

LES COMMUNICATIONS DE CURTIS

ÉTUDES AÉROSPATIALES CANADIENNES ET INTERARMÉES

VOL. 1 • TOME 1 : 2009 | 2010

LES MAÎTRES DE CHOIX DES COMMUNICATIONS
PORTANT SUR LES ÉTUDES DE LA DÉFENSE



Défense nationale National Defence

Canada

LES COMMUNICATIONS DE CURTIS

ÉTUDES AÉROSPATIALES CANADIENNES ET INTERARMÉES

Vol. 1 • Tome 1: 2009 | 2010

Les maîtres de choix des communications portant sur les études de la défense

Numéro ISSN : 2291-2681

Cette publication est disponible en ligne, sur intranet à l'adresse suivante : Trenton.mil.ca/lodger/CFAWC/eLibrary/eLibrary_f.asp ou sur Internet à www.rcaf-arc.forces.gc.ca/cfawc/eLibrary/eLibrary_f.asp.

Conception graphique et édition : Section de la production du Centre de guerre aérospatiale des Forces canadiennes.

Cette publication a été préparée pour le ministère de la Défense nationale du Canada, mais les opinions qu'elle contient sont strictement celles des auteurs. Elles ne reflètent pas nécessairement la politique ou l'opinion des organismes publics comme le gouvernement du Canada et le ministère de la Défense nationale du Canada.

© Sa Majesté la Reine, représentée par le ministre de la Défense nationale, 2013

Introduction

Le recueil *Les communications de Curtis* est ainsi intitulé en l'honneur du maréchal de l'Air Wilfred Austin « Wilf » Curtis, Officier de l'Ordre du Canada (OC), Compagnon de l'Ordre du Bain (CB), Commandeur de l'Ordre de l'Empire britannique (CBE), Croix du service distingué (DSC) avec barrette, Décoration d'efficacité (ED) et Décoration des Forces canadiennes (CD). Curtis a occupé la fonction de chef d'état-major des Forces aériennes au sein de l'Aviation royale du Canada de 1947 à 1953. Il a été un fervent défenseur du Collège des Forces canadiennes (CFC) à ses débuts, alors que ce dernier portait encore le nom de Collège d'état-major de l'ARC. Curtis était convaincu que l'effcience, l'efficacité et l'innovation dans une force militaire reposaient sur l'instruction et l'éducation de son corps d'officiers.

Le recueil de *Les communications de Curtis* appuie le mandat du Centre de guerre aérospatiale des Forces canadiennes (CGAFC), soit encourager les études aérospatiales sur des sujets qui présentent un intérêt à la fois pour l'Aviation royale canadienne et la collectivité de la défense interarmées. L'une des principales méthodes adoptées pour atteindre cet objectif est de publier, ou d'être à l'origine de la publication, de textes sur l'aérospatiale ou les opérations interarmées de grande qualité, sur les plans professionnel et didactique. Le CFC, dans le cadre du programme de maîtrise en études de la défense, produit chaque année un certain nombre d'articles qui répondent à ces critères. Ceux qui sont regroupés ici ont été choisis parmi de nombreux articles rédigés par des étudiants inscrits au Programme de commandement et d'état-major interarmées.

Des exemplaires des *Communications de Curtis* seront distribués à divers endroits, au Canada et dans des pays alliés. Le recueil servira de ressource pour le perfectionnement professionnel et les études universitaires. Il permettra ainsi d'accroître la sensibilisation au domaine aérospatial dans l'ensemble des collectivités militaires et civiles, tout en mettant en lumière la nécessité d'adopter une perspective interarmées au sein des forces aérospatiales.

