception et de station radiogoniométrique à Colombo. Son indicatif SIGINT était « HW ».

12. Commander in Chief Eastern Fleet, 0626Z/29, « Admiralty », p. 223/867.

13. Osamu Tagaya, *Aichi 99 Kanbaku 'Val' Units 1937–42*, Oxford, Osprey, 2011, p. 56, explique que l'arrivée des porte-avions *Shokaku* et *Zuikaku* a été reportée principalement en raison d'une chasse aux sorcières en réponse aux fausses déclarations concernant les activités des États-Unis au nord-est de Wake. Pour un aperçu de l'opération japonaise, consultez l'article de l'auteur « Leonard Birchall et le raid japonais sur Colombo », *Revue militaire canadienne*, vol. 7, no 4, hiver 2006–2007, http://www.journal.forces.gc.ca/vo7/no4/stuart-fra.asp (consulté le 23 septembre 2014).

14. Birchall recevra la Croix du service distingué dans l'Aviation pour avoir averti les troupes de l'approche de la *KdB* ainsi que l'Ordre de l'Empire britannique pour son comportement en tant que prisonnier de guerre. Voir « Leonard Birchall », Wikipedia http://en.wikipedia.org/wiki/Leonard_Birchall (consulté le 23 septembre 2014), pour obtenir une notice biographique exacte dans son ensemble.

15. NA, AIR 28/431, Koggala ORB; 222 Group Operation. Order No. 43. Le FV-R était le dernier aéronef en vol du 205e Escadron, qui était établi à Singapour.

16. *Battle Summary No. 15, Naval Operations off Ceylon, 29th March to 10th April, 1942*, Admiralty Training and Staff Duties Division, Londres, 1943, p. 6, http://www.navy.gov.au/sites/media-rrom/publications/naval-staff-histories (consulté le 14 août 2014, contenu n'est plus disponible). Commander-in-Chief East Indies War Diary, avril 1942 (intitulé par erreur the Eastern Fleet War Diary), http://www.naval-history.net/xDKWD-EF1942a.htm (consulté le 23 septembre 2014); « Report of Proceedings of Eastern Fleet from 29th March to 13th April 1942 », paragraphe 31, http://www.naval-history.net/xDKWD-EF1942-Introduction.htm (consulté le 23 septembre 2014); Colombo W/T 1229z/4 and Deputy Commander in Chief Eastern Force 0209z/4, « Admiralty », p. 223/259.

17. La citation est tirée du rapport des opérations (ORB) du 30e Escadron. Le rapport des opérations du 258e Escadron indique que le commandant de ce dernier a participé à la réunion, ou qu'il a quitté son poste pour y participer, à 17 h. On présume que les commandants des 803e et 806e escadrons étaient également présents.

18. NA, AIR 25/930.

19. NA, AIR 27/1530, 30 Squadron ORB; Michael Tomlinson, *The Most Dangerous Moment*, Kimber, 1976, p. 99; Lcol John Barrass, « The Most Dangerous Moment: 30 Squadron and the Air Battle over Colombo 5th April 1942 », http://www.30squadronassociation.com/history/ceylon.html (consulté le 23 septembre 2014).

20. Koggala ORB; Tomlinson, *The Most Dangerous Moment*, p. 100-101.

21. Ces renseignements proviennent de sources japonaises de premier ordre, transmises à l'auteur par courriel le 30 janvier 2013 par Monsieur Yu, un historien passionné. L'auteur remercie monsieur Yu pour l'information qu'il lui a fournie.

22. 17 Australian Infantry Brigade Group Operations. Order No. 3, 11 avril 1942, p. 113, http://static.awm.gov.au/images/collection/bundled/RCDIG1025987.pdf (consulté le 23 septembre 2014).

23. Japan Centre for Asian Historical Records, C08030581700. *Hiryu*, « Detailed Action Report », p. 46-47, http://www.jacar.go.jp/english/ (consulté le 23 septembre 2014). Voir aussi le fil de discussion « 5 April '42: KdB's Launch Point and the Strike Aircraft's Flight Path », http://www.j-aircraft.org/smf/index.php?topic=14557.0 (consulté le 23 septembre 2014).

24. Christopher Shores et Brian Cull avec Yasuho Izawa, *Bloody Shambles, Volume 2: The Defence of Sumatra to the Fall of Burma*, Londres, Grub Street, 1993, p. 402-403; Gordon Wallace, *Carrier Observer: A Back Seat Aviator's Story*, Shrewsbury, Royaume-Uni, Airlife, 1992, p. 81; Tomlinson, *The Most Dangerous Moment*, p. 92.

25. Le AMES 254 ORB se trouve dans le AIR 29/174. « AMES » désigne une Air Ministry Experimental Station, un nom choisit à l'origine pour dissimuler la nature de ces unités.

26. NA, AIR 29/31.

27. NA, AIR 23/4801.

28. NA, AIR 29/174.

29. NA, AIR 20/4693, Layton to Churchill, 2 mai 1942, IZ 155, 1353Z/2.

30. *Signals Volume 5*, note de bas de page, p. 63, citée dans un message de Ross McNeill en date du 5 mars 2014, « Question on MRU Radar Stations », *Royal Air Force Commands*, http://www.rafcommands.com/forum/showthread.php?14236-Question-on-MRU-radar-stations (consulté le 23 septembre 2014).

31. Image extraite du site Web de l'Imperial War Museum, http://www.iwm.org.uk/collections/item/object/205210707 (consulté le 23 septembre 2014).

32. *Signals Volume 5*. Le commandant du sous-marin *Trusty*, aux côtés du *Lucia* durant le raid, indique ce qui suit dans ses mémoires : « La nuit précédente, notre personnel prévoyait une attaque, et le système d'alerte radar était opéré par le meilleur matelot disponible. Malheureusement, ce dernier est resté en poste trop longtemps. Les facultés humaines ralentissent après douze heures de surveillance exigeante, et l'avertissement crucial n'a été donné que quelques minutes avant que la première bombe soit larguée. » [Traduction] William King, *Dive and Attack A Submariner's Story*, Londres, William Kimber, 1983, p. 139-142. Le mécanicien de radio-repérage de l'ARC, Gordon MacPhail, a indiqué qu'il avait été en poste au radar de Ridgeway de 23 h le 4 avril jusqu'à 8 h le lendemain matin. Selon ces sources, il semble que le quart de nuit durait au moins neuf heures, et nous savons que l'aéronef japonais est entré dans la portée du radar durant les 50 dernières minutes environ. MacPhail fut l'un des 723 mécaniciens de radio-repérage ayant servi dans ce qui est devenu le South East Asia Command (SEAC) en 1943. Angus Hamilton, *Canadians on Radar in South East Asia, 1941–1945*, Douglas, Nouveau-Brunswick, auto-édité, 2000, ISBN 0-9681353-1-5.

33. Pour obtenir une explication des types de radars, voir Air Publication 1093C, vol. I, chap. 3, http://www.vmarsmanuals.co.uk/archive/634_AP1093C_Vol_1.pdf (consulté le 23 septembre 2014).

34. Le processus est décrit dans un passage de *Signals Volume 5* cité par Ross McNeil, historien et chercheur, dans son deuxième message du 5 septembre 2014. L'auteur remercie monsieur McNeill pour l'information qu'il lui a fournie.

35. NA, AIR 27/1530/19, 258 Squadron ORB.

36. Shores et Cull, *Bloody Shambles*, p. 395-397.

37. Le capitaine d'aviation Robert T. P. Davidson, RAF, et les sous-lieutenants d'aviation Donald Alexander McDonald et James Henry « Jimmy » Whalen; le sergent de section Grant Roswell Bishop et les sergents Gerald George et Creighton Ivan Nutbrown, tous membres de l'ARC. Le groupe prétend avoir abattu neuf aéronefs japonais et en avoir peut-être abattu un autre, mais en fait, les 21 pilotes du 30e Escadron n'ont abattu que six aéronefs ennemis. Aucun des sept Canadiens n'a été tué ou blessé.

38. NA, AIR 27/1530, 30 Squadron ORB.

39. Shores et Cull, *Bloody Shambles*, p. 398; *Casualty Lists of the Royal Navy and Dominion Navies, World War 2, 1st – 30th April 1942,* http://www.naval-history.net/xDKCas1942-04APR.htm (consulté le 23 septembre 2014). Les 803e et 806e escadrons comptaient chacun 12 Fulmar. Comme il est indiqué, six chasseurs Fulmar du 803e Escadron patrouillaient entre Bentota et Pottuvri, il y avait donc probablement 18 chasseurs Fulmar à Ratmalana lorsque le raid a commencé. On ne sait pas pourquoi seulement six d'entre eux ont décollé, mais on présume que l'absence d'alerte lointaine y est pour beaucoup.

40. Tagaya, *Aichi 99 Kanbaku*, p. 56; Shores et Cull, *Bloody Shambles*, p. 402-403. Selon cette dernière source, six bombardiers Val du *Zuikaku* ont été endommagés le 5 avril, mais rien n'indique si les six faisaient partie du groupe de cinq ayant attaqué le port.

41. 258 Squadron ORB.

42. La traduction, du japonais à l'anglais, des extraits des *kodochoshos* pertinents a été gracieusement fournie à l'auteur par Osamu Tagaya.

43. Tagaya, *Aichi 99 Kanbaku*, p. 56; Shores et Cull, *Bloody Shambles*, p. 399-401.

44. Selon certaines sources, le 258e Escadron aurait perdu neuf aéronefs. L'auteur chiffre les pertes probables à huit chasseurs Hurricane abattus et deux gravement endommagés après avoir examiné de multiples sources, y compris l'ORB de l'unité et les divers volumes de James J. Halley indiquant les numéros de série et le destin ultime des aéronefs de la RAF.

45. Tagaya, *Aichi 99 Kanbaku*, p. 56; Extraits traduits des *kodochoshos* des transporteurs et autres renseignements fournis à l'auteur par Osamu Tagaya, en mai et juin 2014. On n'a pu déterminer l'aéronef japonnais ayant coulé le pétrolier ravitailleur norvégien *Soli* et endommagé le navire de charge britannique *Clan Murdoch*. Il est possible que l'un de ces navires ou que les deux furent attaqués par les Val ou les Kate du *Shokaku*. L'auteur remercie monsieur Tagaya pour l'information qu'il lui a fournie.

46. L'équipage du QL-A a été emmené à bord du destroyer *Isokaze*. Dans un discours prononcé au Canada, en octobre 1945, Birchall raconte qu'ils avaient dit aux Japonais qu'ils « venaient tout juste d'arriver à Colombo et qu'ils avaient décollé immédiatement » [traduction]. Voir « the Japanese Ceylon Attack », *The Empire Club of Canada*, http://speeches.empireclub.org/details.asp?r=vs&ID=60830&number=2 (consulté le 23 septembre 2014). Après l'interrogatoire, le *Isokaze* signale au *Akagi*, le navire-amiral, tard dans la journée du 4 avril, que le QL-A « a décollé de Bombay le 28 mars, qu'il est arrivé à Colombo après un survol terrestre de transfert le 3 avril et qu'il a immédiatement commencé à effectuer des vols de reconnaissance à partir de cet endroit. » [Traduction]

Reproduction du document de travail 33 du Air Power Development Centre de la Royal Australian Air Force

Maîtrise professionnelle et éducation sur la puissance aérienne

Par Sanu Kainikara, Ph. D.

Avis de non-responsabilité

Le présent document de travail a été publié à l'origine comme livret A5 (ISBN 9781920800574) en octobre 2011 et il est présenté ici dans une version reformatée imprimable. Ce document est protégé par des droits d'auteur. À l'exclusion de tout autre usage autorisé en vertu de la Copyright Act 1968, aucune partie ne peut être reproduite par un procédé quelconque sans l'autorisation de l'éditeur. Les opinions exprimées dans le présent texte n'engagent que l'auteur et ne représentent pas nécessairement la politique ou la position officielle du ministère de la Défense, de la Royal Australian Air Force, du gouvernement australien ou de toute autre autorité à laquelle il est fait référence dans le texte. Ce document a été approuvé pour publication en distribution illimitée. Des parties de ce document peuvent être citées ou reproduites sans autorisation, sous réserve que la source soit créditée.

© Tous droits réservés Commonwealth of Australia 2011

INTRODUCTION

Depuis quelque temps, l'emploi de la puissance aérienne, dans le cadre de la projection plus vaste de la puissance visant à assurer la sécurité du pays, fait l'objet d'un examen minutieux dans plusieurs optiques différentes. Avant tout, on a débattu de son application, des effets qu'elle provoque et de la meilleure façon de l'utiliser dans le respect des trois principes fondamentaux du droit des conflits armés et des préceptes de la projection de la puissance militaire : la nécessité, l'humanité et la proportionnalité. L'atténuation de la distinction entre les combattants et les non-combattants et la complexité des espaces de combat contemporains ne font que compliquer l'emploi efficace de la puissance aérienne. Dans ces circonstances, les pilotes doivent parfaitement comprendre tous les paramètres des opérations aériennes et posséder une maîtrise professionnelle suffisante pour optimiser le recours à la puissance aérienne afin de répondre aux impératifs de sécurité nationale.

Un facteur déterminant et critique de la production et de l'emploi de la puissance aérienne réside dans la maîtrise professionnelle de ceux qui l'emploient, ce qui déterminera le succès ou l'échec de toutes les opérations aériennes[1]. Les opérations aériennes doivent être soigneusement conçues et intégrées dans la campagne interarmées, qui, à son tour, doit être guidée par la stratégie de sécurité nationale. Cela n'est réalisable que par une force aérienne dont les membres possèdent un professionnalisme suffisant et des compétences qui leur permettent de s'adapter rapidement à des situations nouvelles et dynamiques. La puissance aérienne est toujours sollicitée et il arrive très souvent qu'une force suffisante ne soit pas accessible dans l'ensemble du théâtre des opérations. Cette situation exige que la puissance aérienne disponible soit employée avec le maximum d'efficacité et d'efficience. La maîtrise professionnelle – individuelle et collective – joue un rôle essentiel dans ce processus, puisqu'elle permet d'obtenir les effets souhaités tout en évitant le gaspillage inutile.

La maîtrise professionnelle dans les forces armées est comparable de façon générale à la maîtrise qu'il faut posséder pour exercer avec compétence la plupart des autres professions. Le présent texte traite de la maîtrise professionnelle dans le contexte d'une force aérienne et examine le rôle de l'enseignement pour la parfaire. Il étudie également les différentes étapes de la maîtrise professionnelle collective qu'une force aérienne doit franchir avant de parvenir au statut d'« force aérienne exerçant une influence stratégique » – fonctionnant au niveau stratégique optimal de la sécurité nationale. Le but de cette approche est de faire valoir le rôle essentiel que joue la maîtrise professionnelle dans la force aérienne en permettant à celle-ci de contribuer efficacement à la sécurité nationale, et par ce processus, de devenir un élément de la puissance nationale. Le présent document cherche à éclaircir et à souligner le rapport entre la maîtrise professionnelle et l'éducation sur la puissance aérienne.

QU'ENTEND-ON PAR MAÎTRISE PROFESSIONNELLE?

Profession et métier

La notion de maîtrise professionnelle découle de l'idée de professionnalisme et de la distinction que l'on fait entre une profession et un métier. Qu'est-ce donc qu'une profession? Le Macquarie Concise Dictionary définit une profession comme « une occupation qui oblige à connaître certains éléments de l'apprentissage ou de la science, en particulier l'une des trois vocations que sont la théologie, le droit et la médecine[2] » [Traduction]. Toutefois, à l'époque actuelle, on a tendance à qualifier n'importe quel métier de profession, et à qualifier de professionnel quiconque exerce une profession rémunérée[3]. Cette tendance atténue quelque peu la distinction entre une profession et une occupation et elle doit donc être éclaircie.

Les érudits s'accordent tacitement pour dire que le fondement essentiel qui permet de définir une activité humaine donnée comme une profession est son assise théorique. Dans une profession, l'activité ou l'engagement ne peut dépendre uniquement des compétences pratiques ou psychomotrices. Ces dernières – essentiellement le vecteur par lequel la profession permet de servir les clients – doivent plutôt être fondées et reposer sur un ensemble convenu de théories. En outre, une profession se caractérise par trois traits indépendants, mais complémentaires. Premièrement, il existe un ensemble distinct et unique de compétences qu'il faut posséder pour exercer des tâches et fournir des services particuliers qui ont été précisés par un ensemble autonome d'experts au sein de la profession. Deuxièmement, il doit y avoir un niveau minimum convenu et acceptable de ces compétences (dont certaines peuvent être liées à la communauté) qu'une personne doit posséder pour faire partie de cette profession. Il est fréquent que ce service à la communauté dépasse de loin toute possibilité de gains économiques. Il convient de signaler que les spécialistes fournissent le service et exercent leurs fonctions surtout pour des motifs altruistes et qu'en fait, il se peut qu'ils soient mal rémunérés par rapport au reste de la société. La troisième caractéristique d'une profession est qu'il doit y avoir une relation profonde et permanente entre ceux qui l'exercent et leurs clients. Le service fourni au client repose sur des principes éthiques, sur une confiance spéciale et mutuelle et sur une compréhension limpide de la profession.

En revanche, un métier peut se définir comme un emploi habituel que l'on peut qualifier à la fois en des termes économiques et selon les valeurs du marché. Le terme de métier souligne l'équilibre entre les besoins organisationnels de l'employeur et les besoins économiques de l'employé. Cela sous-entend que dans un métier, le motif primordial est l'intérêt personnel, l'employé offrant une main-d'œuvre particulière en échange d'une rétribution financière convenue.

La principale caractéristique des professions est qu'elles évoluent et deviennent institutionnalisées. Par conséquent, la véritable différence sera imperceptible dans la zone floue qui existe entre une profession et un métier, mais se manifestera par la compréhension nuancée de la distinction entre une institution qui a intégré la notion d'une profession et d'un métier. La nature fondamentale de l'institutionnalisation est qu'elle « vise un objectif qui transcende l'intérêt personnel au profit d'un intérêt présumé supérieur[4] ». Une force aérienne est l'incarnation de cette évolution et est une institution qui embrasse intégralement les valeurs intrinsèques d'une profession. C'est pourquoi les forces armées sont connues depuis longtemps comme la profession des armes.

Pour être efficace, une force aérienne a besoin de liens et de confiance, de respect mutuel et de confiance entre les membres, de modes de comportement éthiques et d'une relation clairement comprise avec le pays qu'elle représente[5]. Il ne fait aucun doute qu'une force militaire symbolise tous les facteurs qui sont indispensables à sa reconnaissance comme profession institutionnalisée.