Abréviations

CFC Collège des Forces canadiennes

ARC Aviation royale du Canada (devenue Aviation royale canadienne)

Les présentes études ont été rédigées par des stagiaires du Collège des Forces canadiennes pour satisfaire à l'une des exigences de cours. Les études sont des documents qui se rapportent aux cours et contiennent donc des faits et des opinions que seuls les auteurs considèrent comme appropriés et convenables au sujet. Elles ne reflètent pas nécessairement la politique ou l'opinion d'un organisme quelconque, y compris le gouvernement du Canada et le ministère de la Défense nationale du Canada.

Note de l'éditeur

Afin d'alléger le texte, la notation [traduction] a été omise du texte lorsque les citations proviennent d'ouvrages non disponibles en français. La citation originale peut donc être consultée dans la version anglaise. Pour éviter toute confusion, le lecteur pourra confirmer la langue source d'une citation en se référant aux notes en bas de page. Lorsque le titre d'un ouvrage de référence est en anglais, la citation qui en provient apparaît donc en traduction libre dans le texte et lorsque la référence est donnée en français, il s'agit là d'une source traduite ou disponible en français d'où la citation a été puisée.

Table des matières

Chapitre 1	1
La simulation des opérations de ligne : Vers l'optimisation de la performance humaine dans la Force aérienne du Canada Par le Lieutenant-colonel Colin R. Keiver	
Chapitre 2	47
Opérations spéciales d'aviation du Canada : Une force pertinente sur le plan stratégique Par le Major Richard Morris	
Chapitre 3	81
La protection des ressources spatiales du Canada : l'absence de politique nationale Par le Major Walter S. F. Norquay	
Chapitre 4	123
La Force aérienne a-t-elle besoin de gros simulateurs de vol à base mobile? Par le Major Jason Stark	
Chapitre 5	165
La capacité cinétique de la Force aérienne du Canada au XXI ^e siècle : Que faut-il? Par le Major Paul J. Doyle	

Chapitre 1 – La simulation des opérations de ligne : Vers l'optimisation de la performance humaine dans la Force aérienne du Canada

Lieutenant-colonel Colin R. Keiver

Résumé

La Force aérienne du Canada a amorcé un programme de modernisation sans précédent dans son histoire. Les constatations et les conclusions formulées dans le présent document, dans la mesure où elles se rapportent à l'environnement synthétique et à l'optimisation de la performance humaine, visent à faire en sorte que la Force aérienne puisse exploiter à fond le potentiel non seulement des systèmes qu'elle possède maintenant ou qu'elle possédera dans l'avenir, mais aussi celui de son personnel. Nous proposons ici un plan pour parvenir à la réussite et à la sécurité opérationnelles, un plan qui met pleinement à profit l'environnement synthétique pour faire fond sur ce qui a toujours été un des atouts fondamentaux de la Force aérienne : ses ressources humaines. Afin d'atteindre ces objectifs, nous recommandons de créer dans la Force aérienne des marqueurs comportementaux qui seront enseignés et évalués de la même façon que les compétences techniques. Une fois que ces repères seront créés, ce sera dans l'environnement synthétique qu'il conviendra le mieux de les enseigner, dans ce que l'industrie aéronautique appelle la simulation opérationnelle de ligne (LOS).

Il n'existe pas de réponses rapides aux problèmes de facteurs humains ou d'ergonomie qui se posent à la Force aérienne, mais nous concluons ici qu'il n'est pas difficile de les résoudre. Il faudra un effort délibéré et des ressources. Une fois que cet effort aura été amorcé et que l'on aura adopté dans toute la Force aérienne un langage commun pour parler des facteurs humains dans l'aviation, d'autres secteurs d'étude tels que ceux de la performance humaine dans l'aviation militaire (PHAM) et du Système d'analyse et de classification des facteurs humains (HFACS) employé aux fins de la sécurité des vols commenceront eux aussi à produire les résultats promis qui se font encore attendre. Une excellente possibilité existe aussi d'adopter d'autres solutions de l'industrie, par exemple les vérifications ou audits de sécurité en service de ligne (LOSA), une fois que les facteurs humains auront été pleinement intégrés dans les programmes d'instruction et les opérations de la Force aérienne. La mise en œuvre de la LOS et l'utilisation maximale de l'environnement synthétique dans toutes les flottes de la Force aérienne du Canada représentent deux étapes essentielles à franchir dans cette transformation.