Le rôle premier des forces armées est d'assurer la sécurité nationale et de défendre les intérêts de la nation par le recours à la force meurtrière au besoin. Cela suppose la participation à des activités dans l'ensemble du spectre d'un conflit – depuis l'aide humanitaire jusqu'aux guerres visant la survie d'une nation – qui sont toutes intrinsèquement des activités humaines. Il est donc tout à fait naturel que les membres d'une force armée constituent son principal atout. La force aérienne estime que sa force réside dans ses membres. Cette affirmation nécessite une explication, essentiellement à cause de la conviction largement répandue selon laquelle les forces aériennes sont lourdement tributaires de la technologie, presque à l'exclusion de l'élément humain. Le fait est que si les forces aériennes sont tributaires de la technologie, leur emploi – sur le plan de la stratégie, des concepts et des tactiques et du déroulement des opérations effectives – est toujours décidé et dirigé par des êtres humains. Les gens sont au cœur des forces aériennes.

Maîtrise technique

Le personnel d'une force aérienne, ou de toute organisation, doit agir avec compétence dans ce qu'il fait à titre individuel. Cela est indispensable pour que l'organisation puisse fonctionner avec efficacité au niveau élémentaire. D'un point de vue individuel, les compétences nécessaires qui garantissent la capacité d'une personne à exercer des fonctions précises au sein du système qui produit la puissance aérienne porte le nom de maîtrise technique. Dans l'optique d'une organisation ou d'une force aérienne, c'est essentiellement la compétence avec laquelle les membres exercent leurs activités au niveau de l'unité, qui, lorsqu'on la combine à la maîtrise technique d'autres personnes, produit directement ou contribue à l'acquisition d'une certaine quantité de puissance aérienne. La maîtrise technique de tous les membres du personnel d'une unité, regroupée de manière cohésive, décidera de l'efficacité avec laquelle l'unité remplira le rôle qui lui est dévolu dans le cadre de la force plus vaste.

La maîtrise technique est la première pierre d'assise, et un élément indispensable à l'acquisition d'une maîtrise professionnelle chez une personne. De fait, au début de la carrière d'une personne dans une force aérienne, l'objectif – à la fois personnel et organisationnel – sera toujours l'acquisition d'une maîtrise technique personnelle dans laquelle toute croissance future s'inscrivant dans le contexte de la maîtrise professionnelle est profondément ancrée. La maîtrise technique s'acquiert essentiellement par la formation, c'est-à-dire la préparation des membres aux éléments connus des fonctions de l'organisation comme la connaissance d'un système de soutien logistique ou l'entretien et la réparation des moteurs d'aéronefs. À défaut de posséder une maîtrise technique suffisante, l'acquisition d'une maîtrise professionnelle est une tâche impossible.

Maîtrise professionnelle

La maîtrise professionnelle exige une compréhension excellente et exhaustive du vaste corpus de connaissances d'une profession à laquelle s'ajoute la capacité reconnue à appliquer ces connaissances de manière infaillible pour atteindre l'objectif souhaité. Dans l'optique d'une force aérienne, cela se manifeste par un engagement à toujours s'efforcer de trouver la façon la plus appropriée, la plus efficace et la plus efficiente possible de produire et d'employer la puissance aérienne[6].

La maîtrise professionnelle est essentiellement personnelle et elle conjugue deux éléments interdépendants. Premièrement, c'est la somme des connaissances d'une personne et de sa compréhension de la puissance aérienne et deuxièmement, c'est la capacité d'y recourir avec confiance à travers le prisme de l'expérience personnelle et de l'intelligence. Le fait de posséder l'un ou l'autre de ces deux éléments ne mènera pas forcément à la maîtrise professionnelle, pas plus qu'une combinaison mal équilibrée des deux. Pour parvenir à la maîtrise professionnelle au niveau voulu, il est essentiel de comprendre le juste équilibre entre les connaissances et l'expérience et d'acquérir la capacité d'employer la puissance aérienne en fonction de l'expérience passée. Cette expérience en soi est un élément complexe qui associe à la fois l'expérience personnelle et institutionnelle de manière holistique grâce à la prise de conscience globale de l'histoire de l'organisation.

Lorsque la maîtrise professionnelle des membres d'une force aérienne est regroupée collectivement, elle présente la possibilité de créer un corpus important et extrêmement précieux de maîtrise professionnelle au sein de la force. C'est le niveau de cette maîtrise professionnelle collective qui détermine le calibre d'une force aérienne, que ce soit dans les opérations ou comme instrument stratégique de la puissance nationale. Ce sont là deux éléments disparates qui découlent du niveau organisationnel de maîtrise professionnelle.

Élément 1 – Leadership. C'est la maîtrise professionnelle collective d'une force aérienne dans son ensemble qui lui permet de réaliser tout le potentiel de sa puissance aérienne dans le cadre d'opérations, quelle qu'en soit l'intensité ou la durée. C'est pourquoi il est nécessaire de traduire la maîtrise professionnelle individuelle des éléments constitutifs du personnel en un ensemble collectif qui n'est pas seulement viable, mais qui sera plus grand que la somme de ses parties. Cela exige un leadership adroit à tous les échelons du commandement. La maîtrise de chaque membre du personnel est regroupée et se traduit en une maîtrise professionnelle organisationnelle grâce à un leadership à la fois habile et efficace. De manière cyclique, le leadership efficace dépend dans une large mesure de la maîtrise professionnelle individuelle et personnelle du dirigeant. En d'autres termes, la crédibilité du leadership repose sur une combinaison de compétences professionnelles et de confiance personnelle. Les dirigeants doivent appliquer leur maîtrise professionnelle pour façonner la force afin d'assurer l'efficacité des opérations. Il est tout aussi important que cette maîtrise assure la vision et l'orientation tout en établissant les processus nécessaires à l'évolution positive de la force. Il ne fait aucun doute qu'un certain nombre d'autres traits de caractère sont tout aussi importants pour assurer l'efficacité du leadership d'une personne. Il est également incontestable que le fondement d'un bon leadership est la maîtrise professionnelle, en particulier aux niveaux opérationnel et stratégique du commandement. Seuls les dirigeants qui sont maîtres de leur profession sont en mesure d'anticiper les événements à venir et de s'y adapter, grâce à la confiance qu'ils ont de créer et d'exploiter les possibilités.

Élément 2 – Statut d'une force aérienne. La maîtrise professionnelle collective d'une force aérienne est la force sous-jacente et le fondement de son fonctionnement. Il devient clair, même au moyen d'une évaluation superficielle, que des forces aériennes compétentes doivent être en mesure de proposer un choix d'options adaptées au gouvernement lorsque le pays est confronté à une crise. L'incapacité d'une force aérienne à offrir systématiquement des solutions de rechange, même face à des questions controversées, réduira progressivement son importance dans l'équation plus vaste de la sécurité nationale. Cette situation risque de se transformer rapidement en spirale descendante vers l'absurde avec toutes les conséquences qui s'y rattachent. De manière plus altruiste, si l'on ne tient pas compte de cette descente vers l'absurde, les forces aériennes doivent être en mesure de contribuer efficacement à la sécurité nationale, ne serait-ce que pour répondre à la confiance que le pays a placée en elles et pour rendre en nature l'investissement engagé dans les ressources. Le statut d'une force aérienne quant à son fonctionnement efficace dépend d'une maîtrise professionnelle collective.

Quelles que soient la quantité et la qualité des systèmes qu'elle utilise, une force aérienne demeurera au niveau tactique si le leadership se contente de maintenir un niveau acceptable de maîtrise technique. La maîtrise technique individuelle désigne essentiellement la capacité d'une personne à assumer avec compétence le rôle qui lui est confié dans le système de production de la puissance aérienne. Collectivement, cela signifie que la force aérienne est en mesure d'exploiter avec compétence les systèmes de la puissance aérienne. En d'autres mots, elle doit être en mesure d'accomplir ses missions au niveau tactique, mais elle peut ou non être en mesure d'organiser une campagne à l'échelle opérationnelle. À moins que chaque personne ne soit en mesure de transformer sa maîtrise technique en maîtrise professionnelle, l'organisation n'a aucune chance de devenir une institution professionnelle. À long terme, et compte tenu de la conjoncture économique et sociopolitique qui prévaut et des impératifs de sécurité des pays démocratiques, une force aérienne purement tactique ne permet pas d'obtenir le plein rendement du capital investi. Pour parer à une telle situation, une force aérienne, peu importe ses limites sur le plan numérique, doit s'évertuer à exercer une influence stratégique dans l'équation plus vaste de la sécurité nationale. Le fait d'exercer une influence au niveau stratégique dépend d'un certain nombre de facteurs. Une force aérienne doit sans cesse démontrer des compétences tactiques et opérationnelles pour être jugée apte à offrir un rendement constant chaque fois qu'on le lui demande. La compétence opérationnelle, selon toute vraisemblance, permettra à une force aérienne de jouer un rôle dans le débat sur la sécurité nationale au niveau stratégique. Toutefois, le fait d'obtenir une place à la table est très différent de la capacité d'exercer une influence sur le débat. Pour devenir influente au niveau stratégique des délibérations sur la sécurité nationale, la force doit posséder une maîtrise professionnelle holistique d'un calibre exceptionnel.

Compte tenu des éléments requis pour en arriver à des niveaux supérieurs de maîtrise professionnelle, il est aisé de constater que pour qu'une force aérienne puisse évoluer, ses membres doivent posséder une maîtrise professionnelle individuelle suffisante. Après quoi, elle doit également être dirigée par des commandants qui fonctionnent à un niveau élevé de maîtrise professionnelle et qui sont capables de regrouper de manière cohérente la maîtrise professionnelle intrinsèque de la force. Ils doivent instinctivement posséder les autres qualités qui en font d'eux des dirigeants efficaces et qualifiés. Par nécessité, ces dirigeants devront créer la culture et l'environnement qui conduiront d'office l'organisation à prendre des engagements à l'égard de l'apprentissage et de l'épanouissement, sur le plan individuel et collectif. Essentiellement, l'influence stratégique qu'une force aérienne peut exercer est le fruit de la maîtrise professionnelle collective et de la compétence de ses dirigeants.

LA PROGRESSION DE LA MAÎTRISE PROFESSIONNELLE : UNE ÉCHELLE VERS LE CIEL

La séquence évolutive d'une force aérienne parvenue à maturité

Les forces aériennes sont essentiellement des forces de combat chargées de maintenir sa capacité d'appliquer une force meurtrière depuis le ciel pour répondre aux impératifs de la sécurité nationale et défendre les intérêts de la nation lorsque le gouvernement leur en donne l'ordre. Il s'agit là d'une lourde responsabilité qui suppose une foule d'activités devant être menées de manière cohérente et logique pour en assurer l'efficacité. La maîtrise professionnelle collective est la force contraignante et le fil de continuité qui transforme des groupes et des unités disparates en une force aérienne capable de projeter la force et d'offrir au gouvernement des options viables pour assurer la sécurité nationale. Les forces armées sont des organismes hiérarchiques et leur composition est sans doute plus rigide que celle de la plupart des groupes commerciaux. Parallèlement à une hiérarchie reconnue, c'est la maîtrise professionnelle de chaque membre qui assure la compétence collective de la force. En d'autres mots, la compréhension personnelle de la puissance aérienne – qui relève des responsabilités de chaque membre d'une force aérienne – est le point de départ qui contribue au développement de la discipline de la maîtrise professionnelle, individuelle et collective. En outre, par ce processus, chaque membre doit aspirer à optimiser la contribution de la Force aérienne à la capacité d'Australian Defence Force (ADF) de combattre et de toujours triompher.

La maîtrise professionnelle collective d'une force aérienne déterminera sa compétence et son efficacité. De manière très générale, le niveau de maîtrise professionnelle que possède une force aérienne peut se superposer aux campagnes plus vastes de la force militaire et de la sécurité nationale. Cela procure une échelle visible qui indique le niveau d'évolution d'une force aérienne sur le plan de ses progrès vers la pleine maturité. En outre, cela illustrera le rapport entre la maîtrise professionnelle et l'évolution d'une force aérienne comme rapport d'influence stratégique sur la scène nationale.

Maîtrise technique individuelle

Au niveau personnel, la maîtrise professionnelle commence au sommet de la maîtrise technique d'une personne dans ses responsabilités essentielles. Dans une force aérienne, la maîtrise technique peut désigner le pilotage, l'ingénierie, la maintenance, la logistique, l'administration, etc. Dans chaque cas, cette maîtrise technique individuelle doit contribuer à la production de la puissance aérienne. Une force aérienne qui compte un nombre tout juste suffisant de membres possédant un niveau élevé de maîtrise technique pourra lancer et récupérer des aéronefs avec compétence. Toutefois, une telle force aérienne n'aura pas la cohésion voulue pour produire la puissance aérienne en tant qu'entité. En d'autres termes, une maîtrise technique individuelle mal combinée ne donnera pas l'élan nécessaire à une force aérienne pour employer efficacement la puissance aérienne. C'est le plus bas niveau de capacité d'une force aérienne et ce dernier ne permet pas d'appliquer la force de manière unifiée. Ce type de force aérienne n'affichera des signes visibles d'une force armée que par des facteurs étrangers et inconséquents comme des uniformes et d'autres attributs.

La maîtrise technique au sein d'une unité

Quand la maîtrise technique de tous les membres du personnel d'une unité donnée est regroupée pour former un tout, on peut alors présumer que l'unité est opérationnelle. Une telle unité sera en mesure d'apporter une contribution positive à la production et à l'emploi de la puissance aérienne de manière limitée. Une force aérienne qui se compose d'unités disparates qui en soi sont opérationnellement

solides, mais qui ne forment pas un ensemble uni, ne sera efficace qu'à l'extrémité inférieure du spectre du conflit dans le cadre d'activités comme l'aide humanitaire et le maintien de la paix. Dans ces activités, l'impératif d'user de force mortelle pour assurer le succès sera minime.

Maîtrise professionnelle – Domaine de service unique

La liaison d'unités individuelles qui sont parvenues à un niveau acceptable de cohésion interne oblige une force aérienne à transcender la maîtrise technique et à passer aux niveaux inférieurs de la maîtrise professionnelle. Deux facteurs influent sur cette évolution. Premièrement, chaque membre doit être parvenu à un certain niveau de maîtrise professionnelle qui, lorsqu'on le combine, permettra à l'unité d'exceller dans l'application opérationnelle de la puissance aérienne. Dans ce cas, on peut dire implicitement que l'unité est intrinsèquement capable de produire la puissance aérienne et l'évolution a pour but d'améliorer l'efficacité de son emploi effectif.

Deuxièmement, l'application efficace du spectre complet des capacités de la puissance aérienne oblige la force à fonctionner de manière unifiée. Cela l'oblige à parvenir à la maîtrise professionnelle collective du domaine du service unique. Fondamentalement, cette maîtrise professionnelle sera l'association de la maîtrise professionnelle interne de toutes les unités constitutives d'une force aérienne qui elles-mêmes ont atteint des normes acceptables. Une force aérienne qui est parvenue à ce niveau de maîtrise professionnelle pourra fonctionner et contribuer efficacement au maintien de la paix et à l'application de la loi. Ces rôles peuvent nécessiter l'emploi d'une force mortelle, parfois même à titre préventif. Une force aérienne capable d'assumer ces rôles aura atteint les niveaux inférieurs de la maîtrise professionnelle collective nécessaire à son fonctionnement dans les limites du spectre d'un conflit armé.

Maîtrise professionnelle – Niveau interarmées

L'étape suivante dans l'évolution d'une force aérienne est l'atteinte d'une maîtrise professionnelle au niveau des opérations et des campagnes interarmées. Il s'agit d'un important pas en avant que l'on ne peut faire qu'après avoir rempli trois exigences fondamentales. En premier lieu, seule une force qui a systématiquement prouvé sa capacité à fonctionner comme entité professionnelle dans le domaine du service unique peut espérer parvenir à ce niveau de maturité. En deuxième lieu, la force doit posséder un nombre minimum de membres qui ont atteint un niveau très élevé de maîtrise professionnelle. Même s'il est impossible de préciser les nombres et les pourcentages réels par rapport à l'ensemble de la force, on peut dire qu'environ 50 p. 100 de la force doit être parvenue individuellement à ce niveau de maîtrise professionnelle. En troisième lieu, la force doit être dirigée par des leaders compétents à tous les niveaux de commandement. Comme nous l'avons vu plus haut, les dirigeants d'une force militaire dépendent de la maîtrise professionnelle des personnes concernées.

La maîtrise professionnelle au niveau interarmées suppose qu'une force aérienne est en mesure d'influer sur une campagne interarmées – depuis la planification initiale, en passant par son déroulement pour finalement atteindre la phase finale du retrait. En outre, elle sera en mesure d'influer sur l'atteinte de l'état final d'un conflit armé d'un point de vue militaire. Une force aérienne qui est parvenue à ce niveau de compétence pourra fonctionner dans tout le spectre d'un conflit armé. Il convient de noter que les forces aériennes doivent être des forces équilibrées possédant toutes les capacités essentielles de la puissance aérienne avant que l'on puisse dire qu'elles ont atteint ce niveau de séquence évolutive. En revanche, une force aérienne spécialisée – une force qui ne possède que certaines compétences essentielles – pourra au mieux parvenir à une maîtrise technique totale et dans certains cas, pouvoir fonctionner au niveau de maîtrise professionnelle du domaine du service unique.

Seule une force aérienne qui fonctionne systématiquement avec une maîtrise professionnelle au niveau interarmées sera en mesure d'offrir au pays un niveau suffisant de puissance aérienne avec confiance et quand on le lui demande. C'est sans doute le niveau minimum de compétence auquel on attend d'une force aérienne de cette envergure. Les forces aériennes existent principalement pour contribuer directement à la sécurité d'un pays, en particulier en période de conflit potentiel ou réel. Or, cette responsabilité ne peut être assumée efficacement que par une force aérienne qui fonctionne au moins au niveau interarmées de maîtrise professionnelle. La capacité d'une force aérienne à fonctionner avec compétence dans un environnement interarmées est essentielle pour assurer le succès de toutes les campagnes militaires. Le bon fonctionnement au niveau interarmées peut être assimilé à une force aérienne qui est à « mi-chemin » de son développement et de sa maturation. L'efficacité des forces aériennes qui fonctionnent à ce niveau et en deçà se limitera normalement aux opérations militaires conjointes. Toutefois, les forces plus à même de fonctionner à ce niveau seront rarement en mesure d'atteindre le niveau de compétence supérieur dans certains contextes et environnements.

Maîtrise professionnelle de la stratégie militaire

Une fois qu'une force aérienne est convaincue de sa capacité à fonctionner en permanence dans l'environnement interarmées et au niveau de compétence souhaité de manière infaillible, elle peut alors aspirer à gravir les échelons de la chaîne de maîtrise professionnelle. Cette progression est fondée sur la maîtrise professionnelle collective des membres de la force aérienne qui comprennent et qui peuvent influencer la stratégie militaire globale du pays.

Dans l'optique de l'avancement professionnel d'une personne, c'est un pas décisif pour deux raisons. Premièrement, il oblige à fonctionner presque entièrement au niveau conceptuel, à l'exclusion des activités opérationnelles. Ce passage de « l'acte » à « la réflexion » est normalement difficile pour tout le personnel militaire, mais particulièrement pour les aviateurs dont la zone de confort se situe normalement au niveau tactique et opérationnel. Deuxièmement, cette transition éloigne la personne de l'expérience et des compétences qu'elle possède de certains emplois, ainsi que d'un entraînement ordonné et contrôlé et d'une progression professionnelle vers le domaine de l'auto-instruction et du perfectionnement. Ces deux raisons se conjuguent pour limiter le nombre de personnes qui réussissent à s'adapter à une situation changeante et à répondre à une mission supérieure dans leur développement. Par ailleurs, il est également indispensable que ceux qui opèrent cette transition soient des dirigeants d'envergure avérée, car c'est dans les rangs de ces personnes que l'on sélectionne ou que l'on devrait sélectionner les commandants stratégiques.

Une force aérienne qui possède la maîtrise professionnelle nécessaire pour fonctionner aux niveaux supérieurs de la stratégie militaire s'apercevra automatiquement qu'on la consulte et qu'on l'écoute sur toutes les questions qui se rapportent aux opérations militaires. C'est pourquoi elle sera en mesure d'influer sur l'élaboration des concepts d'opérations qui seront utilisés par les forces armées pour atteindre le résultat souhaité. Une telle force aérienne facilitera le passage d'une force interarmées fonctionnelle à une entité fusionnelle. Il s'agit là d'un point décisif dans l'évolution d'une force aérienne, tout comme dans le développement d'une personne. Même si une telle progression n'est normalement ni rapide ni révolutionnaire, c'est sans doute l'étape la plus importante vers la maturation d'une force aérienne vers une force véritablement viable.

Maîtrise professionnelle de la sécurité nationale

Une force aérienne qui peut contribuer à insuffler et à soutenir l'élan nécessaire pour que l'armée devienne une force unifiée s'apercevra qu'elle est engagée sur une voie qui peut, si elle

est rigoureusement suivie, amener la force au niveau suivant de maîtrise professionnelle. À ce niveau, une force aérienne est en mesure d'influer sur le calcul de la sécurité nationale. Même si cela peut sembler une progression simple et directe, le processus est complexe dans la réalité pour deux raisons. Premièrement, la force armée d'un pays n'est qu'un des éléments de la puissance nationale qui constitue la structure plus vaste de l'organisme de sécurité nationale. De plus, dans une force unifiée, une force aérienne n'est que l'un des éléments constitutifs et elle doit donc soigneusement adapter ses capacités pour exercer une influence sur les forces armées et également sur l'organisation de sécurité nationale. Deuxièmement, la maîtrise professionnelle collective que l'on exige d'une force aérienne augmente de manière exponentielle quand la force doit être un facteur obligatoire d'une force armée unifiée tout en exerçant une influence indépendante sur les considérations et les débats relatifs à la sécurité nationale.

Pour être efficace au niveau national des discussions sur la sécurité, une force aérienne doit avoir un très haut niveau de maîtrise professionnelle collective. La complexité de la progression à ce niveau est accentuée par le niveau accru de maîtrise professionnelle requise de la part des officiers supérieurs pour que la force fonctionne adéquatement à ce niveau. Les impératifs relatifs à la sécurité nationale sont établis sur une certaine période de temps à l'issue d'un solide débat. La plupart des pays ont un milieu informel de sécurité nationale – se composant d'universitaires, de professionnels, de décideurs, de politiciens et de législateurs – qui constitue le groupe de base exerçant une influence sur le gouvernement en ce qui concerne les questions de sécurité nationale. Une force aérienne d'envergure doit posséder un nombre suffisant de membres capables de bien fonctionner au sein du groupe. Il est important que ces gens soient en mesure d'offrir une évaluation impartiale des forces aériennes et de la puissance aérienne dans le contexte de la sécurité nationale pour être influents.

Pour qu'une force aérienne parvienne à la maîtrise professionnelle au niveau stratégique de la sécurité nationale, les officiers supérieurs doivent posséder deux qualités remarquables. Premièrement, ils doivent posséder une compréhension judicieuse des impératifs modernes de la sécurité nationale. Deuxièmement, ils doivent être en mesure de prévoir avec suffisamment de clarté les besoins futurs susceptibles d'émerger dans le milieu évolutif de la sécurité. Ces deux qualités exigent une étude attentive, un potentiel développé d'introspection, un niveau élevé d'expérience et, surtout, la capacité de mettre en pratique les connaissances acquises dans le contexte de l'utilisation de la puissance aérienne. Seuls les dirigeants qui possèdent ces compétences et qui ont une confiance suffisante dans leur aptitude à maîtriser même les changements spectaculaires qui surviennent dans la conjoncture politico-stratégique seront capables d'élever une force aérienne au niveau de la maîtrise professionnelle dans la sécurité nationale. Les forces aériennes qui ont la chance de posséder ce niveau de maîtrise professionnelle pourront fonctionner avec efficacité dans une campagne interarmées à la fois comme éléments indépendants et comme partie intégrante d'une force militaire unifiée. Cela les place sur le premier des deux échelons leur permettant d'exercer un niveau d'influence appréciable sur le pays.

Maîtrise professionnelle au niveau stratégique supérieur

Le summum de l'excellence pour une force aérienne consiste à atteindre la maîtrise professionnelle au niveau stratégique supérieur de la sécurité nationale. Cette étape est difficile à franchir et peu de forces aériennes y parviennent. De fait, la majorité des forces aériennes n'arrivent pas à conserver ce niveau d'efficacité à long terme, même après avoir fonctionné à ce niveau dans certaines situations. Pour un certain nombre de raisons, elles semblent satisfaites de fonctionner en périphérie des considérations de sécurité stratégique supérieures. Cependant, une force aérienne doit être en mesure de fonctionner à ce niveau de sécurité nationale pour

être un élément influent de la puissance nationale. Même les forces aériennes qui fonctionnent au niveau immédiatement inférieur de maîtrise professionnelle dans le domaine de la sécurité nationale ne parviendront pas à exercer une influence constante sur la posture stratégique du pays.

Quatre conditions sont nécessaires à l'atteinte de la maîtrise professionnelle au niveau stratégique supérieur de la sécurité nationale. En premier lieu, la force aérienne doit avoir fait preuve d'une excellence opérationnelle hors du commun pendant longtemps. Quelques succès opérationnels récents n'équivalent pas à une excellence opérationnelle constante et ne sont pas suffisants pour permettre à la force d'être influente. En deuxième lieu, une force aérienne doit avoir fonctionné avec confiance dans le milieu de la sécurité nationale sans avoir été écartée à la périphérie pour une raison quelconque. En troisième lieu, la force doit être dotée d'une solide doctrine et de concepts des opérations au niveau stratégique qui permettent d'assurer la sécurité nationale. En outre, ces derniers doivent être transparents au niveau non classifié pour que le pays puisse se faire une idée claire des capacités et des fonctions de la force. En quatrième lieu, et c'est peut-être le plus important, il faut que les dirigeants soient en mesure de fonctionner avec efficacité à ce niveau maximal de sécurité nationale. Pour ce faire, il faut prendre appui sur une relation entre civils et militaires reposant sur une confiance mutuelle dans les compétences professionnelles de chacun.

Une force aérienne qui peut fonctionner à ce niveau deviendra un élément de puissance nationale. Un élément de puissance nationale peut être efficace et influent :

- pour ce qui est de définir les limites de la sécurité nationale,
- pour ce qui est d'offrir au gouvernement des solutions de rechange et des options en cas de concrétisation d'une menace;
- pour ce qui est de déterminer l'état souhaité dans toute confrontation afin de respecter les impératifs de sécurité nationale;
- pour ce qui est de décider du meilleur plan d'action possible pour parvenir à l'état souhaité;
- pour ce qui est de planifier et de mener des campagnes interorganisationnelles et interarmées;
- pour ce qui est de façonner les interventions pour parvenir à l'état souhaité en dépensant le minimum de ressources possible.

Les forces aériennes doivent constamment s'employer à atteindre ce niveau de maîtrise professionnelle si elles veulent conserver leur pertinence pour la sécurité nationale. La puissance aérienne est un élément décisif de la sécurité nationale et dans la plupart des pays, cette capacité réside dans les forces aériennes. Il est donc important que la force aérienne d'un pays exerce une influence sur la politique de sécurité nationale de sorte qu'une compréhension réaliste de la puissance aérienne soit prise en compte dans l'élaboration de cette politique. Une force aérienne doit exercer une influence stratégique si elle veut être en mesure de contribuer à la sécurité du pays de manière optimale. Rares sont les forces aériennes qui parviennent à cet état, mais ce n'est pas non plus un objectif purement utopique. Chaque force aérienne d'envergure, quelle que soit sa taille, doit toujours être sur la voie d'atteindre ce statut.

Récapitulation

On peut dire des forces aériennes qu'elles ne sont efficaces – même si elles fonctionnent au plus bas niveau de compétence opérationnelle – qu'une fois qu'elles ont atteint un niveau de maîtrise professionnelle qui leur permet de fonctionner comme un tout cohérent. Ce n'est qu'à

ce moment qu'une force aérienne peut amorcer le périple qui fera d'elle un élément indélébile de l'équation de la sécurité nationale et un élément de la puissance nationale. Sans cette progression constante, une force aérienne risque de stagner sur le plan de ses capacités et de son aptitude à offrir au gouvernement des solutions viables aux problèmes de sécurité nationale. La maîtrise professionnelle du personnel, les qualités de chef de file des commandants et la capacité de la force à s'adapter et à se transformer constamment dans sa quête de l'excellence sont des éléments cruciaux qui permettent à une force aérienne d'exercer une influence stratégique.

INSTRUCTION SUR LA PUISSANCE AÉRIENNE

Un certain nombre de forces aériennes peuvent très bien fonctionner au niveau opérationnel. Toutefois, on peut constater que la majorité d'entre elles n'ont pas la vigueur nécessaire pour se livrer à une réflexion stratégique, d'où leur sensibilisation réduite aux problèmes de puissance aérienne dans le domaine plus vaste des stratégies et de la sécurité et une compréhension insuffisante des défis associés à l'emploi de la puissance aérienne au sein de la force. La combinaison de ces deux facteurs se manifeste dans la formulation de la politique de sécurité nationale et dans la stratégie militaire prédominante sans entièrement tenir compte de la contribution des forces aériennes. Cela est préjudiciable à la sécurité nationale et à la défense des intérêts du pays. La lutte répétitive de nombreuses forces armées pour assurer le contrôle des moyens aériens est sans doute une indication claire qu'au niveau stratégique militaire, on comprend toujours mal la nature et la théorie de la puissance aérienne et son emploi efficace.

Deux raisons fondamentales expliquent le manque manifeste de réflexion stratégique et de connaissances dans les forces aériennes. La première est que les aviateurs et, en particulier, les pilotes, se concentrent sur l'action – les éléments pratiques des opérations – et non pas sur la conceptualisation philosophique et les raisons et les conséquences d'une action particulière. Par le passé, les plus hauts gradés des forces aériennes ont presque tous été pilotes et même s'il existe parmi eux certains penseurs stratégiques extrêmement intelligents, le bassin général d'où provient la réflexion stratégique a généralement une base plutôt étroite. C'est là un facteur qui a limité le développement et la diffusion des réflexions stratégiques sur la puissance aérienne.

La deuxième raison découle de la première. On peut la retracer à la réticence des aviateurs à se livrer à un exercice intellectuel qui consiste à consigner et à officialiser les éléments rudimentaires de la théorie et de la stratégie de la puissance aérienne. Cette aversion à l'égard de l'acquisition et de la propagation du savoir au sens large est toujours manifeste dans les forces aériennes, en particulier chez les dirigeants de niveau intermédiaire. Il se peut également qu'un facteur qui contribue à cette situation ait un rapport avec le temps et les efforts anormalement longs qu'il faut pour maîtriser les systèmes ultra perfectionnés exploités et commandés par les dirigeants de niveau intermédiaire. Puisque la réflexion stratégique exige également de longues études et une profonde introspection, elle entre en conflit direct avec les impératifs opérationnels et constitue presque toujours une priorité secondaire. Cela explique encore une fois l'absence d'un processus de réflexion rigoureux indispensable pour faciliter l'élaboration de concepts stratégiques qui concordent avec les impératifs de sécurité nationale.

Le développement de la pensée stratégique et l'augmentation du niveau de connaissance d'une force aérienne dans son ensemble sont directement fonction de sa maîtrise professionnelle collective. C'est pourquoi on peut affirmer que la maîtrise professionnelle est la phase d'introduction qui permet à une force aérienne d'acquérir l'envergure acceptable non seulement au niveau opérationnel, mais également au niveau de la prise de décisions stratégiques d'un pays.

Éducation, formation et apprentissage

L'éducation est un outil primordial qui permet de parvenir à la maîtrise professionnelle et ne peut être ignorée que sous peine de voir la force s'enliser au plus bas niveau de compétence. Il est essentiel de saisir la différence entre l'éducation, la formation et l'apprentissage pour bien comprendre le rôle de l'éducation dans le passage d'une force du niveau de compétence opérationnel au niveau de compétence stratégique. En d'autres termes, la distinction entre les trois termes illustre également le rapport entre la maîtrise professionnelle et l'instruction militaire.

La formation désigne la répétition de connaissances définies, le perfectionnement des compétences par des instructions et par la pratique et le façonnement des comportements par des entraînements officiels qui permettent d'accomplir une tâche avec compétence. Comme exemples de formation, mentionnons l'acquisition de compétences dans les instructions permanentes d'opération comme les exercices d'alerte, ou dans les mesures à prendre face à une situation d'intervention rapide. En revanche, l'éducation désigne la compréhension des principes directeurs, de la théorie et du concept d'un sujet particulier. Le sujet peut être très vaste ou au contraire extrêmement étroit et ciblé. Contrairement à la formation, l'éducation procure les moyens fondamentaux de mettre en pratique les connaissances pour étudier des situations nouvelles et même exceptionnelles et pour concevoir des méthodes nouvelles et supérieures d'accomplissement des tâches. Essentiellement, la formation désigne l'instruction sur ce qu'il faut penser alors que l'éducation vous apprend à penser[7].

L'entraînement militaire s'inscrit normalement dans une démarche systématique axée sur les compétences. Cette démarche correspond à la nature définitive d'une force selon la façon dont elle se comporte aux niveaux opérationnel et tactique. Elle est efficace aux niveaux inférieurs d'une organisation structurée hiérarchiquement. Cependant, elle ne convient pas aux niveaux supérieurs où l'éducation, au sens véritable du terme, est l'impératif primordial.

Dans le processus éducatif, les connaissances s'assimilent de deux façons. D'une part, les connaissances s'acquièrent par ce qui est enseigné par le professeur et sont stockées pour plus tard. De l'autre, les connaissances peuvent prendre appui sur ce qui est enseigné. La différence réside entre ce qui est enseigné et ce qui est appris. L'apprentissage découle à la fois de la formation et de l'éducation, mais il peut également résulter d'activités informelles quotidiennes comme les rapports sociaux informels ou le fait de regarder la télévision. Le point critique est que dans l'apprentissage, on attache davantage d'importance au fait qu'une personne acquiert une compréhension du sujet grâce au savoir qui lui est inculqué plutôt qu'au fait que celle-ci est le bénéficiaire de connaissances.

Intelligence organisationnelle et éducation

Même si cela n'a pas été énoncé comme tel pendant longtemps par le passé, les forces armées reconnaissent implicitement que les études individuelles et les connaissances que possèdent les membres de leur personnel sont des critères essentiels au bien-être de la force. Il en est ainsi également pour les forces aériennes. L'étude et l'acquisition de savoirs sont lourdement tributaires de l'intelligence d'une personne. De la même façon que l'on parvient à la maîtrise professionnelle collective, on peut partir de l'hypothèse que l'intelligence combinée des membres d'une organisation formera « l'intelligence organisationnelle ».

Le dictionnaire Macquarie définit l'intelligence comme « le pouvoir ou la faculté de l'esprit qui permet de savoir, de comprendre ou de raisonner, par opposition à ce que l'on ressent et à ce que l'on veut; la compréhension[8] » [Traduction]. La connaissance et la compréhension, issues

du processus d'étude, sont des concepts abstraits. L'intelligence confère la capacité concrète de comprendre l'objectif de l'organisation de même que la théorie fondamentale qui est à sa base. C'est pourquoi l'intelligence organisationnelle donne une connaissance holistique et générale de l'objectif et de la théorie de l'organisation. Même si de nombreux facteurs – comme le leadership, les valeurs, la vision, les objectifs, la communication, la cohésion, etc. – sont indispensables au succès d'une organisation, l'intelligence organisationnelle est un facteur contributif décisif.

Que fait donc l'intelligence organisationnelle? On peut décomposer la réponse en trois éléments. En premier lieu, il y a le dépôt des connaissances d'une organisation, c'est-à-dire de ce qu'elle sait. En deuxième lieu, elle permet de comprendre les processus qui entrent dans l'utilisation de ces connaissances, c'est-à-dire la façon dont l'organisation utilise ces connaissances. En troisième lieu, elle permet de se faire une idée de la capacité d'une organisation à apprendre et de la vitesse à laquelle elle peut adapter de nouvelles connaissances à sa conjoncture particulière, c'est-à-dire la rapidité avec laquelle une organisation peut apprendre et tirer le maximum de parti des nouvelles connaissances. Si l'on estime que ces trois éléments sont positifs dans une organisation, il est alors plus que probable qu'elle parviendra à acquérir et à conserver un avantage concurrentiel dans sa sphère de fonctionnement choisie.

L'intelligence organisationnelle – le savoir collectif – a une valeur intrinsèque considérable. On a en effet constaté que lorsqu'une personne, qui se trouve dans une organisation depuis longtemps, la quitte, elle emporte avec elle une partie de ce savoir collectif. En outre, il faut un volume considérable de temps, de ressources et d'efforts concertés pour remplacer le savoir tacite qui est perdu lors du départ d'une personne[9]. C'est pourquoi une organisation doit soigneusement stimuler l'intelligence individuelle et créer une culture d'échange de connaissances pour minimiser l'incidence de la perte de connaissance qui se rattache au départ d'une personne. Dans la mesure du possible, l'intelligence organisationnelle doit être préservée comme une quantité plus vaste que la somme des intelligences individuelles.