Table des matières

Résumé 1

Liste des tableaux 3

1. Introduction 4

2. Les facteurs humains dans l’aviation 6

 Introduction 6

 Définition des facteurs humains 7

 Les facteurs humains en aviation : les tout débuts 7

 Le rôle des facteurs humains dans l’aviation 7

 Le contexte historique 8

 Le contexte moderne 9

 Incidents d’aviation et faits aéronautiques – Ère moderne 9

 Nature des incidents et faits aéronautiques liés à des facteurs humains 10

 Introduction à la simulation des opérations de ligne 12

 La mise en œuvre de la LOS 12

 La LOS aujourd’hui 13

 Les éléments fondamentaux de la LOS 14

 Le rôle essentiel des instructeurs et des évaluateurs 15

 L’efficacité et les avantages de la LOS 16

 Résumé 16

3. La Force aérienne du Canada 17

 Introduction 17

 Objectif final visé 17

 La Force aérienne du Canada aujourd’hui 18

 Le Projet d’élaboration de la politique et de la planification en matière d’automatisation 19

 La simulation dans la Force aérienne 19

 Les facteurs humains dans la Force aérienne 20

 Le système de la sécurité des vols 21

 Les instructeurs et les évaluateurs de la Force aérienne 24

 Les normes applicables aux instructeurs de vol 24

 Les raisons expliquant les lacunes 25

 La Force aérienne de demain 26

 Résumé 27

4. Régler les problèmes dus aux facteurs humains avec la LOS	27
Introduction	27
Les marqueurs comportementaux	28
Les marqueurs comportementaux de la FAA	29
Les marqueurs comportementaux européens	30
Les marqueurs comportementaux employés dans le projet d'EPPA	30
L'élaboration des marqueurs comportementaux dans les FC.....	32
Le rôle clé de l'instructeur	33
Les instructeurs en tant que facilitateurs	33
La fiabilité de l'évaluateur	35
La conception des scénarios pour simulateur	36
Le processus de conception des scénarios	36
La série d'événements	37
Optimiser l'efficacité de la LOS.....	38
Prolonger la série d'événements	39
Créer un formulaire convivial d'évaluation de la LOS	39
Expliquer toutes les notes attribuées.....	39
L'exécution de la LOS	40
La validation et la mise à jour des scénarios	40
Autres avantages d'un programme de LOS pour la Force aérienne.....	41
Résumé.....	42
5. Conclusion	43
Abréviations	45
Liste des tableaux	
Tableau 2.1. Genres de situations d'urgence et façon dont elles ont été gérées.....	11
Tableau 3.1. Rôle des facteurs contributifs humains dans les FC	22
Tableau 3.2. Facteurs ayant contribué aux faits aéronautiques aériens	23
Tableau 3.3. Facteurs ayant contribué aux faits aéronautiques terrestres.....	24

1. Introduction

*L'important n'est pas l'outil,
c'est celui qui est dedans¹.*

Manfred von Richthofen
Le Corsaire rouge

Dans la deuxième partie du XX^e siècle, l'introduction des simulateurs dans l'aviation a constitué une évolution dramatique de la façon dont celle-ci développait son potentiel humain. Il n'était désormais plus nécessaire d'avoir un aéronef bien concret pour instruire les équipages, car les simulateurs ont permis à l'industrie d'enseigner en théorie et en pratique des séquences et des manœuvres considérées comme étant trop dangereuses à exécuter à bord d'un aéronef réel, tout en reproduisant, avec un haut degré de fidélité, l'environnement opérationnel concret. Dans les systèmes d'instruction modernes de l'aviation, il n'est pas inhabituel de voir quelqu'un acquérir une qualification initiale, puis la maintenir sans jamais toucher aux commandes d'un aéronef réel, sauf pendant des opérations. Conçus à l'origine pour entraîner les équipages aériens, les simulateurs servent maintenant à former tout le personnel des milieux de l'aviation, ce qui comprend les équipes de maintenance et les contrôleurs de la circulation aérienne.

Ce mouvement vers l'utilisation de l'environnement synthétique pour atteindre les objectifs de l'entraînement est manifeste aussi dans la Force aérienne du Canada. Il a commencé avec la mise en service des premiers simulateurs Link pendant la Seconde Guerre mondiale et il se poursuit aujourd'hui avec l'introduction de simulateurs à haute performance dans des programmes tels que le Projet de l'hélicoptère maritime (PHM) et le Projet de la capacité de transport aérien tactique (CTAT), que l'on désigne communément comme étant le projet du C130J. Ces projets aboutiront à la livraison d'aéronefs modernes, certes, mais aussi à celle de dispositifs d'entraînement ultra-modernes fortement axés sur la simulation pour procurer l'entraînement voulu aux équipages aériens et aux équipes de maintenance. Aujourd'hui, la plupart des flottes d'aéronefs des Forces canadiennes (FC) possèdent des systèmes d'entraînement sur simulateur, ou y ont accès, pour amener leur personnel au niveau approprié de qualification. Afin d'améliorer la performance humaine, les FC ont affecté des fonds importants à l'acquisition de simulateurs aux fins de l'entraînement.

Les inventions technologiques dans le domaine de l'instruction aéronautique sur simulateur ont été considérables, mais ont-elles entraîné des améliorations correspondantes des performances humaines? La recherche a montré que, sans d'importants investissements dans d'autres domaines essentiels, l'accent étant alors mis sur les comportements et l'apprentissage, l'acquisition pure et simple des appareils ne produira pas les résultats souhaités. Comme l'ont expliqué Eduardo Salas, Clint A. Bowers et Liza Rhodenizer, la façon dont un simulateur est employé importe en fait plus, aux fins de la réalisation des objectifs de l'instruction, que les technologies pédagogiques mêmes². En deux mots, un simulateur, ou une gamme complète d'appareils d'instruction en milieu simulé, n'équivaut pas à un programme d'instruction. La question fondamentale est donc dès lors de savoir quelle est la meilleure manière de concevoir l'instruction de façon à tirer profit à fond de ce que l'environnement synthétique a à offrir. Afin d'optimiser les performances humaines grâce à l'environnement synthétique, il ne suffit pas d'élaborer les appareils : on doit aussi définir les moyens de les utiliser, en se fondant sur une solide compréhension des objectifs comportementaux à atteindre.

1. Manfred von Richthofen, *Capitaine aviateur Manfred de Richthofen : le Corsaire rouge, 1914–1918, journal de guerre*, traduit de l'allemand par Ed. Sifferlen, Paris, Payot, 1932, p. 93. <http://www.richtofen.com/> (consulté le 3 juillet 2012). Titre original : *Der Rote Kampfflieger* (1917).

2. Eduardo Salas, Clint A. Bowers et Lori Rhodenizer, « It Is Not How Much You Have but How You Use It: Toward a Rational Use of Simulation to Support Aviation Training », *International Journal of Aviation Psychology*, vol. 8, n° 3, 1998, p. 197.

Dans la présente étude, nous montrerons que l'adoption de concepts de la simulation opérationnelle de ligne (LOS), semblables à ceux que l'industrie aéronautique civile a élaborés et mis en application, contribuera sensiblement à améliorer la performance humaine dans la Force aérienne du Canada (FAC) et permettra d'exploiter au maximum le potentiel de l'environnement synthétique. Pour ce faire, nous examinerons les aspects suivants des facteurs humains et de la simulation dans l'industrie et dans la FAC :

- a. le rôle essentiel des facteurs humains dans l'aviation, en plus des compétences techniques classiques;
- b. les raisons pour lesquelles on recourt à la LOS pour étudier les facteurs humains dans l'aviation;
- c. le rôle essentiel de l'instructeur lorsqu'il s'agit de l'acquisition de compétences particulières devant permettre de réduire la contribution des facteurs humains aux incidents d'aviation;
- d. l'état actuel de l'utilisation des simulateurs et de l'instruction sur les facteurs humains dans la Force aérienne du Canada.