La connaissance et la compréhension sont des produits dérivés d'un vigoureux processus d'éducation et d'apprentissage. Il est cependant très difficile de quantifier la contribution de l'éducation à l'intelligence organisationnelle. De même, il est difficile de clairement déterminer l'incidence de l'enrichissement des connaissances sur les résultats de l'organisation. Toutefois, si une organisation a une valeur qui est supérieure à la somme de ses actifs concrets, on peut alors en déduire, sans crainte de se tromper, que la différence est un indice de son intelligence organisationnelle. Les forces armées modernes ont établi que le savoir est une capacité qui améliore les performances dans le processus de leur développement et c'est la raison pour laquelle elles cherchent à développer et à conserver l'intelligence organisationnelle. La création de commandements ou de groupes de formation et d'éducation séparés au sein d'une Force, qui consomment de vastes quantités de ressources, est une acceptation franche de ce principe incontesté.

L'éducation sur la puissance aérienne et la culture des forces aériennes

Au sein d'une force aérienne, l'éducation sur la puissance aérienne est l'outil principal qui permet d'enrichir le niveau individuel de connaissances et, grâce à ce processus, d'établir et d'améliorer l'intelligence organisationnelle. Cet enseignement doit concorder avec trois éléments de ce que permet l'intelligence organisationnelle et y contribuer directement – renforcer la capacité de l'organisation à être une mine de savoir, améliorer l'efficacité de son application et renforcer la capacité de l'organisation à s'instruire. Si ces trois éléments sont atteints sans équivoque, l'éducation sur la puissance aérienne sera alors un élément essentiel qui garantira le succès de la force.

Si une force aérienne consacre de nombreuses ressources à l'éducation de son personnel sur la puissance aérienne, il n'est que naturel qu'il y ait une amélioration concrètement manifeste des résultats de l'organisation. Dans le cas des forces armées, notamment des forces aériennes, les améliorations découlant de l'enseignement peuvent devenir évidentes et ne se manifester ouvertement qu'en cas de conflit. Si l'on applique cette notion – à savoir que les améliorations d'une force, résultant de l'enseignement professionnel, ne peuvent se manifester qu'en cas de conflit – la Royal Australian Air Force (RAAF), on soulève deux questions aussi utiles qu'intéressantes.

Pendant très longtemps, la Royal Australian Air Force a compté sur la supériorité technologique pour contrebalancer ses limites numériques, en particulier dans le contexte des éventuelles opérations régionales. Cela a toujours reposé sur la supériorité des équipements et sur la maîtrise technique individuelle et collective de la force dans son ensemble. Toutefois, plus récemment, les éventuels ennemis ont réussi à combler ce fossé technologique et cette supériorité de la maîtrise technique à tel point que l'avantage dont jouissait la Royal Australian Air Force a radicalement diminué. La première question est donc de savoir si oui ou non l'intelligence organisationnelle qui repose rigoureusement sur l'éducation sur la puissance aérienne conférera un avantage décisif à la Royal Australian Air Force.

La deuxième question est un corollaire de la première. Actuellement, les perspectives de sécurité régionale de l'Australie sont relativement stables. La question qui se pose est de savoir si cela est le fruit de la supériorité visible et reconnue et de l'efficacité de l'intelligence organisationnelle de l'Australian Defence Force. De plus, cela soulève la question de savoir si la stabilité comparée de la région est le fruit de la perception de l'Australian Defence Force en tant qu'organisation efficace et fructueuse. Sur les trois, la première question est sans doute celle qui présente le plus d'utilité pour notre discussion – le rôle de l'intelligence organisationnelle pour conserver un avantage qualitatif sur ses éventuels ennemis.

Toutes les organisations ont leur propre culture distincte. Toutefois, il y a un élément de la culture qui est propre aux forces aériennes et dont il faut tenir compte pour analyser l'intelligence organisationnelle de la force. Il s'agit du fait que le savoir et les principes sous-jacents qui orientent le recours à la puissance aérienne sont un élément vital et essentiel de la culture d'une force aérienne. L'influence de ce savoir, dans la culture d'autres environnements militaires, est relativement moins importante. Pour une force aérienne, le recours à la puissance aérienne est sa principale responsabilité et il ne peut être efficace que si l'organisation possède les connaissances nécessaires qui permettent son emploi efficace. L'éducation sur la puissance aérienne est le processus par lequel elle garantit la suffisance de ce savoir. D'une manière durable, l'éducation sur la puissance aérienne renforce la culture de la force aérienne, qui constitue l'un des éléments clés qui garantissent la compétence opérationnelle de la force.

Qu'implique l'éducation sur la puissance aérienne?

L'éducation sur la puissance aérienne est un processus qui se déroule pendant toute la durée d'emploi d'une personne au service de l'armée. De plus, elle ne peut pas toujours être officialisée dans des cours et d'autres activités qui sont fondamentalement des mécanismes de « poussée ». Il y a également le problème des cours institutionnalisés qui se transforment progressivement en techniques plus axées sur la formation que l'éducation. Il est donc nécessaire d'établir une culture qui favorise l'éducation en insistant tout particulièrement sur les aspects plus étendus du recours à la puissance aérienne. Même si un système hiérarchique de cours peu devenir le fondement de l'éducation, il ne couvrira pas le spectre complet des connaissances qu'il faut

inculquer à une personne pour qu'elle devienne une professionnelle passionnée d'aéronautique. La réponse est d'encourager les études individuelles qu'il faut faire pour combler les lacunes.

L'étude personnelle est un mécanisme « d'extraction » qui doit résulter du besoin intellectuel que ressent une personne. Un certain volume de cette « extraction » est instinctif chez un certain nombre de personnes. Toutefois, la majorité a besoin d'un catalyseur pour entamer ce périple d'autoformation. C'est dans cette sphère que l'institution, par l'entremise des instructeurs officiels et des mentors officieux, peut parvenir à répandre le désir d'apprendre et à inculquer plus de connaissances sur la puissance aérienne. Les instructeurs et le personnel enseignant de tout le continuum de la formation sont indispensables pour faire mieux comprendre la puissance aérienne, ce qui en soi est un facteur qui contribue directement à l'intelligence organisationnelle. D'un point de vue individuel, une combinaison judicieuse de cours officiels et d'études personnelles indépendantes marque le début d'un long périple pour parvenir à la maîtrise professionnelle – après avoir acquis une maîtrise technique de haut niveau en tant que première condition préalable.

Il existe deux mythes répandus sur l'éducation sur la puissance aérienne dont il faut parler si l'on veut que le processus éducatif réussisse à donner l'élan nécessaire à la personne et à la force aérienne pour parvenir à la maîtrise professionnelle. Le premier est la perception au sein de la Force aérienne que l'éducation sur la puissance aérienne ne s'applique qu'aux officiers, en particulier aux plus hauts gradés. Cela est préjudiciable à l'intérêt plus général de la force étant donné que la maîtrise professionnelle collective de la force dépend du fait que chaque membre doit posséder un niveau de maîtrise professionnelle approprié – selon son rang et son poste – qui, lorsqu'on les combine, permet à une force d'exceller grâce à la maîtrise professionnelle. Le deuxième est la croyance répandue selon laquelle l'éducation sur la puissance aérienne au niveau philosophique ne s'impose que pour les commandants les plus hauts gradés. En outre, il ne faut pas oublier la croyance selon laquelle ce savoir ne revêt une importance visible qu'en cas de conflit. Rien n'est sans doute plus éloigné de la réalité. Chaque membre de la force doit avoir une compréhension stratégique de la puissance aérienne; l'écart entre les niveaux de connaissance des membres n'étant que la profondeur et l'étendue des connaissances nécessaires pour parvenir au niveau de maîtrise professionnelle approprié. Ce n'est qu'avec une compréhension stratégique du recours à la puissance aérienne que possède chaque membre que la force peut fonctionner de manière efficace dans tous les conflits.

Ces deux idées erronées sont soulignées par un trait propre aux aviateurs. Les membres d'une force aérienne en tant que groupe ont tendance à être plus pratiques et pragmatiques qu'intellectuels. Cela se manifeste dans les résultats techniques et opérationnels remarquables de pratiquement toutes les forces aériennes solidement établies. On voit là la maîtrise technique à son apogée. Cette culture d'excellence dans l'action se transforme facilement en une culture organisationnelle enchâssée dans la concentration. Tout en appuyant sans réserve le besoin d'exceller d'une force au niveau des tâches opérationnelles qu'elle doit accomplir, il est d'égale importance que chaque membre comprenne la façon dont sa maîtrise technique individuelle – et le développement de la maîtrise professionnelle – contribue à l'efficacité de la puissance aérienne. Cela n'est réalisable que par l'éducation sur la puissance aérienne, qui propulse l'individu – et la force aérienne dans son ensemble – vers la maîtrise professionnelle. On ne peut pas penser que l'éducation ne soit qu'une série de cours à suivre, un ennui à subir et quelque chose qui entrave l'exercice de son rôle primordial. La culture d'une force aérienne doit se transformer pour garantir que chaque personne examine son rôle primordial par le prisme de la maîtrise professionnelle inculquée par une éducation holistique sur la puissance aérienne.

Une compréhension positive de tous les éléments du recours à la puissance aérienne parmi les membres du personnel découlant des connaissances et d'une maîtrise professionnelle qui ne cesse de s'améliorer, est une condition fondamentale du succès d'une force aérienne.

LE POINT DE CONFLUENCE ENTRE L'ÉDUCATION SUR LA PUISSANCE AÉRIENNE ET LA MAÎTRISE PROFESSIONNELLE

On admet généralement que la « profession des armes » est une profession comme toutes les autres qui satisfait aux exigences de la définition. Les membres de l'un des trois environnements – l'Armée de terre, la Marine et la Force aérienne – dont l'occupation primordiale dans la vie est le service militaire, constituent le cœur de cette profession. Pour être des professionnels qualifiés, ils sont tenus d'être experts dans le domaine de leur choix. C'est ainsi que les aviateurs, spécialisés dans la puissance aérienne pour assurer la sécurité du pays, ont l'obligation d'être des experts professionnels de la puissance aérienne[10].

La principale fonction d'une force aérienne est de produire, d'employer et de soutenir la puissance aérienne pour atteindre les objectifs politiques fixés par le gouvernement du moment. L'objectif doit toujours être l'emploi de la puissance aérienne dans le contexte de la sécurité nationale. C'est pourquoi la maîtrise professionnelle de la puissance aérienne doit désigner la capacité de recourir à la puissance aérienne de manière optimale afin de renforcer son efficacité à atteindre les objectifs stratégiques nationaux et militaires. Alors que la maîtrise technique est un moyen crucial d'y parvenir, le principal besoin de fonctionner efficacement au niveau stratégique de la sécurité nationale est la capacité d'une force à maîtriser la réflexion conceptuelle – c'est-à-dire à avoir une maîtrise professionnelle collective suffisante[11]. La maîtrise professionnelle englobe la maîtrise technique dans les opérations et la réflexion conceptuelle et la capacité d'appliquer les concepts nécessaires aux niveaux les plus élevés.

L'acquisition de la maîtrise professionnelle oblige à clairement comprendre les éléments fondamentaux de la théorie et de la stratégie militaires et à être en mesure de traduire ces connaissances dans le contexte contemporain de la puissance aérienne. La capacité d'employer des systèmes technologiquement évolués n'est que le point de départ du long périple qui conduit à l'acquisition d'une maîtrise professionnelle de la puissance aérienne.

Il y a à peine quelques décennies, les forces armées cherchaient avant tout à vaincre l'ennemi en employant la force armée. Cela consistait à détruire les infrastructures et les ressources pour faire capituler l'ennemi. Toutefois, les forces armées d'aujourd'hui doivent être en mesure de combattre et de vaincre des forces irrégulières dont le mode opératoire est pratiquement toujours imprévisible et opaque. La nécessité dans ces cas est d'éviter la destruction et en même temps d'assurer la sécurité et de bâtir la stabilité. Dans un conflit, ce sont là des objectifs diamétralement opposés. La première étape du perfectionnement professionnel consiste donc à comprendre les caractéristiques et la conduite de la guerre, notamment de la guerre qui nécessite l'emploi de la force. Il est indispensable de percevoir le conflit tel qu'il est dans la réalité sans que la perception soit faussée par des idées préconçues. Cela signifie que les caractéristiques de la guerre actuelle et des conflits qui surviendront sans doute dans un avenir rapproché devraient avoir une influence directe sur l'éducation militaire pour assurer la maîtrise professionnelle[12].

Une bonne éducation est l'élément essentiel qui permet d'acquérir une maîtrise professionnelle de la puissance aérienne. Le manque d'éducation et de savoir dans les domaines nécessaires empêchera quiconque de dépasser un certain niveau de maîtrise technique dans le recours à la

puissance aérienne. Lorsque cela imprègne toute une force aérienne, il devient parfaitement clair qu'à défaut d'attacher une importance suffisante à l'éducation, la force demeurera en marge de la maîtrise technique et professionnelle. Les répercussions d'un tel état de choses sont catastrophiques – à la fois sur le plan de la sécurité nationale et du bien-être de la force aérienne proprement dite.

CONCLUSION

La profession des armes doit faire face aux incertitudes et au caractère mortel de la guerre. En outre, le prix d'une défaite peut être catastrophique pour la sécurité du pays. C'est pourquoi la maîtrise professionnelle de la puissance aérienne est un processus plus complexe que la maîtrise d'une autre profession. Elle nécessite d'acquérir des connaissances par une étude précise, plus portée vers un mécanisme de « rétraction » que de « poussée ». L'auto-amélioration – inhérente ou imprégnée – est indispensable pour parvenir à un niveau suffisant de maîtrise professionnelle par l'étude, l'éducation et l'apprentissage. Cela s'applique tout particulièrement aux forces aériennes qui valorisent l'excellence opérationnelle reposant presque exclusivement sur la maîtrise technique. Le statut de pilote compétent au niveau opérationnel n'est qu'une première étape vers la maîtrise professionnelle. Toutefois, la réflexion stratégique sur la puissance aérienne et l'acquisition de la maîtrise professionnelle ne veulent pas dire qu'une force aérienne doive commencer ses propres processus et programmes à partir de rien. Il existe déjà un corpus suffisamment important de travaux sur la théorie et l'emploi de la puissance aérienne que l'on peut utiliser comme fondements. Il ne sera donc pas nécessaire de « réinventer la roue ». Cependant, la roue qui existe doit être évaluée sur le plan du diamètre et de son aptitude à remplir le rôle qu'elle est censée remplir, et être modifiée au besoin. L'impératif est qu'une force aérienne doit posséder une intelligence organisationnelle suffisante pour être en mesure d'analyser les théories qui prévalent et de les adapter à ses besoins particuliers.

Superficiellement, cela peut sembler relativement simple à atteindre et à intégrer dans l'ensemble de la force. Toutefois, ces adaptations sont compliquées et les processus à établir sont complexes pour trois grandes raisons. Premièrement, ils nécessitent de connaître et de comprendre un certain nombre de facteurs disparates qui vont des nuances de la sécurité au niveau stratégique le plus élevé à la capacité que la puissance aérienne peut fournir à un moment donné et intégrer dans les opérations effectives. Les distinctions subtiles entre ce qui peut être fait en termes génériques et ce qui doit être fait en termes spécifiques, et ce qui est vraiment possible, sont difficiles à évaluer dans le meilleur des cas. Dans un conflit, cela devient encore plus sujet aux erreurs de jugement. Deuxièmement, les théories et les stratégies contemporaines sur la puissance aérienne ne peuvent en aucun cas être jugées complètes. Ce sont des travaux en cours. Tout comme le caractère et la conduite d'un conflit sont un réseau en constante évolution, le recours à la puissance aérienne doit également conserver le même dynamisme pour être efficace. Troisièmement, le contexte de l'emploi de la puissance aérienne est indissolublement lié aux impératifs de sécurité nationale. Même si les impératifs de sécurité nationale ne changent pas du jour au lendemain, ils subissent constamment des changements évolutifs. Même les changements mineurs dans l'équation de la sécurité nationale se manifestent de manière plus significative au niveau opérationnel de l'emploi de la puissance aérienne ainsi que d'autres éléments de l'armée. Comme on le voit, l'adaptation des théories actuelles à une force aérienne indépendante sera un exercice subtil.

Il existe quelques réalités fondamentales dans lesquelles évoluent les forces aériennes. En premier lieu, elles sont et resteront toujours un élément de la puissance nationale que le

gouvernement doit employer pour assurer la sécurité nationale et défendre les intérêts du pays. En deuxième lieu, elles sont le principal organisme autorisé par le gouvernement à employer une force aérienne meurtrière quand cela est nécessaire à la sécurité et à la sûreté du pays. En troisième lieu, elles sont lourdement tributaires de la technologie sur le plan de l'efficacité. Toutefois, les technologies de pointe sont à forte intensité de ressources pour qui veut les acquérir, les entretenir et les exploiter. C'est pourquoi les forces aériennes ont un lien direct avec le bien-être économique ou autre du pays et elles sont susceptibles de changer en fonction des aléas de l'économie nationale.

Manifestement, le pays s'attend à donner son meilleur en permanence, et il compte pour cela sur une force aérienne, en employant la puissance aérienne qu'il faut chaque fois que cela est nécessaire. Cela n'est réalisable que si la force fait preuve de professionnalisme – c'est-à-dire qu'elle possède une maîtrise professionnelle collective – qui se manifeste par son intelligence organisationnelle [*sic*]. L'acquisition d'une maîtrise professionnelle n'est pas facile, pas plus qu'il ne s'agit d'un effort unique. Cela demeure un processus constant d'éducation, d'apprentissage, d'introspection et de mise en pratique des connaissances dans des mesures égales. La forme et les caractéristiques des conflits de l'avenir sont difficiles, sinon impossibles à prévoir avec la moindre certitude. Cela ne réduit cependant en rien la responsabilité qui incombe à la force aérienne de contribuer directement à la sécurité nationale. Le principal actif qu'une force aérienne possède pour contrecarrer toute menace qui pèse contre le pays est l'intelligence et le savoir de son personnel – individuellement et collectivement. La maîtrise professionnelle de la puissance aérienne n'a jamais revêtu autant d'importance.

M. Sanu Kainikara est le stratège de la puissance aérienne du Air Power Development Centre de la Royal Australian Air Force. Il est également chargé de cours invité à l'Université de Nouvelle-Galles du Sud. Il est l'auteur de huit ouvrages : *Papers on Air Power*, *Pathways to Victory*, *Red Air: Politics in Russian Air Power*, *Australian Security in the Asian Century*, *A Fresh Look at Air Power Doctrine*, *Seven Perennial Challenges to Air Forces*, *The Art of Air Power: Sun Tzu Revisited* and *At the Critical Juncture*. Il a également collaboré à la rédaction du livre *Friends in High Places* (2009). Il a donné des communications dans le cadre d'un certain nombre de conférences internationales et a publié de nombreux articles sur la sécurité nationale, la stratégie et la puissance aérienne dans diverses revues professionnelles internationales. Il a également reçu la mention élogieuse spéciale du Chef de la force aérienne de Royal Australian Air Force.

M. Kainikara est un ancien pilote de bombardier de la Force aérienne indienne qui a pris sa retraite de commandant d'escadre après 21 ans de service. Durant sa carrière dans l'armée, il a piloté pendant près de 4 000 heures un certain nombre de bombardiers modernes et occupé divers postes de commandement et d'état-major. Il est instructeur de vol qualifié et instructeur de combat air. Il est diplômé de la National Defence Academy, du Defence Services Staff College et du College of Air Warfare.

Après sa retraite, il a occupé pendant quatre ans un poste d'analyste principal se spécialisant dans la stratégie de la puissance aérienne pour une équipe d'instruction américaine au Moyen-Orient. Avant le poste qu'il occupe actuellement, il était directeur adjoint des jeux de guerre et de la doctrine au Groupe stratégique du ministère de la Défense. Il a également enseigné le génie aérospatial au Royal Melbourne Institute of Technology University, à Melbourne.

Il est titulaire de deux baccalauréats, d'une maîtrise en défense et études stratégiques de l'Université de Madras et son doctorat en politique internationale lui a été décerné par l'Université d'Adélaïde.

NOTES

1. Chris Clark et Sanu Kainikara, dir., *Pathfinder Collection – Volume 2*, Air Power Development Centre, Canberra, p. 87.

2. Alison Moore (Senior Ed.), *The Macquarie Concise Dictionary,* Revised Third Edition, The Macquarie Library Pty Ltd, NSW [Nouvelle-Galles du Sud], 2005, p. 956.

3. Barrie Hughes, dir., *The Penguin Working Words,* Penguin Books Australia Ltd, Ringwood, Victoria, 1993, p. 421.

4. Charles C. Moskos et Frank R. Wood, dir., *The Military: More than Just a Job,* Pergamon-Brassey's, Londres, 1988, p. 16.

5. James Fallows, *National Defense,* Random House, New York, 1981, p. 171-172.

6. Royal Australian Air Force, Australian Air Publication 1000, *The Air Power Manual, 3rd Edition,* Air Power Studies Centre, Canberra, 1998, p. 51.

7. Murray Simons, *Professional Military Learning: Next Generation PME in the New Zealand Defence Force*, Air Power Development Centre, Canberra, 2005, p. 43.

8. Alison Moore (Senior Ed.), *The Macquarie Concise Dictionary,* Revised Third Edition, The Macquarie Library Pty Ltd, NSW, 2005, p. 587.

9. H. Chesbrough & D. Teece, 'When is Virtual Virtuous? Organizing for Innovation', dans D. Klein, dir., *The Strategic Management of Intellectual Capital*, Butterworth-Heinemann, Woburn, MA, USA, 1998, p. 29-30.

10. Chris Clark, 'Reading for Professional Mastery', *Chief of Air Force's Reading List 2011*, Air Power Development Centre, Canberra, 4 juillet 2011, p. 9.

11. John Andreas Olsen, Mastering War's Two Grammars: The Art and Science of Air Power, exposé donné dans le cadre du symposium du chef d'état-major de la force aérienne, *High End Low End: The Challenges for Air Power*, Melbourne, 28 février 2011.

12. *Ibid.*

LES SECRETS DU BOMARC

RÉEXAMEN D'UN MISSILE CANADIEN MAL COMPRIS

PARTIE 2

PAR SEAN M. MALONEY, PH. D.

Note de la rédaction : La partie 1 de cet article portait sur l'élaboration du programme nucléaire au Canada et a été publiée dans le numéro d'été 2014 de La Revue de l'Aviation royale canadienne*. La partie 2 traite des aspects techniques de l'arme.*

Mise à l'essai de la résistance des armes nucléaires

Même si elles sont extrêmement techniques, les caractéristiques de l'ogive W-40 se sont avérées pertinentes dans le cadre de notre discussion puisqu'elles nous ont donné des indices quant au mécanisme de l'ogive et, par conséquent, à ses capacités éventuelles concernant les questions traitées précédemment. Toutes les installations de lancement du Bomarc[1] aux États-Unis (É.-U.) et au Canada étaient dotées d'un bâtiment d'entretien des ogives distinct et protégé, adjacent aux 28 lanceurs « Coffin[2] ». Ce bâtiment se compose d'une salle solidement renforcée munie de portes et de verre blindés, ainsi que de huit compartiments comprenant chacun une porte de garage. Comme pour toute installation qui gère des armes nucléaires, il existe pour chaque structure des limites liées au personnel et aux explosifs. Ces limites sont clairement indiquées sur les murs des compartiments. Parmi les mentions figurant dans les bâtiments d'entretien des armes du site de missiles Bomarc de North Bay, citons « Ogive (1 chacun) », « Conteneur de lancement (1 chacun) » et « Initiateurs du conteneur de lancement (4 chacun)[3] » [Traduction].

Dans le cas des sites canadiens de missiles Bomarc de North Bay et de La Macaza (Québec), la division du travail entre les équipages de l'Aviation royale du Canada (ARC) ainsi que les détachements de garde du matériel nucléaire et d'entretien de la United States Air Force (USAF) était expliquée sans équivoque. Aucun Canadien ne pouvait entrer dans le complexe ou le bâtiment d'entretien des ogives. Les équipes de chargement des ogives comptaient des Américains et des Canadiens. Les ogives étaient généralement conservées dans la cellule des missiles Bomarc. La porte d'accès aux lanceurs « Coffin » était verrouillée, et les gardiens de l'USAF en détenaient la clé. À l'intérieur se trouvait une « zone jamais seul », assujettie à la règle de deux personnes. Le personnel de l'ARC gérait le chargement et le déchargement de l'ogive W-40 à partir de la cellule, tandis que les gardiens américains prenaient le relais au bâtiment d'entretien. Selon les personnes qui ont pris part au processus, jamais un Canadien n'a vu ce qui était à l'intérieur de l'« emballage. » En effet, à ce jour, pas même une image photographique externe de l'ogive W-40 n'est disponible[4].

Ce que nous savons, c'est que la W-40 avait un dispositif principal reposant avant tout sur la bombe Mark 28, et qu'il s'agissait d'une arme dopée. Une arme dopée injecte un type particulier de gaz au centre de la sphère de la bombe, ce qui augmente ensuite considérablement le rendement de l'arme. Dans le cas de l'ogive W-40, ce gaz était le tritium[5]. Nous savons aussi que, comme l'ensemble des armes nucléaires, la W-40 était munie d'un générateur de neutrons[6]. Dans une application, les neutrons sont utilisés en partie comme initiateur de la réaction nucléaire; par le passé, ils étaient situés au centre du cœur. Cependant, compte tenu des améliorations apportées, l'initiateur a été déplacé du cœur de la conception et a dû être installé à l'extérieur. Une autre application des neutrons englobe un type de mécanisme de destruction, mais nous y reviendrons plus tard.

L'existence du conteneur de lancement est intrigante. Il y a le cœur de plutonium, la lentille explosive et, enfin, le tamper de béryllium recouvrant l'assemblage. Puis, il y a l'alimentation en tritium gazeux et l'initiateur, à l'extérieur du cœur. Le conteneur de lancement n'était-il qu'un simple contenant pour le système de lancement? Peut-être. Comme il en a été question précédemment,

l'assemblage a gagné 100 livres (45,3 kilogrammes [kg]) par rapport aux spécifications de la conception originale. Ce poids supplémentaire a été ajouté en 1956. Cependant, la taille et, plus particulièrement, le poids de l'assemblée laissent croire que le conteneur de lancement englobait également ce que nous appelons maintenant des « produits adaptés ».

Les aspects les plus connus de l'utilisation des armes nucléaires contre le Japon et des essais réalisés dans les années 1950 tendent à renforcer la vision prédominante de ce que font les armes nucléaires ou de la façon dont elles se comportent : nombreuses explosions, chaleur intense, dommages et retombées considérables. Toutefois, à une certaine époque à la fin des années 1940 et au début des années 1950, on s'intéressait à l'exploitation de plusieurs autres types d'énergies libérées par les explosions nucléaires en vue de la canaliser de manière créative.

Prenons par exemple l'ogive W-25 pour le Génie. Selon la vision prédominante des membres du personnel de l'ARC, qui étaient prêts à utiliser l'arme sous la forme du MB-1 Génie depuis leurs intercepteurs CF101B Voodoo, il s'agissait d'une « plus forte explosion »; l'explosif nucléaire augmentait le rayon de l'explosion et, par conséquent, celle-ci s'avérait plus efficace contre sa cible. Les membres du personnel de l'ARC comprenaient certainement qu'il existait d'autres effets radiologiques. Cependant, le mécanisme de destruction de l'ogive W-25 est beaucoup plus complexe qu'une simple explosion produite par un explosif. L'ogive W-25 génère une impulsion instantanée de rayons X qui surchauffe immédiatement l'air entourant le centre de l'explosion et qui étend rapidement cet air sur 1,16 kilomètre (km). Il existe deux types de rayons X : chauds et froids. Les rayons X chauds causent « des ondes de choc générées par la chaleur dans les composantes matérielles et internes de la structure du véhicule, […] la fonte et la volatilisation de la sous-structure, […] le dépôt interne de l'énergie dans les composantes électroniques, produisant ainsi des dommages temporaires ou permanents, […] ou des impulsions électromagnétiques (IEM) internes ». Les rayons X froids sont « absorbés dans une mince couche de surface […]. Une courte impulsion de rayons X peut faire chauffer la surface rapidement, et entraîner la volatilisation et la projeter[7] » [Traduction].

Ces effets étaient mesurables, du moins en 1957 lors du tir JOHN, pendant l'opération PLUMBBOB, et ils ont été intégrés à la séquence d'engagement utilisée par un aéronef d'interception employant un missile Génie contre un bombardier soviétique intrus. De plus, le recours à une ogive W-25 à haute altitude lors du tir YUCCA pendant l'opération HARDTACK laisse entendre que l'arme avait d'autres propriétés utiles pour contrer un missile entrant, ce qui était mesurable et possible en 1958.

Pourtant, les É.-U. ont décidé de ne pas utiliser de W-25 dans le Bomarc, mais plutôt de créer une toute nouvelle ogive pour celui-ci; par conséquent, on créa l'ogive W-40, une arme plus lourde qui avait un rendement vraisemblablement élevé et, ainsi, une plus grande incidence immédiate sur sa cible. Voilà qui est mystérieux. Comparons les données estimées et publiques sur le rendement de la W-25 et de la W-40. La boule de feu visible produite par l'ogive W-25 s'étend sur 1,6 km. Nous savons que le système de fusion du Bomarc a fait exploser l'ogive W-40 à 900 mètres de la cible; lorsque l'on double ce nombre, on obtient un rayon de 1,8 km. Le rendement de la W-25 est de 1,7 à 2 kilotonnes (kt), et celui de la W-40, de 7 à 10 kt[8]. Pourquoi une ogive d'une valeur qui semble équivalente sur le plan de l'engagement, mais plus lourde et plus complexe, reposerait sur une cellule de missile extrêmement avancée qui fait en soi partie d'un réseau de suivi de défense aérienne perfectionné, plutôt que sur une roquette non guidée relativement simple?

Ce n'est peut-être qu'une question d'altitude. Le Bomarc pouvait être dirigé par ses contrôleurs au sol afin d'intercepter des cibles jusqu'à une altitude de 25 km[9], même si la capacité aérodynamique de la cellule, avant l'échec, avait été estimée à 29 km[10]. L'altitude d'exploitation de combat des intercepteurs F89J ou CF101B, avec deux Génie à bord, était d'environ 13,4 km, mais il existait des manœuvres visant à propulser le Génie à plus haute altitude[11].

De plus, il reste l'intrigante question des 100 livres (45,3 kg) supplémentaires. Pourquoi transporter une ogive lourde et volumineuse à une altitude allant jusqu'à 25 km au moyen d'un aéronef sans pilote à statoréacteur alors qu'en théorie, l'ogive W-25, plus légère, quoique d'un rendement inférieur, permettrait une interception à des altitudes plus élevées encore? Voilà qui nous mène à la question de la nature du conteneur de lancement, des matériaux qui le composaient, et de ses effets attendus.

Le conteneur de lancement pourrait n'avoir été qu'un conteneur pour le mécanisme de propulsion au tritium gazeux. Les réservoirs de lancement sont toutefois petits, soit d'une longueur de 4 ou 5 pouces [10,1 ou 12,7 centimètres (cm)][12]. La présence d'un initiateur du conteneur de lancement laisse croire qu'un élément déclenche une réaction, peut-être l'utilisation du conteneur en soi. Dans le cas des armes thermonucléaires, les rayons X produits par le cœur de l'implosion d'une arme à fission ne peuvent s'élargir librement; leur énergie est canalisée dans un contenant qui renferme un carburant thermonucléaire et une mousse de polystyrène spéciale qui comprime l'énergie lorsqu'elle est soumise aux effets de l'appareil principal[13]. Ce contenant est fait de matière – dans le cas présent, probablement de l'uranium-238 – reflétant l'énergie des rayons X de manière symétrique afin qu'elle interagisse avec la mousse de polystyrène; celle-ci interagit à son tour avec le carburant thermonucléaire, qui consiste en un barreau d'uranium ou de plutonium entouré de deutérure de lithium-6. Il s'agit de l'effet « secondaire » au cours d'un processus thermonucléaire[14].

Essentiellement, l'ogive W-40 semble être une arme à fission qui est dopée et dotée d'une composante secondaire qui, d'une certaine façon, amplifie les produits de la détonation principale, qu'il s'agisse de rayons gamma, de rayons X ou de neutrons. Pourtant, son rendement n'est que de 7 à 10 kt. Le rendement des bombes à fusion se mesure habituellement en mégatonnes. En effet, les armes thermonucléaires ordinaires, lorsqu'elles explosent, génèrent des neutrons dans le contexte d'un effet « non adapté » sur une distance allant jusqu'à 800 mètres[15].

Selon toute logique, il n'y avait pas de carburant thermonucléaire dans la composante secondaire de l'ogive W-40. Quels étaient donc les effets de la W-40, et en quoi consistait-elle? Le conteneur de lancement pouvait-il propulser les rayons X, les neutrons ou un autre produit de l'arme à plus de 800 mètres? Le cas échéant, le principal dispositif revêt une importance secondaire dans ce processus, en quelque sorte. L'arme peut causer les mêmes dommages que l'ogive W-25, mais l'ensemble du système entraîne ensuite d'autres effets sur de plus longues distances.

On observe des écarts notables pour la période où l'ogive W-40 a été mise à l'essai. Selon une source, le tir BOLTZMANN consistait en une ogive XW-40 de 295 livres [133,8 kg] mise à l'essai durant l'opération PLUMBBOB en 1957. Le rendement de ce tir effectué depuis une tour était de 12 kt[16], bien qu'un document interne de l'Atomic Energy Commission (AEC) indique qu'il était de 11,5 kt (nombre accompagné d'une variable supprimée[17]). L'analyse des données disponibles démontre que le tir BOLTZMANN était axé sur les effets du rayonnement nucléaire,

les effets sur les structures d'aéronefs, et les effets électromagnétiques sur l'équipement et le matériel de service, en particulier les études sur les boules de feu et les sources neutroniques. Le rapport de la Defense Nuclear Agency des É.-U. ne mentionne pas le type d'ogive, mais seulement le fait que son rendement était de 12 kt. Des observateurs étrangers étaient présents lors du tir BOLTZMANN, mais aucun membre du personnel canadien[18]. Cependant, les équipes canadiennes de surveillance des rayonnements se sont rendues sur le site du tir BOLTZMANN aux fins de formation dans les jours suivants. Les membres ont toutefois été déçus de découvrir que les conseils concernant les fortes « valeurs de contamination du terrain du tir BOLTZMANN étaient grandement exagérées »; l'équipe est donc partie sur un autre site « plus chaud[19] ». On doit en conclure qu'il n'y avait pas assez de rayonnements au sol pour prendre des mesures à partir du dispositif ayant explosé lors du tir BOLTZMANN, même si celui-ci avait eu lieu depuis une tour de 500 pieds [152,4 mètres]. Le tir BOLTZMANN concorde avec la mise à l'essai d'une ogive XW-40.

Un autre essai d'une ogive W-40 a peut-être eu lieu en 1962, en pleine crise des missiles de Cuba[20]. Cet essai, l'opération FISHBOWL, s'inscrivait dans une sous-série de tirs à haute altitude faisant partie de l'opération DOMINIC, et demeure entouré du plus grand secret. Les objectifs initiaux de l'opération FISHBOWL étaient les suivants :

> Obtenir des données sur l'interférence, avec les systèmes de radar et de communication, que produit une explosion nucléaire à haute altitude. Combinées à la théorie, les données disponibles à l'heure actuelle [1961] sont suffisantes pour démontrer que l'interruption des signaux a d'importantes répercussions sur les systèmes de défense essentiels comme le système de pré-alerte contre les engins balistiques (SPEB), le système Nike-Zeus, la pénétration des missiles balistiques intercontinentaux (ICBM) et de nombreux systèmes de communication; inversement, les données démontrent que l'interruption des signaux peut constituer une tactique offensive efficace pour ce qui est des ICBM[21] [Traduction].

Plus précisément, l'un des essais comportait des examens du comportement des rayons X et des neutrons, où une arme déclenchée devait générer des « débris » à partir du point d'explosion sur une distance de 1 ou 2 km. Les planificateurs de l'activité s'attendaient à ce que des « rayonnements ionisants » d'une largeur de 2 à 4 km se forment à une altitude de 60 à 70 km[22]. En effet, on estimait que la détonation d'une arme dont le rendement s'élevait à 1 kt interférait avec l'environnement de 2 à 4 km plus loin à cette altitude. Voici l'hypothèse qui avait été formulée : « Ces effets produisent des couches ionisées intenses et persistantes dans la haute atmosphère, à la fois dans la zone de l'explosion et au point conjugué magnétique, ce qui cause une interruption des signaux radio et radar sur des zones étendues[23] » [Traduction].