La majorité des règlements et des ouvrages de recherche sur l'aviation que nous avons consultés pour rédiger la présente thèse proviennent de la Federal Aviation Administration (FAA) des États-Unis. Transports Canada a publié des documents semblables, mais ils se fondent principalement pour la plupart sur les lignes directrices et les politiques de la FAA. Par exemple, la ligne directrice de Transports Canada sur l'élaboration et la mise en œuvre d'un programme avancé de qualification (PAQ), c'est-à-dire un programme d'instruction qui fait considérablement appel à la LOS, précise expressément que les normes de la FAA relatives aux PAQ « ont servi de modèle de base à nos propres normes PAQ »³. C'est pourquoi les documents de la FAA nous servent de sources principales aux fins du présent mémoire.

La présente étude fera voir la différence qui existe actuellement entre la Force aérienne du Canada, d'une part, et l'ensemble de l'industrie aéronautique, d'autre part, pour ce qui concerne l'optimisation de la performance humaine et l'emploi de l'environnement synthétique. Nous y recommanderons qu'un programme complet de LOS soit élaboré et mis en application dans toutes les flottes d'aéronefs afin de remédier aux lacunes connues pour ce qui est d'intégrer pleinement l'ergonomie en aviation dans l'instruction et les opérations militaires. Dans le présent document, nous mettrons l'accent sur la création de marqueurs comportementaux et sur la nécessité de faire en sorte que les instructeurs et les évaluateurs soient prêts à donner l'instruction et à faire les évaluations nécessaires à l'aide de ces marqueurs. Les instructeurs et les évaluateurs de la Force aérienne sont à l'avant-garde pour ce qui est d'appliquer les normes et de favoriser l'efficacité opérationnelle; ce sont les atouts clés grâce auxquels la Force aérienne atteindra ses objectifs en matière d'environnement synthétique et d'ergonomie. Un programme spécialisé d'ergonomie, offert par des instructeurs et des évaluateurs compétents à la faveur d'un solide programme de LOS, peut avoir un effet sensible. Enfin, nous parlerons des façons dont il faut concevoir les scénarios de simulation pour intégrer pleinement les compétences techniques et non techniques qu'il sera possible d'inculquer et d'évaluer. À mesure que la Force aérienne élaborera un langage commun en ergonomie, essentiel à la formulation et à l'actualisation d'un programme efficace de LOS, d'autres domaines complémentaires amorceront leur transformation, et cela profitera grandement à l'organisation sur les plans de l'efficacité opérationnelle et de la sécurité.

3. Gouvernement du Canada, Transports Canada, *Document d'élaboration et de mise en œuvre du programme avancé de qualification (PAQ)*, Ottawa, Transports Canada, 2005.

Comme nous cherchons ici à mettre l'accent sur les méthodes d'emploi plutôt que sur l'appareil même, nous n'examinerons pas la question du mouvement dans l'environnement synthétique ni son applicabilité à l'aviation. Une bonne partie de notre étude portera sur l'élaboration de programmes d'instruction pour les équipages aériens en particulier, mais la Force aérienne aura avantage à appliquer également les leçons que contient l'étude à tous ses divers domaines si elle veut effectivement optimiser la performance humaine dans toute la gamme de ses activités.

De nombreux aviateurs emploient affectueusement l'expression « la boîte » pour décrire le simulateur. Notre objectif ici consiste à définir la nécessité de la LOS dans la Force aérienne du Canada et les moyens à prendre pour la mettre en œuvre pour engendrer ainsi des performances humaines de haut niveau. Nous montrerons que la leçon offerte par le Corsaire rouge il y a plus de 90 ans (l'importance de l'être humain dans la boîte) a autant de pertinence aujourd'hui qu'au moment où elle a été rédigée. Aspect primordial, nous montrerons aussi que la technologie, sur laquelle la Force aérienne a toujours grandement misé et qu'elle a exploitée au maximum, ne produira les résultats escomptés que si l'élément humain est pris en compte et pleinement intégré dans tous les aspects des vols militaires. La façon dont la Force aérienne emploiera son environnement synthétique pour maîtriser les facteurs humains dans l'aviation déterminera dans une large mesure à quel point sa transformation sera effectivement couronnée de succès.

2. Les facteurs humains dans l'aviation

Introduction

Trois ans avant que le Corsaire rouge définisse le rôle vital de l'être humain dans la réussite en aviation, le premier Canadien en uniforme a décollé aux commandes d'un aéronef. Le lieutenant William Sharpe s'est enrôlé dans le Corps expéditionnaire canadien en septembre 1914 et, comme il possédait déjà un permis de pilote, il est devenu le premier et le seul pilote du Corps d'aviation canadien⁴. Comme l'avion Burgess Dunne qu'il pilotait était encore en morceaux après l'arrivée du lieutenant en Angleterre, il a commencé à faire des vols d'entraînement avec le 3^e Escadron de réserve du Royal Flying Corps. William Sharpe est décédé le 4 février 1915 quand l'avion à bord duquel il avait décollé seul s'est écrasé; cela lui a valu la distinction non seulement d'avoir été le premier aviateur militaire du Canada, mais aussi le premier à avoir été tué en activité de service⁵.

Des accidents se produisent dans l'aviation militaire canadienne depuis ce temps-là, tout comme dans l'aviation en général. Dans la présente section, nous en examinerons brièvement l'histoire et nous montrerons l'importance fondamentale des facteurs humains dans l'aviation; cela nous permettra non seulement de comprendre les causes des accidents, mais aussi d'élaborer des solutions éventuelles. La section nous permettra de discerner les meilleurs moyens à prendre pour façonner l'instruction et les opérations de manière à soutenir le rôle fondamental de l'être humain dans l'aviation; dans la conclusion, nous mettrons l'accent sur l'élaboration de la LOS et sur sa présentation en tant qu'élément dynamisant essentiel pour répondre aux questions d'ergonomie qui font partie intégrante de l'aviation et sur lesquelles on s'interroge depuis les tout débuts de l'aviation. La présente section vise donc à définir le contexte des facteurs humains en aviation et leur signification et à établir un lien clair entre eux et l'élaboration de la LOS en tant qu'élément dynamisant essentiel pour réduire le nombre de cas où les accidents d'aviation sont attribuables à des facteurs humains.

4. Brereton Greenhous et Hugh A. Halliday, *L'aviation militaire canadienne, 1914–1999*, Montréal, Art Global, 1999, p. 14.

5. *Ibid.*, p. 16.

Définition des facteurs humains

Au niveau le plus fondamental, les facteurs humains (ou encore, l'ergonomie) se rapportent aux personnes. Comme Frank Hawkins l'a dit en 1987, ils concernent les personnes dans leurs milieux de vie et de travail, leur relation avec la technologie dans ces milieux et avec les procédures qu'elles emploient pour mener des activités et, aspect primordial, leurs liens avec autrui⁶. Dans un sens plus formel, on peut définir l'ergonomie comme étant une science dont l'objet est « d'optimiser la relation entre les personnes et leurs activités, grâce à une application systématique des sciences humaines, intégrées dans le cadre de la systémique »⁷. Les objectifs de cette science consistent à favoriser l'efficacité globale du système dans les domaines de la sécurité et de l'efficacité, tout en protégeant le bien-être de l'individu dans le système⁸.