Plusieurs des tirs prévus nécessitaient l'explosion de dispositifs d'un rendement de 2 kt et de 10 kt. L'un des essais consistait à « déterminer les effets des rayons X sur les corps de rentrée (RV) et les systèmes spatiaux ». Deux autres armes dont le rendement n'est pas précisé devaient permettre d'étudier les « effets de l'énergie dirigée[24] » [Traduction].

La détérioration des relations entre les superpuissances, résultat de la crise des missiles de Cuba, signifiait que la plus importante série-cadre d'essais, l'opération DOMINIC, s'était vu attribuer de nouveaux objectifs, dont l'« évaluation des mécanismes de destruction des missiles engendrés par ces événements[25] » [Traduction]. De façon plus critique, si nous traitons de la mise à l'essai d'une ogive W-40 :

> L'ajout des essais concernant les effets du faible rendement à haute altitude était nécessaire afin de permettre, dans les limites établies, l'évaluation de l'utilité de ces explosions en tant qu'aides à la pénétration, soit à titre de précurseurs pour rendre possible la pénétration de défenses sous forme de missiles antimissile balistique (ABM) à l'aide d'un ICBM [4 lignes supprimées]. En plus de l'étude des possibles explosions à faible rendement en soi, la comparaison des observations relatives à ces tirs avec des activités à rendement supérieur permettra de mieux comprendre les variations des effets à haute altitude produisant un rendement[26] [Traduction].

Beaucoup de renseignements ont été supprimés. Cependant, des 35 tirs que comprenait la série d'essais réalisés d'avril à novembre 1962, les 5 tirs de la sous-série de l'opération FISHBOWL se distinguent. Les tirs STARFISH, BLUEGILL et KINGFISH étaient tous des tirs à rendement élevé effectués à l'aide d'armes dopées volumineuses à fission et à fusion dont le rendement se mesure en mégatonnes. Deux autres tirs présentent pour nous un intérêt, soit les tirs TIGHTROPE et CHECKMATE; tous deux ont été réalisés au cœur de la crise des missiles de Cuba, en octobre et en novembre 1962[27]. Toutefois, aucun observateur canadien n'était présent.

On croit que le tir TIGHTROPE visait à mettre à l'essai une ogive W-31 à bord d'un missile Nike-Zeus, mais le tir CHECKMATE fait l'objet de débats. Plusieurs sources laissent entendre qu'il consistait en l'essai d'une ogive XW-50I[28]. Voilà qui est possible, bien qu'il soit difficile d'obtenir des renseignements sur cette ogive, notamment son objectif prévu. Pourtant, une autre source indique que le tir CHECKMATE était « conçu pour qu'un missile Thor transporte un dispositif de 125 kt à une altitude de 483 000 pieds [147 218 mètres] […] en utilisant une ogive LASL XW-50X1 lancée par […] une roquette XM-33 Strypi[29] » [Traduction]. Selon un autre compte rendu, le tir CHECKMATE a parcouru 147,3 milles [237 km], et son rendement fut inférieur à 20 kt[30].

Cependant, le fait que le tir CHECKMATE n'a pas été réalisé au moyen d'un propulseur Nike, mais plutôt d'une roquette XM-33 Strypi, suggère que ce tir ne faisait pas partie du régime d'essais du missile Nike-Zeus[31]. L'examen des photographies du véhicule XM-33 avant le lancement révèle que la coiffe et le boîtier du véhicule étaient étonnamment semblables à la coiffe du Bomarc sur les plans des dimensions et de la forme; qui plus est, le véhicule utilisait une paire de propulseurs Recruit qui remplaçait presque la paire de statoréacteurs Marqardt faisant partie de la cellule du Bomarc. En fait, le véhicule XM-33 ressemble étrangement à un missile Bomarc fixé à sa table de lancement[32].

Une source indique que le rendement du tir CHECKMATE était de « moins de 10 kt », ce qui cadre avec l'ogive W-40[33]; toutefois, il faut dire qu'une version de l'ogive W-31 produisait un rendement de 2 kt. Par ailleurs, une autre source affirme que l'arme utilisée pour effectuer le tir CHECKMATE a produit un rendement de 60 kt. Parmi les autres arguments en faveur de la mise à l'essai de l'ogive W-40, mentionnons le fait que celle-ci n'avait pas encore fait l'objet d'un essai probatoire en tant que système, à savoir au moyen d'un lanceur, en raison du moratoire de 1959 concernant les essais et parce que d'autres armes déployées, comme un engin anti-sous-marin et le Nike-Zeus, ont fait l'objet d'un tel essai avec leurs porte-avions pendant l'opération DOMINIC. Le tir CHECKMATE est survenu « des dizaines de kilomètres » au-dessus de la zone cible, ce qui serait également conforme à l'utilisation de l'ogive W-40 dans un missile Bomarc à 25 km, et grandement inférieur aux 91,3 milles [147 km] évoqués[34]. Par contre, on pourrait soutenir que l'ogive XW-50X1, vraisemblablement expérimentale, faisait peut-être l'objet d'un essai visant à en déterminer la compatibilité avec les dimensions de la cellule

du Bomarc. Le cas échéant, cela laisse entendre qu'une telle ogive, si elle produit un rendement de 60 kt, pourrait avoir remplacé l'ogive W-40, d'un rendement de 7 à 10 kt, dans le Bomarc[35].

Les seuls autres tirs de la série de l'opération DOMINIC qui auraient pu constituer une mise à l'essai de l'ogive W-40 semblent être les tirs TANANA et PETIT. Le rendement du tir TANANA fut de 2,8 kt à 2,75 km, alors que le tir PETIT a produit un rendement de 3 kt à 14 995 pieds [4 570 mètres], et qu'il représentait « une conception avancée et novatrice » fondée sur « [texte supprimé] hautement expérimental » [Traduction] englobant la pénétration des défenses aériennes[36].

Les résultats de l'opération DOMINIC laissent entendre ce qui suit :

> Rayon de destruction des ogives – Le rayon de destruction des ogives du missile antimissile balistique intercontinental ne dépasse pas une altitude de 80 à 90 km (et peut-être beaucoup moins élevée). Il semble que l'explosion du missile antimissile balistique intercontinental à cette altitude et à un faible angle d'inclinaison n'affecterait pas sérieusement le rendement des radars d'acquisition et de poursuite à ultra-haute fréquence et à une fréquence supérieure[37].

En outre :

> De précieuses données ont été obtenues concernant les effets de la détonation nucléaire dans une éventuelle situation tactique liée au missile Nike-Zeus. L'utilisation d'une détonation nucléaire en tant qu'aide à la pénétration des missiles entrants, perturbant les radars missiles antimissile ennemis, a été étudiée par le tir STARFISH [ligne supprimée]. On souhaitait déterminer les effets d'une détonation nucléaire sur les RV entrants, effets causés par les rayons X, les flux de neutrons, le rayonnement thermique, les explosions et les chocs, ainsi que déterminer la vulnérabilité de nos ICBM[38] [Traduction].

Plus important encore, l'opération Fishbowl, comparant les différents types d'armes pendant les essais, a démontré un phénomène fascinant. Selon un analyste, les armes à fission à faible rendement ont produit des effets généraux « adaptés » plus importants sur le plan de l'énergie gamma que les armes thermonucléaires dont le rendement se mesure en mégatonnes[39]. Il ne fallait pas nécessairement une arme thermonucléaire pour perturber les ICBM entrants.

Ogive W-40 : le choix du mécanisme de destruction?

Au début des années 2000, le DOE a créé un manuel de déclassification dans lequel sont mises à jour les listes des sujets qui peuvent et ne peuvent pas être abordés lorsqu'il est question de la conception et des effets des armes nucléaires. Voici ce qu'indique l'édition 2001 du manuel :

> L'existence d'armes produisant des résultats adaptés, comme des rayons X, des neutrons ou des rayons gamma accrus; le fait que nous renforçons nos armes afin d'en améliorer les résultats, et que les matières à teneurs élevées en Z sont utilisées pour renforcer les armes nucléaires en vue de contrer les rayons X à haute énergie[40] [Traduction].

Sans faire directement référence à l'ogive W-40, le manuel indique ceci : « La taille et la forme de certaines armes thermonucléaires : tout renseignement révélant l'existence d'armes thermonucléaires d'un diamètre inférieur à 24 pouces [60,9 cm] ou d'un poids inférieur à 2 000 livres [907 kg] est classifié » [Traduction]. Plus tard, ces données ont été modifiées, passant respectivement à 18 pouces [45,7 cm] et à 690 livres [313 kg][41]. Nous sommes en

présence d'une énigme : l'ogive W-40 correspond à ces critères dimensionnels, et nous n'avons pas accès aux images ni même aux croquis parce que ces documents sont classifiés; or, cela signifie-t-il que la W-40 est une arme thermonucléaire? Nous avons établi que l'ogive W-40 est une arme à fission qui est dopée au tritium et dotée d'une composante suspecte ressemblant à un dispositif secondaire quelconque. Nous devons également vérifier, par rapport à ce que nous avons déjà établi, plusieurs types de mécanismes de destruction connus donnant lieu à des produits adaptés. Est-il possible d'établir un lien entre l'un de ces mécanismes et l'ogive W-40 ainsi que le missile Bomarc?

Un document de l'ARC de 1961 traitant du moratoire de 1958 renferme l'allusion suivante : « Les É.-U. ont apparemment élaboré un nouveau concept d'arme qui doit faire ses preuves. On a fait connaître ce concept en tant que "bombe à neutrons", et il s'agit vraisemblablement d'une arme "propre". Cela pourrait révolutionner les armes nucléaires et [texte supprimé][42] » [Traduction]. D'autres analyses ont aussi été grandement expurgées : « La poursuite de la situation s'avère dangereuse du point de vue de la sécurité de l'Occident [texte supprimé] d'une nature permettant de réduire au minimum les risques de retombées radioactives afin d'améliorer ses propres armes […][43] » [Traduction]. Mentionnons également ce qui suit : « Développement d'ABM – L'équilibre du pouvoir penchera résolument en faveur du premier pays à acquérir cette capacité. Les essais nucléaires sont nécessaires afin de mieux comprendre le processus de "destruction" d'une ogive nucléaire ennemie et de créer une nouvelle ogive de défense anti-engins[44] » [Traduction].

L'ogive W-40 était-elle donc l'une des premières « bombes à neutrons »? Nous connaissons bien la controverse qui, pendant les années 1970 et 1980, entourait les ogives à rayonnement renforcé jouant un rôle terrestre, dans le cadre de l'Organisation du Traité de l'Atlantique Nord. Durant les années 1950, une controverse semblable fut soulevée par ce que l'on appelait les armes thermonucléaires « propres ». De par sa conception, une bombe propre, comparativement à une bombe « sale » (qui, dans le cas présent, ne désigne pas une arme radiologique au sens actuel), visait à réduire les retombées tout en conservant les autres effets d'une détonation nucléaire. Les essais réalisés lors des opérations PLUMBBOB et HARDTACK, respectivement en 1957 et en 1958, comportaient des éléments axés sur les conceptions propres, ce qui coïncidait donc avec l'élaboration de l'ogive W-40.

La bombe propre était une ogive à faible fission. Le barreau de plutonium du dispositif secondaire a été remplacé par un autre métal, ce qui a réduit considérablement, sans toutefois les éliminer, les produits de fission issus de la réaction fusion-fission[45]. Les armes propres étaient plus lourdes et renfermaient une plus grande quantité de matière nucléaire[46]. Les essais de 1957 et de 1958 indiquaient ceci : « Les effets biologiques résultant de l'exposition aux neutrons dont l'énergie est de 15 méga-électron-volts et qui sont formés en grand nombre par fusion revêtent une importance capitale. Avec l'utilisation d'armes « propres », les aspects biologiques du rayonnement émanant du processus de fusion deviennent primordiaux[47] » [Traduction]. Plus tard, un type d'armes donnant un « résultat neutronique amélioré et propre » a été officiellement reconnu par l'AEC, principalement aux fins d'utilisation dans les « ogives de défense antimissile[48] ».

Quelle aurait été l'application d'une telle arme dans un rôle de défense anti-aérienne, outre l'irradiation des membres de l'équipage d'un bombardier afin qu'ils meurent quelques heures ou quelques jours après le largage des bombes? Le « flux de neutrons » provenant du processus de fusion est un phénomène qui a été observé lors des essais réalisés durant l'opération FISHBOWL. Un pilote de F102 à la retraite indique ceci :

> Le missile Falcon, ou GAR-11/AIM-26, était principalement une arme de destruction. Les bombardiers, le cas échéant, subissaient des dommages collatéraux. L'arme était dotée d'une fusée de proximité afin que la détonation se produise suffisamment près pour qu'un flux intense de neutrons engendre une réaction nucléaire instantanée (NON intégrale) dans les trous pour arme des ennemis; ainsi, le fonctionnement prévu devenait impossible. Nos stratèges ont présumé que les armes ennemies, comme nos propres armes, étaient mises à feu pour piéger – autrement dit, une fois en territoire ennemi, les armes étaient équipées de façon à fonctionner en cas d'accident et, ainsi, à empêcher quiconque de s'emparer du matériel essentiel. À l'époque, les responsables des armes présumaient également que plus une bombe était grosse, mieux c'était; abattre un bombardier seulement pour qu'une bombe de 20 mégatonnes explose au niveau du sol n'était donc pas vraiment avantageux pour nous. Les retombées, peu importe où, seraient désastreuses. Voilà pourquoi il était question d'un flux de neutrons. […] Nos premières « bombes à neutrons » furent les missiles GAR-11 et MB-1 Génie[49] [Traduction].

Le GAR-11 était doté d'une ogive W-54 conçue en 1958 et déployée en 1961 sur des intercepteurs américains. L'ogive W-54 était donc contemporaine de l'ogive W-40, mais son rendement, d'environ 1 kt, était grandement inférieur. Cela donne à penser que, lorsque l'on compare les effets, l'ogive W-25 du MB-1 Génie semble avoir généré des rayons X et des neutrons, même si ce dernier effet était involontaire et complémentaire. Le missile Nike-Zeus, en revanche, était optimisé pour la production de rayons X[50]. Plus tard durant les années 1960, les ABM américains produisaient les deux types d'effets : le missile Spartan générait des rayons X, et le missile Sprint, des neutrons[51]. De façon générale, les rayons X étaient optimaux en tant que mécanisme de destruction à l'extérieur de l'atmosphère, tandis que les neutrons étaient optimaux à l'intérieur de l'atmosphère. Le Bomarc était un missile aérobie conçu pour une utilisation atmosphérique. Par conséquent, il était fort probablement doté d'une ogive W-40 optimisée de façon à générer une explosion de neutrons sur plusieurs kilomètres peut-être, soit bien au-delà du rayon d'explosion de 3 000 pieds [914,4 mètres] de cette ogive d'un rendement de 7 kt.

Ces neutrons avaient des propriétés très efficaces contre les systèmes non blindés, mais surtout contre les bombes nucléaires, qu'elles se trouvent dans la soute à bombes d'un bombardier ou dans le RV d'un ICBM. Les rayons X et les neutrons pouvaient générer diverses formes des effets des radiations transitoires sur les circuits électroniques ainsi que des IEM à l'intérieur des systèmes du véhicule visé, et griller ceux-ci afin de les rendre inutiles. Cependant, les neutrons pouvaient s'associer aux composantes nucléaires de la bombe cible elle-même et entraîner une condition appelée « pré-détonation » afin de générer un « pétillement » ou, sinon, de gêner le fonctionnement de la bombe à un certain niveau nucléaire. Selon les renseignements disponibles, le mécanisme de destruction de l'ogive W-40 reposait sur la production de neutrons plutôt que de rayons X, et englobait les rayons X.

En ce qui concerne le Canada, la perspective que les Américains fassent exploser des missiles Bomarc chargés d'ogives W-40 sur le territoire canadien pendant un engagement était inquiétante. Voilà l'une des raisons pour lesquelles les sites de La Macaza et de North Bay étaient situés à leur emplacement, soit au nord du triangle de Niagara. Il était préférable d'avoir à bord une ogive propre plutôt qu'une ogive standard, puisque l'explosion de l'arme entraînerait ainsi moins de produits fissiles au-dessus du territoire canadien et sur celui-ci. Par conséquent, la conception de l'ogive W-40 comportait peut-être un aspect environnemental et un aspect social.

Système ABM du Bomarc : un système de circonstance?

L'ogive W-40 génératrice de neutrons placée dans la cellule du Bomarc pourrait-elle avoir été utilisée pour composer avec les RV entrants des ICBM dans les années 1960? Pour ce faire, plusieurs capacités auraient été nécessaires. Le premier élément est le moyen utilisé pour détecter une trajectoire balistique dirigée contre l'Amérique du Nord. Le SPEB était en place en 1959, et il présentait des difficultés de mise au point. Fait important, il transmettait toutefois des données sur la trajectoire balistique au quartier général du Commandement de la défense aérospatiale de l'Amérique du Nord (NORAD), afin que l'état-major de combat puisse rapidement prévoir les zones où les ogives ennemies étaient susceptibles d'atterrir. En effet, dès 1959, la MITRE Corporation transmettait des données à l'ARC concernant les routes d'approche balistique probables menant au Canada. L'ARC, puisque les systèmes Nike-Zeus étaient en cours d'élaboration, utilisait les renseignements fournis par la MITRE, particulièrement en ce qui concerne la couverture radar liée à l'interception des ICBM[52]. Le SPEB était appuyé par le projet Shepherd, qui avait recours au système de surveillance de l'espace de la US Navy pour garder un œil sur l'espace aérien de l'Amérique du Nord[53].

De plus, le système devait pouvoir effectuer le suivi des objets une fois ceux-ci repérés par les systèmes de détection. Voilà où l'hypothèse selon laquelle le Bomarc avait peut-être les propriétés d'un ABM devient problématique. On ne sait pas si les radars du système semi-automatique d'infrastructure électronique (SAGE) de toute l'Amérique du Nord auraient eu la capacité ou le pouvoir d'observer des objets qui réintègrent l'atmosphère à grande vitesse. En l'absence d'une telle capacité, la seule méthode pour mener à bien un engagement aurait été de prévoir les zones où les RV étaient susceptibles d'arriver, puis de prévoir un barrage de missiles Bomarc afin de générer une certaine forme d'énergie perturbatrice lors de l'arrivée des ogives. On ne sait pas si les états-majors de combat régionaux du NORAD avaient été formés pour assumer un tel engagement et s'il existait une doctrine à cet égard; ces deux questions semblent constituer des points faibles majeurs de l'hypothèse selon laquelle le Bomarc possédait une certaine forme de capacité d'engagement intentionnelle liée aux ICBM. Cela dit, les travaux de l'ARC sur des projets de défense anti-engins indiquent que l'on déployait d'importants efforts pour établir des liens entre l'alerte lointaine et les prévisions ainsi que l'engagement, peu importe à quel point cela aurait été théorique entre 1959 et 1962[54]. Il est également évident que divers systèmes de surveillance et de détection des ICBM permettaient déjà d'informer le quartier général du NORAD en 1961, comme en témoignent des séances d'information détaillées dirigées par le maréchal de l'Air Roy Slemon, commandant en chef adjoint du NORAD[55].