Les facteurs humains en aviation : les tout débuts

La Conférence technique de l'Association du transport aérien international, qui a eu lieu à Istanbul (Turquie) en 1975, est communément perçue comme ayant été le point tournant à partir duquel on a commencé à reconnaître l'importance des facteurs humains dans l'aviation⁹. À ce moment-là, la technologie aéronautique avait atteint un niveau de maturité qui lui conférait un degré élevé de fiabilité; pourtant, des accidents se produisaient toujours. Un consensus général s'est dégagé de la conférence : « [...] quelque chose n'allait pas en ce qui concernait le rôle et la performance de l'être humain dans le domaine de l'aviation civile et [...] il existait des lacunes fondamentales dans les connaissances que l'on possédait sur les facteurs humains dans les transports aériens »¹⁰. C'est ainsi qu'est née la discipline moderne des facteurs humains en aviation; la catastrophe qui s'est produite à Ténériffe à peine 17 mois plus tard et qui a fait 695 victimes à cause d'une erreur de l'équipage aérien a été décrite par Frank Hawkins comme un coup de semonce exhortant l'« aviation à mettre de l'ordre dans ses affaires afférentes aux facteurs humains »¹¹. Face à ce constat, l'industrie a commencé à mettre diverses mesures en application. Cependant, s'agissait-il vraiment là d'un nouveau problème au sein de l'aviation?

Le rôle des facteurs humains dans l'aviation

L'idée généralement reçue est que la majorité des accidents survenus tout au long de l'histoire de l'aviation ont été principalement dus à des problèmes de navigabilité, tels que les défaillances mécaniques et les faiblesses structurelles des aéronefs. Selon la théorie, plus d'accidents ont été causés au début par des pannes techniques que par des facteurs humains et, à mesure que la technologie s'est améliorée, les facteurs humains ont été plus souvent pointés du doigt. Maintenant que les problèmes techniques ont été réglés pour l'essentiel, l'hypothèse générale fondant la théorie est que les facteurs humains constituent *la dernière frontière*, c'est-à-dire le dernier domaine où la complexité de l'aviation pose encore des problèmes qu'il faut désormais résoudre.

On n'a pas vu là une tendance propre à l'aviation, car elle a été observée dans d'autres domaines tels que le nucléaire et le secteur de la fabrication où l'on a constaté une augmentation du nombre d'accidents attribués à l'erreur humaine¹². Il est certes possible que la fiabilité mécanique grandissante

6. Frank H. Hawkins, *Human Factors in Flight*, Aldershot: Gower Technical Press Ltd, 1987, p. 18.

7. *Ibid.*, p. 18.

8. *Ibid.*

9. *Ibid.*, p. 17.

10. *Ibid.*, p. 18.

11. *Ibid.*

12. Alan Hobbs, « Human Factors: The Last Frontier of Aviation Safety? », *International Journal of Aviation Psychology*, vol. 14, n° 4, automne 2004, p. 336.

des systèmes ait donné lieu à ces observations, mais il se peut aussi que des changements apportés à l'orientation des enquêtes aient expliqué ces différences¹³. Si tel est effectivement le cas, il faut alors réexaminer les accidents d'aviation survenus tout au long de l'histoire afin d'établir si le rôle de l'être humain a changé ou s'il est demeuré relativement constant.

Le contexte historique

Plusieurs chercheurs ont étudié les documents historiques pour réexaminer le rôle des facteurs humains dans l'aviation. Une des meilleures études a été menée par Alan Hobbs dans la deuxième moitié du XX^e siècle; il s'est alors penché sur les dossiers des accidents survenus en Australie entre 1921 et 1932 et sur les statistiques connexes¹⁴. Ce qu'il a découvert s'éloigne considérablement de l'opinion généralement reçue au sujet de l'évolution du rôle des facteurs humains dans l'aviation.