L'ARC surveillait de près le projet américain de système d'alerte de la défense antimissile, qui visait à utiliser les satellites pour détecter le lancement d'un missile balistique, ce qui illustre à quel point le quartier général de l'ARC était avant-gardiste en 1959 sur le plan des systèmes ABM. Au projet susmentionné s'ajoutait le projet de défense active de la patrouille de l'espace, proposition du constructeur aéronautique Convair qui consistait « à placer un nombre suffisant de satellites en orbite pour détecter tout lancement d'ICBM, et à lancer l'un des cinquante missiles pour chaque satellite afin de détruire les ICBM avant la fin de la combustion[56] » [Traduction].

Le Canada a participé à plusieurs projets de détection des ICBM, dès 1958 au moins. Après Spoutnik, l'Établissement de recherches et de perfectionnement de l'armement (ERPA) avait mis sur pied « cinq stations d'observation infrarouge situées partout au pays pour l'observation des passages de satellites » [Traduction], à la fin de 1958[57].

Mentionnons également le projet LOOKOUT, un « programme mis en œuvre par l'ARC et le Conseil de recherches pour la défense (CRD) en vue de mesurer les caractéristiques du rayonnement infrarouge des missiles balistiques[58] » [Traduction]. Lors des essais, les chasseurs CF100 de l'ARC ont été modifiés à l'aide de fuseaux de bouts d'ailes pouvant détecter et enregistrer « les rayonnements ultraviolets, visibles et infrarouges générés par les coiffes [de missile] » [Traduction] lorsqu'elles réintègrent l'atmosphère. Ces essais ont eu lieu à l'île de l'Ascension, et des données ont été consignées au sujet de missiles américains lancés depuis la Floride[59]. Citons aussi le projet BLIND TWINKLER, qui a été « entrepris pour établir la faisabilité de la détection des missiles balistiques au moyen de la lumière du soleil réfléchie » [Traduction]. Dans le cadre de ce projet, les CF100 qui partaient de Thulé, au Groenland, et de Churchill, au Manitoba, utilisaient l'équipement de détection infrarouge pour « déterminer l'ampleur des signaux de fond en fonction desquels les ICBM seraient détectés[60] » [Traduction]. Un autre aspect du projet BLIND TWINKLER consistait à « mesurer les arrière-plans de lumière du soleil dispersés dans le ciel de l'Arctique en vue de déterminer s'il était possible de détecter les ICBM à mi-parcours à l'aide de la lumière du soleil réfléchie » [Traduction]. Les projets LOOKOUT et BLIND TWINKLER ont tous deux été considérés comme une réussite par le CRD[61]. En 1962, l'ERPA a participé au projet DEFENDER avec son homologue américain, l'Advanced Research Projects Agency. Les composantes canadiennes du projet DEFENDER englobaient la physique de rentrée et les mécanismes de destruction[62].

Il ne faut pas oublier l'existence du Prince Albert Research Laboratory (PARL), en Saskatchewan. Le PARL participait activement à la recherche sur le SPEB et semble avoir travaillé, à compter du début des années 1960, à l'atténuation des effets de l'« interruption des communications » à haute altitude sur le SPEB et d'autres systèmes de détection[63]. Créé en 1959, le PARL a été décrit au président Eisenhower comme une « nouvelle installation pouvant être utilisée pour les enquêtes concernant les facteurs influant sur la détection radar des aéronefs et des missiles qui entrent dans la zone aurorale[64] » [Traduction]. Le Canada possédait une variété de moyens et de compétences pour détecter les ICBM entrants.

En ce qui concerne la destruction de cibles de terminal, la constitution du missile Bomarc présente certaines possibilités positives. Le concept de l'utilisation du Bomarc contre les aéronefs exige que l'ordinateur du SAGE dirige le missile vers une boîte tridimensionnelle dans l'espace aérien. Une fois le missile arrivé, son radar détecteur de cible est activé, et il commence à « chercher ». Lorsque la situation a été définie, le missile se rend à un point d'interception où un autre système détermine la distance à parcourir pour atteindre la cible, puis il explose lorsque celle-ci est à portée de tir. Que ce soit en perturbant l'environnement ou en nuisant à la constitution nucléaire interne de la cible, la taille et la capacité de l'ogive W-40 rendent cette dernière apte à détruire ou à perturber un RV entrant. Cela dépend toutefois de la sensibilité d'un détecteur de cible conçu pour engager le combat contre un avion supersonique; un RV se déplacerait beaucoup plus rapidement. Tout de même, les RV soviétiques de l'époque (les missiles R-36, UR-100 et RT-2P) auraient été pourvus de grandes sections efficaces radars, auraient probablement manqué d'aides à la pénétration durant les années 1960, et n'auraient peut-être pas été protégés contre les neutrons et les rayons X.

Qu'en est-il de la zone d'engagement potentielle du Bomarc? Les sites de missiles Bomarc du nord étaient situés à Duluth, à Kincheloe, à North Bay, à La Macaza, à Niagara Falls et à Dow, et ceux du sud, à Long Island, au New Jersey, à Langley et à Eglin. La distance oblique du Bomarc B était de 778 km tout au plus, alors que l'altitude d'interception était de 25 à 29 km. Les cibles

potentielles protégées par le Bomarc dans le cadre de son rôle antibombardement auraient été les mêmes que pour tout autre rôle : bases des bombardiers du Strategic Air Command, installations de commandement et entrepôts nucléaires de K. I. Sawyer, de Kincheloe, de Wurtsmith, de Romulus, de Griffiss, de Westover, de Dow et de Loring, et centres de commandement du NORAD et installations du SAGE de Duluth, de Sawyer, de North Bay et de Syracuse. Le corridor Hamilton-Toronto-Ottawa-Montréal et ses régions habitées étaient également inclus.

Le principal problème concernant le Bomarc et le SAGE dans le cadre du rôle de défense aérienne est le même que celui auquel faisait face le programme de protection ABM à la fin des années 1960 et dans les années 1970. Quels étaient les effets à court terme ou à long terme d'un grand nombre d'explosions nucléaires dans la haute atmosphère? À quel moment des systèmes d'armes, des systèmes de communication et des installations en particulier étaient-ils protégés contre ces effets? Le centre de commandement du NORAD à North Bay était protégé dès 1963, mais qu'en était-il des autres installations et systèmes? Le débat sur les effets des IEM se poursuit encore à ce jour, et on déploie toujours des efforts pour protéger les renseignements recueillis lors d'essais nucléaires dans les années 1950 et 1960.

Nous pouvons affirmer que bon nombre des pièces d'un système ABM semblent avoir été mises en place au Canada, mais rien ne les relie du point de vue de l'organisation, de la politique, ou même de la doctrine. En l'absence d'autres données justificatives, on ne peut qu'en arriver à la conclusion provisoire que les propriétés ABM du Bomarc pouvaient être exploitées à l'époque, mais probablement pas par les Canadiens. En effet, on a peut-être pensé dans certains quartiers qu'il s'agissait là d'un dernier recours ou d'un système à capacité de circonstance que l'on possédait depuis longtemps plutôt que d'une forme de système ABM spécialisé. Toutefois, étant donné l'annulation du Nike Zeus et les politiques anti-ABM du gouvernement Eisenhower, c'est peut-être là le seul système qui était doté d'une certaine forme de capacité rudimentaire à cet égard.

Comme pour une forme de capacité accrue de la cellule du Bomarc, par exemple l'ajout d'une ogive plus volumineuse, il existe des documents qui laissent entendre que cette voie était envisagée. Après la série d'essais effectués lors de l'opération PLUMBBOB en 1957, et durant la série d'essais réalisés lors de l'opération HARDTACK en 1958, le département de la Défense a commandé une étude de faisabilité relativement à une « ogive dont le rendement se mesure en mégatonnes à l'intention du missile surface-surface des forces aériennes, le Bomarc[65] » [Traduction]. On ne sait pas à quoi a mené cette étude de faisabilité, mais il aurait été possible de modifier l'ogive W-40 de façon à accroître son rendement pour qu'il se mesure en mégatonnes. On aurait pu y parvenir en remplaçant des éléments du deuxième étage. La seule difficulté aurait été la mise à l'essai en vue de s'assurer de la réussite de la modification. Le tir CHECKMATE de 1962 s'avère peut-être l'unique indice à ce sujet.

Dans les années 1960, on craignait également que les missiles de défense aérienne soviétiques ne soient faciles à modifier pour des fonctions ABM. En effet, les premiers essais ABM soviétiques avaient été effectués au moyen de systèmes de défense aérienne modifiés. Le principal exemple de dispositif déployé est le missile SA-5 Gammon, qui pouvait propulser à une altitude de 40 km une ogive nucléaire d'un rendement de 25 kt[66].

De plus, le fait que le Bomarc fut retiré en avril 1972 et que le Traité ABM fut signé en mai 1972 ne peut pas être une coïncidence. Le libellé du Traité ABM est pertinent :

> Le Traité autorise chaque partie à disposer d'un système ABM limité pour protéger son capital, et d'un autre pour protéger une aire de lancement d'ICBM. Les deux sites défendus doivent se trouver au minimum à 1 300 kilomètres l'un de l'autre, afin d'empêcher la création d'une zone de défense régionale efficace ou le début d'un système dans l'ensemble du pays […].
>
> On s'est inquiété de la possibilité que les missiles surface-air (MSA) conçus pour la défense contre les aéronefs, ainsi que les radars à l'appui de ces missiles, soient améliorés de façon à ce qu'ils puissent être utilisés efficacement contre les ICBM et les missiles balistiques lancés à partir d'un sous-marin, ce que le Traité interdit. Même si le déploiement de radars visant à donner une pré-alerte contre une attaque au missile balistique stratégique n'est pas interdit, de tels radars doivent être situés le long des frontières territoriales de chaque pays et orientés vers l'extérieur, afin de ne pas contribuer à la réussite de la défense ABM de points à l'intérieur[67] [Traduction].

Peut-être certains appréciaient-ils les propriétés du Bomarc et s'en préoccupaient-ils.

Sean Maloney est historien et professeur agrégé d'histoire au Collège militaire royal du Canada. Il est l'auteur de *Learning to Love the Bomb: Canada's Nuclear Weapons and the Cold War.*

Abréviations

ABM	missile antimissile balistique
AEC	Atomic Energy Commission
AI	accès à l'information
ARC	Aviation royale canadienne
BAC	Bibliothèque et Archives Canada
CDA	commandement de la défense aérienne
cm	centimètre
CRD	Conseil de recherches pour la défense
DHP	Direction – Histoire et patrimoine
DOE	Department of Energy
É.-U.	États-Unis
ERPA	Établissement de recherches et de perfectionnement de l'armement
FOIA	Freedom of Information Act
ICBM	missile balistique intercontinental
IEM	impulsion électromagnétique
kg	kilogramme
km	kilomètre
Kt	kilotonne
MSA	missile surface-air
NORAD	Commandement de la défense aérospatiale de l'Amérique du Nord
PARL	Prince Albert Research Laboratory
RG	groupe d'archives
RV	corps de rentrée

SAGE semi-automatique d'infrastructure électronique
SPASUR surveillance de l'espace
SPEB système de pré-alerte contre les engins balistiques
USAF United States Air Force

Notes

1. Le terme « Bomarc » provient de « Boeing Michigan Aeronautical Research Center ».

2. Les paniers lance-missiles utilisés pour le Bomarc ressemblaient à des cercueils, d'où ce surnom.

3. Observations de l'auteur sur les lieux de l'installation de lancement des missiles Bomarc de North Bay, à l'abandon.

4. Au cours des recherches menées en vue de la rédaction de *Learning to Love the Bomb,* j'ai discuté avec plusieurs anciens membres du personnel de l'ARC ayant participé à des opérations où le Bomarc était utilisé. J'ai puisé ces renseignements de ces discussions.

5. Chuck Hansen, *US Nuclear Weapons: The Secret History*, New York, Orion Books, 1987, p. 220.

6. « ADC [Air Defense Command] Historical Study No. 21, BOMARC and Nuclear Armament 1951-1963 », *Freedom of Information Act* (*FOIA*).

7. Defense Nuclear Agency, « Defense Nuclear Agency Effects Manual Number 1: Capabilities of Nuclear Weapons 1 July 1972 », *FOIA*, p. 9-67.

8. Voir « ADC Historical Study No. 21, BOMARC and Nuclear Armament 1951-1963 »; « ADC Historical Study No. 20, Nuclear Armament: Its Acquisition, Control and Application to Manned Interceptors 1951-1963 », en ce qui concerne les rayons; et Hansen, *US Nuclear Weapons*, en ce qui concerne le rendement des armes.

9. « BOMARC and Nuclear Armament ».

10. Direction – Histoire et patrimoine (DHP), « AVM M.M. Hendrick Daily Diary », le 9 juillet 1958.

11. Keven Keaveney, *McDonnell F-101B/F*, Arlington Aerofax, 1984, p. 9.

12. Voir Charles R. Loeber, *Building the Bombs: A History of the Nuclear Weapons Complex*, 2e éd., Albuquerque, Sandia Laboratories, 2005, p. 97.

13. Voir Howard Morland, *The Secret That Exploded*, New York, Random House, 1981, p. 271.

14. *Ibid.*, p. 278.

15. *Ibid.*, p. 90.

16. Robert Norris et Thomas Cochran, « United States Nuclear Tests July 1945 to 31 Dec 1992 », dans l'étude NWD 94-1 du Natural Resources Defense Council, 1er février 1994.

17. Department of Energy (DOE), liste expurgée concernant le rendement de l'opération PLUMBBOB, probablement extraite d'un rapport trimestriel du Joint Committee on Atomic Energy (annexe sur les armes), *FOIA*, aucune date.

18. Defense Nuclear Agency, United States Atmospheric Nuclear Weapons Tests, « PLUMBBOB Series 1957 », *Nuclear Test Personnel Review*. Il est à noter que les expériences réalisées lors du tir BOLTZMANN en ce qui concerne les neutrons ont été supprimées du rapport de la Defense Nuclear Agency.

19. « Report of Working Party PLUMBBOB II 10 Jul–17 Jul 57 », Bibliothèque et Archives Canada [BAC], groupe d'archives (RG) 24, vol. 21444, dossier 1894-2.

20. Hansen, *US Nuclear Weapons*, p. 195.

21. Headquarters, Air Force Special Weapons Center, Air Force Systems Command, « Preliminary Plan for Operation FISHBOWL, November 1961 », *FOIA*, Kirtland Air Force Base, Nouveau-Mexique.

22. *Ibid.*

23. *Ibid.*

24. Defense Atomic Support Agency (DASA), « Program Change Proposal for DASA », *FOIA*, 15 mai 1962. Note de service pour le Secrétaire de la défense.

25. « Enclosure L to the Report by Commander Joint Task Force Eight on the 1962 Pacific Nuclear Tests (Operation DOMINIC) Scientific Summary », *FOIA*.

26. *Ibid.*

27. Defense Nuclear Agency, « United States Atmospheric Nuclear Weapons Tests, Nuclear Test Personnel Review : Operation DOMINIC 1 1962 ».

28. William Robert Johnston, *High Altitude Nuclear Explosions*, Nuclear Weapons Archive, http://nuclearweaponarchive.org/Usa/Tests/Dominic.html (consulté le 23 juin 2014): l'auteur laisse entendre qu'une arme a explosé à une distance de 91 milles [146 km], produisant un rendement de 60 kt. Comme aucune source précise n'est mentionnée sur le site Web, il est difficile de vérifier ces renseignements. Robert Norris et Thomas Cochran, « United States Nuclear Tests July 1945 to 31 Dec 1992 », dans l'étude NWD 94-1 du Natural Resources Defense Council, 1er février 1994 : les auteurs décrivent également le tir CHECKMATE comme une ogive XW-50X1 ayant explosé à 91,5 milles [147 km] et produit un rendement en kt plutôt faible. Ces données non plus ne s'appuient sur aucune source précise.

29. National Association of Atomic Veterans, « The Newsletter for America's Atomic Veterans », 4 mars 2012. L'article reprend ensuite les renseignements mentionnés dans les autres sources (ogive W-50, 91 milles [146 km], 60 kt).

30. Jerry Emanuelson, *Operation FISHBOWL*, http://www.futurescience.com/emp/fishbowl.html (consulté le 23 juin 2014).

31. *Operation Dominic 1 1962.*

32. *Ibid.* Voir la photo de la roquette XM-33 à la page 223.

33. Le rendement de 10 kt provient du site www.wikipedia.org/wiki/OperationFISHBOWL (hyperlien périmé), note 5: R. G. Allen Jr, Officier de projet, « Operation DOMINIC: Christmas Island and FISH BOWL Series Project Officers Report Project 4.1 », Rapport ADA995365, 30 mars 1965, p. 17. Malheureusement, ce document a été supprimé après que l'auteur l'eut consulté.

34. Dans son excellent documentaire de 1999 intitulé *Nukes in Space*, Peter Kuran utilise des séquences, rayées de la liste des documents secrets, de tous les essais réalisés dans le cadre de l'opération FISHBOWL, à l'exception du tir CHECKMATE.

35. Dans l'ensemble, il semble y avoir une importante désinformation au sujet du tir CHECKMATE, certains renseignements étant répétés aveuglément dans diverses sources. Ce n'est pas le cas pour les autres essais de la série de l'opération FISHBOWL. J'ai l'impression que, dès le départ, on a tenté d'obscurcir la nature et les résultats exacts des essais, et que nous constatons les effets à long terme de cette décision. En ce qui concerne les motivations, il faut laisser le champ libre à la spéculation pour le moment. Le tir CHECKMATE demeure mystérieux, qu'il ait ou non quelque chose à voir avec le missile Bomarc et l'ogive W-40.

36. « Enclosure L to the Report by Commander Joint Task Force Eight on the 1962 Pacific Nuclear Tests (Operation DOMINIC) Scientific Summary », *FOIA*.

37. *Ibid*.

38. *Ibid*.

39. Voir le raisonnement d'Ed Thelan à ce sujet, www.ed-thelen.org/EMP-ElectroMagneticPulse.html (consulté le 23 juin 2014).

40. US Department of Energy Office of Declassification, « Restricted Data Declassification Decisions 1946 to the Present », RDD-7, 1er janvier 2001, p. 53.

41. *Ibid*., p. 57.

42. J. C. Arnell, Conseiller scientifique – Chef d'état-major de la Force aérienne, « Minute 2 : La mise à l'essai des armes nucléaires », note de service sur l'Accès à l'information (AI), 10 juillet 1961.

43. F. R. Miller, chef des états-majors combinés, note de service sur l'AI à l'intention du Comité des chefs d'état-major, 4 juillet 1961.

44. État-major interarmées, AI, « The Testing of Nuclear Weapons », 30 juin 1961.

45. DOE, Seaborg, président de l'AEC à l'intention du président John F. Kennedy, « Nuclear Test Program », *FOIA*, 19 septembre 1961.

46. DOE, « Reasons for Further Nuclear testing », note de service de l'AEC à Dearborn, adjoint spécial au président, *FOIA*, 20 janvier 1958.

47. DOE, Lanard, Young et Taylor, US Army Surgeon General (Médecin général de l'Armée de terre américaine), note de service à l'intention de Blount, *FOIA*, 27 juin 1963.

48. DOE, laboratoire scientifique de Los Alamos, « Proceedings of the Tactical Nuclear Weapons Symposium, 3–5 September 1969 », *FOIA*.

49. Sean O'Connor, « Arming America's Interceptors: The Hughes Falcon Missile Family », rapport technique APA-TR-2011-0601, http://www.ausairpower.net/Falcon-Evolution.html (consulté le 23 juin 2014).

50. *History of Strategic Air and Ballistic Missile Defence*, Volume II, 1956–1972, p. 200, http://www.history.army.mil/html/books/bmd/BMDV2.pdf (consulté le 23 juin 2014).

51. Abram Chayes, et coll. *ABM: An Evaluation of the Decision to Deploy an Anti-Ballistic Missile System*, New York, Harper and Row, 1969, p. 7.

52. DHP, *Divisional Items of Interest*, Analysis of AICBM Systems, 79/429, vol. 9, 10 avril 1959.

53. Defense Research and Engineering, « Report No. 10 Military Space Projects, March-April-May 1960 », *FOIA*. Voir le graphique de la surveillance de l'espace décrivant la couverture.

54. La consultation des dossiers du vice-chef d'état-major de l'air confirme que le missile antimissile balistique intercontinental représentait l''une des principales questions durant cette période.

55. DHP, « Shorthand Transcript of 1961 Air Officers Command Conference », dossier 2008, 21 mars 1961, collection « Raymont ».

56. DHP, « Divisional Items of Interest », Analysis of AICBM Systems, 79/429, vol. 9, 10 avril 1959.

57. *DRB Meeting June 1958 Review of Progress*, BAC, RG 24, acc. 83-84/167, vol. 7407, dossier 173-1, pt 1, 24 juin 1958.

58. *Ibid*. CRD, « A Resume of Major DRB Activities », 8 juin 1962.

59. « The Cameras Saw Red », *The Roundel*, 1er mars 1961, p. 13-15; « Missile Monitors », *The Roundel*, mai 1962, p. 15.

60. CRD, « A Resume of Major DRB Activities », BAC, RG 24, acc 83-84/167, vol. 7407, dossier 173-1, pt 1, 10 avril 1959.

61. *Ibid*.

62. CRD, *Cooperative and Joint DRB/USA* [United States of America] « Projects Operating Within the Board », BAC, RG 24, acc 83-84/167, vol. 7407, dossier 173-1, pt 1, 23 mai 1962.

63. « Summary of Activities for Board Meeting on 30 October 1964 », BAC, RG 24, acc 83-84/167, vol. 7407, dossier 173-1, pt 3.

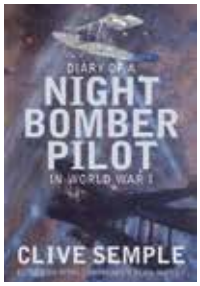
64. University of Saskatchewan, « The White House », « Diefenbaker Papers », Cylindre 26, 6 juin 1959. Communiqué de presse.

65. DOE, AEC, « Part III-Weapons-Quarterly Progress Report to the Joint Committee on Atomic Energy, October-December 1957 », *FOIA*, 24 février 1958.

66. Voir Sean O'Connor, « Russian/Soviet Anti-Ballistic Missile Systems », http://www.ausairpower.net/APA-Rus-ABM-Systems.html (consulté le 23 juin 2014), et Carlo Kopp, « S-200VE Vega SA-5 GAMMON Missile Site Design », http://www.ausairpower.net/APA-S-200VE-Vega-Sites.html (consulté le 23 juin 2014).

67. Le libellé du *Traité*, http://www.state.gov/www/global/arms/treaties/abm/abm2.html (consulté le 23 juin 2014).

CRITIQUES DE LIVRES



DIARY OF A NIGHT BOMBER PILOT IN WORLD WAR 1

par Clive Semple

Royaume-Uni, The History Press, 2008
320 pages
ISBN 978-1-86227-425-5

Compte rendu du **major Chris Buckham, CD, M.A.**

Pour un historien, les mémoires sont une arme à deux tranchants. Ils fournissent une mine de renseignements sur le comment et le pourquoi des décisions prises par le sujet du livre, mais ils tendent également à faire un tri parmi les souvenirs et à être très intéressés, sans compter que l'auteur a tout loisir d'y justifier ses actes. Le journal, par contre, est une source à fort potentiel et d'une grande utilité. Rédigé en temps réel et chargé de tous les préjugés, attitudes, frustrations et vérités brutes du moment, il donne une vue sans égale de l'esprit de son auteur et constitue un outil inestimable d'élaboration d'un volume.

Leslie Semple, le père de Clive, s'est enrôlé dans le Royal Navy Air Service (RNAS), l'aéronavale britannique, en 1917, à l'âge de dix-huit ans. Il a été pilote de bombardier de nuit Handley Page jusqu'à sa démission, en 1919, après une période de service en Allemagne occupée. Il a peu parlé de son service après la guerre et ce n'est qu'après sa mort, en 1971, que l'auteur a découvert des photographies, des documents et un journal, en fait une capsule historique, dans le grenier de la résidence de son père. À partir de ces ressources, et particulièrement du journal, Semple fils a tracé un portrait remarquable de la vie d'un jeune homme pendant son instruction militaire et les opérations de guerre.

L'auteur a dû se livrer à beaucoup de recherches pour placer le lecteur en contexte et lui expliquer les mentions au journal de son père. Le journal, ainsi, sert de fil conducteur à l'ensemble de la narration. Ce qui fait la particularité de cet ouvrage, c'est qu'il est non seulement le souvenir

du service opérationnel de guerre de Semple père, mais aussi une représentation de son milieu social. Le lecteur est complètement pris par la description des tensions et des attentes envers les officiers et les militaires à l'entraînement en temps de guerre, ainsi que de ses responsabilités et des attentes de l'organisation à son égard, en plus des écueils de ses premiers contacts avec la réalité du monde des femmes et avec l'univers du combat, lui qui n'était qu'un naïf jeune homme.

On remarquera parmi les aspects les plus notoires de la narration de Leslie Semple l'animosité constante et l'absence de coopération (il les souligne avec couleur) entre les membres de la marine et de l'armée britanniques, qui ont fini par déboucher sur la formation, par décret, de la Royal Air Force (née de la refonte du Royal Flying Corps et du RNAS en dépit de l'opposition acharnée tant de l'armée que de la marine); la vision dont a fait preuve l'amirauté par son appui, dès 1914, à la création d'une force de bombardiers; le caractère dysfonctionnel et l'inefficacité de la conception des aéronefs, de leur production, de l'instruction et de l'attribution des ressources, la marine et l'armée se livrant une concurrence féroce pour leur obtention; et le détachement avec lequel Leslie Semple mentionne la mort de certains de ses confrères pendant l'instruction et lors des opérations. Bien que ces pertes aient sans aucun doute été douloureuses, il apparaît clairement qu'elles étaient tout de même acceptées d'emblée à titre de rançon de la guerre et il ne s'y attarde guère, ce qui est intéressant sachant qu'il n'avait que dix-huit ans à l'époque. Les comptes rendus détaillés de l'instruction visant expressément les opérations nocturnes et les techniques rudimentaires appliquées à la précision du bombardement sont également remarquables, sans compter la narration du cheminement du bombardement en tant que branche distincte des opérations aériennes.

Le journal de Semple père livre aussi sa perspective, très intéressante, de l'environnement immédiat de l'après-guerre auquel ont été confrontés les militaires. Il souligne, par exemple, la différence entre les expériences vécues pendant l'occupation et les relations des Français et des Anglais avec les Allemands. Il présente les Allemands et son interaction avec eux sous un jour très favorable. De même, ce qu'il voit quand il visite des champs de bataille que, jusqu'à l'occupation, il n'avait vus que du ciel, l'émeut profondément et l'affecte. Finalement, ses réflexions et ses observations sur la vie militaire tout de suite après la guerre sont fascinantes, car elles mettent en lumière les problèmes d'emploi, de discipline et de moral de militaires qui, après avoir participé pendant plus de quatre ans à des combats effroyables, se sont subitement retrouvés avec du temps à revendre.

Leslie Semple a rangé avec son journal quatre volumes de photographies et son fils en a inséré des centaines dans son récit pour l'illustrer. Ses descriptions et ses enrichissements des notes de son père les complémentent et sont fondés sur une recherche solide. Ils ajoutent une profondeur à la narration sans pour autant en prendre le contrôle. Quelques commentaires sont peu pertinents, comme ses longs retours sur le fait que les parachutes n'aient jamais été adoptés par la Royal Air Force mais, dans son ensemble, le texte est exact et succinct.

Ce volume est un joyau, car il aborde un sujet que les relations historiques n'ont guère approfondi : les efforts alliés de bombardement de nuit de la Grande Guerre. Les perspectives, les photographies et les commentaires de Leslie Semple ouvrent pour le lecteur une fenêtre sur son monde, le monde d'un sous-lieutenant d'aviation de dix-huit ans en temps de guerre. Le fils de ce sous-lieutenant d'aviation, l'auteur de *Diary of a Night Bomber Pilot in World War 1*, a placé ses observations dans un contexte bien documenté et il mérite notre reconnaissance pour avoir produit un ouvrage d'une telle valeur personnelle et éducative.

Le Major Chris Buckham est officier de logistique (Air); il est présentement à l'emploi de l'A5 Plans de la 1re Division aérienne du Canada. Il tient un cybercarnet professionnel de lecture à l'adresse www.themilitaryreviewer.blogspot.com.

WARRIOR RISING: A SOLDIER'S JOURNEY TO PTSD AND BACK

Par le lieutenant-colonel Chris Linford

Victoria, Friesen Press, 2013
384 pages
ISBN 1-4602-1992-9-8

Compte rendu du **capitaine Karen Falck**

La santé mentale des militaires en service actif et des anciens combattants est une question qui préoccupe de plus en plus la société canadienne, particulièrement compte tenu des dernières données indiquant que huit pour cent des militaires ayant participé à un déploiement dans le cadre de la mission en Afghanistan ont reçu un diagnostic de trouble de stress post-traumatique (TSPT).[1] Le gouvernement canadien s'est donné beaucoup de mal récemment pour faire la promotion des ressources et des services offerts aux membres des Forces armées canadiennes et à leurs familles. Malgré le grand effort de sensibilisation auprès du public que constitue cette campagne, la forte stigmatisation et la crainte empêchent les gens d'en parler. Le lieutenant-colonel Chris Linford (retraité) lève le voile sur l'innommable dans son mémoire intitulé *Warrior Rising*.

Le lieutenant-colonel (Lcol) Linford a passé 24 ans au service de la Branche des services de santé des Forces canadiennes avant d'être libéré pour raisons médicales depuis que le livre est paru. Après avoir participé à des missions pendant la guerre du Golfe en 1991 et au Rwanda en 1994, il s'est trouvé atteint de TSPT dont le diagnostic a pris 10 ans. Après avoir suivi un traitement, son rétablissement a été jugé suffisant pour partir en Afghanistan en 2010. Les morts atroces et les défigurations affreuses causées par les dispositifs explosifs improvisés (IED) dont il a été témoin lui ont provoqué un TSPT grave. Après une autre année et demie de thérapie intensive à l'aide des ressources des Forces canadiennes, le Lcol Linford a pu confronter les détails horrifiants des expériences qu'il a vécues afin de les documenter. L'objectif du livre est de jeter la lumière sur les expériences que peuvent faire les militaires au cours d'opérations de déploiement ainsi que sur les répercussions qu'elles ont sur la santé et le bien-être des militaires et de leurs familles. Le livre s'adresse principalement aux anciens combattants aux prises avec des traumatismes liés au stress opérationnel et les encourage à chercher de l'aide rapidement pour qu'ils puissent recouvrer la santé et retrouver le bonheur. Il s'adresse également aux familles afin qu'elles comprennent mieux leurs proches et qu'elles puissent mieux les aider. Finalement, il s'adresse à la population canadienne puisqu'il déchire le voile du mystère qui entoure cette maladie invisible.

Ce livre se veut autobiographique, et le récit est donc à la première personne. Il s'agit d'une prose décontractée qui convient bien au public cible puisqu'elle donne l'impression qu'un bon ami raconte son histoire. Divisé en cinq parties chronologiques, le livre comprend une section de photos ainsi qu'un glossaire de termes militaires et médicaux. Le récit porte principalement sur les périodes d'affectation au Rwanda et en Afghanistan, car ce sont les expériences qui l'ont touché le plus.

Les deux premières parties constituent un récit préliminaire qui décrit le parcours du Lcol Linford avant qu'il se soit enrôlé dans les Forces canadiennes. Il considère ces expériences comme de simples échos radars, qu'il présente afin de montrer que sa jeunesse et son éducation se sont déroulées sans soucis. La troisième partie raconte ses premières expériences traumatiques qu'il a vécues au Rwanda (Afrique) pendant l'opération PASSAGE. Le Lcol Linford était membre d'un groupe de reconnaissance qui était chargé de trouver un endroit adéquat à partir duquel on pouvait offrir des soins médicaux à la population locale. Il est resté dans cet hôpital bien au-delà de 90 jours, soit la durée maximale prévue d'une affectation à l'étranger. Il raconte les problèmes de logistique et le choc culturel qui caractérisent le début des opérations. Les scènes où il décrit

la population émaciée et désespérée, le grand nombre de cadavres et les petits enfants auxquels l'unité a essayé de venir en aide sans souvent y parvenir sont choquantes. Plusieurs années après son retour, les dommages émotionnels ont fini par le terrasser. Il a fait appel aux services de santé mentale, qui n'étaient qu'à leurs débuts, où on lui a prescrit des médicaments et ordonné des rendez-vous hebdomadaires avec un psychologue. Or, il affirme que cela lui a permis de maîtriser ses symptômes, mais non pas de se remettre entièrement. Après une année de thérapie, il a été réévalué et jugé apte au déploiement.

Dans la quatrième partie, il décrit les expériences qu'il a vécues à Kandahar (Afghanistan) en tant que commandant en second de l'hôpital chirurgical de campagne (rôle 3) comme « la cerise sur le sundae ». En plus de subir le stress normal des opérations de déploiement, il a été témoin, au cours des sept mois qu'a duré son affectation, de nombreuses blessures causées par des IED, y compris celles de soldats américains et canadiens ainsi que d'innocents civils. La goutte qui a fait déborder le vase a été un jeune soldat qui était arrivé à l'hôpital présentant une blessure mortelle causée par un IED; ce jeune soldat lui a rappelé de façon saisissante son propre fils, qui, à l'époque, se préparait pour partir en Afghanistan. Malgré les séances d'entraînement physique et de yoga régulières qui l'aidaient à maintenir sa résilience, sa santé mentale a dégringolé au-delà du point de retour. Cependant, il est resté en poste jusqu'à la fin de son affectation, sachant bien qu'il s'agissait d'un sacrifice personnel pour le bien de la mission.

L'auteur recommande vivement aux anciens combattants de lire la partie cinq. Dans cette section, il décrit en détail les thérapies qu'il a suivies et son rétablissement du TSPT récurrent. Il raconte ses expériences avec les méthodes thérapeutiques qui sont reconnues scientifiquement et les ressources offertes par les Forces canadiennes. Le Lcol Linford explique de manière réaliste le progrès non linéaire et il présente la dure vérité : les choses peuvent empirer avant de s'améliorer. Grâce à son équipe de spécialistes de la santé mentale, son travail acharné et sa persévérance, le Lcol Linford profite aujourd'hui d'une vie épanouissante, en santé et en paix, malgré sa lutte contre le TSPS.

Le livre comprend de nombreuses anecdotes inspiratrices au sujet du soutien qu'il a reçu de sa famille, de ses amis, de ses collègues, de ses subalternes et de ses superviseurs. Il est rédigé de manière honnête, avec de l'humour et de l'espoir. Sachez pourtant que l'auteur présente des descriptions hautement détaillées des horreurs de la guerre et que certains passages sont poignants.

Le Lcol Linford affirme que malgré le système de soutien solide dont disposent les Forces armées canadiennes de nos jours, la stigmatisation décourage les militaires à chercher tout de suite l'aide dont ils ont désespérément besoin. Tout comme bon nombre de blessures et de maladies, le TPST est plus facile à traiter lorsqu'il est diagnostiqué précocement, et lorsque le traitement est plus facile, les chances de se rétablir entièrement sont plus élevées. Je recommande vivement à toute personne aux prises avec des problèmes de santé mentale et dont le bien-être est à risque de lire *Warrior Rising*, car ce livre peut leur insuffler le courage dont ils ont besoin pour chercher de l'aide.

Le capitaine Karen Falck est un officier du contrôle aérospatial à la Base des Forces canadiennes Trenton. Elle détient un baccalauréat en science spatiale du Collège militaire royal du Canada et elle a participé aux opérations PODIUM, CADENCE et ENDURING FREEDOM.

Abréviations

IED dispositif explosif improvisé

TSPT trouble de stress post-traumatique

Note

1. Canada, ministère de la Défense nationale, « Sommaire du Rapport d'incidence cumulative du trouble de stress post-traumatique (TSPT) et d'autres troubles mentaux », http://www.forces.gc.ca/fr/a-propos-rapports-pubs-sante/etude-incidence-cumulative-sommaire.page› (consulté le 10 septembre 2014).