Hobbs a utilisé les catégories de facteurs contributifs que l'Australian Bureau of Air Safety Investigation a employées jusque dans les années 1990, et il a pu repérer 84 accidents qui s'étaient produits pendant la période susmentionnée et au sujet desquels il existait des données suffisantes pour mener une analyse. Son analyse a révélé que la plus grande proportion des facteurs ayant contribué aux accidents d'aviation pendant la période en question était en fait associée au personnel. Les pannes mécaniques avaient contribué à un peu plus d'accidents, mais non au point de soutenir la théorie généralement reçue opposant les facteurs techniques aux facteurs humains dans l'aviation¹⁵.

En parcourant les documents historiques, Hobbs a aussi découvert que ce constat n'était pas propre aux premières années de l'aviation australienne. Il a déniché une étude de 1935 menée par W. H. Wilmer qui déclarait qu'au moins 90 p. 100 de tous les aviateurs britanniques tués au cours de la première année de la Première Guerre mondiale l'ont été à cause de « lacunes individuelles »; 8 p. 100 étaient morts par suite de défauts mécaniques, et seulement 2 p. 100 étaient tombés sous les balles ennemies¹⁶. Il a mis au jour une autre étude menée par G. E. Anderson en 1918 sur les accidents survenus dans l'Aéronavale britannique pendant la même guerre : il a alors appris qu'au moins 91 p. 100 des accidents avaient été attribuables à des facteurs liés au pilote et catégorisés principalement comme ayant été une « erreur de jugement », ou encore « une perte de sang-froid » ou la « fatigue mentale »¹⁷. Enfin, il a trouvé des études allemandes qui ont révélé les mêmes tendances, y compris celle faite par O. Selz en 1919 qui a porté sur 300 accidents survenus dans les écoles de pilotage allemandes en 1918, étude qui a précisé que 66 p. 100 de tous les accidents « étaient imputables à des facteurs liés à l'aviateur concerné »¹⁸.

L'étude de Hobbs montre clairement que les facteurs humains ont joué un rôle dominant dans l'aviation tant militaire que civile, depuis ses tout débuts. En fait, elle démontre que le point de vue « faisant de ces facteurs *la dernière frontière* n'équivaut à rien de plus qu'un mythe persistant »¹⁹. En réalité, les facteurs humains ont toujours joué un rôle dominant dans l'aviation. Vu la définition moderne de ces derniers, selon laquelle le rôle de l'être humain en relation avec l'environnement extérieur constitue la référence établie, cette conclusion ne devrait surprendre personne.

13. *Ibid.*

14. *Ibid.*

15. *Ibid.*, p. 337340.

16. *Ibid.*, p. 338.

17. *Ibid.*

18. *Ibid.*, p. 339.

19. *Ibid.*

Le contexte moderne

En un peu plus de 100 ans, les aéronefs ont beaucoup évolué, ce qui a eu un effet considérable sur le rôle du pilote. Les premiers aéronefs étaient des plates-formes très rudimentaires dans lesquelles le pilote obtenait presque toutes les données de vol essentielles grâce à ses propres sens; son principal objectif était alors de « décoller, puis de revenir au sol sain et sauf »²⁰. Dans les aéronefs modernes et complexes d'aujourd'hui, le pilote a de moins en moins de contact direct avec les commandes de son appareil, mais il assume de nouvelles tâches concernant la collaboration avec d'autres membres de l'équipage et une interaction efficace avec les technologies de pointe présentes à bord de l'aéronef même²¹. En réalité, ces changements ont influé sur tous les aspects de l'aviation, l'automatisation des systèmes allant en s'accroissant et l'être humain assumant un rôle de plus en plus axé sur l'entrée de données et sur le contrôle au lieu d'avoir une interface physique directe avec les commandes.

La recherche a montré que l'introduction de systèmes complexes, tels que les systèmes de gestion des vols, a influencé considérablement la capacité de l'opérateur de « saisir au même niveau tous les détails de l'architecture des systèmes »²². Cela signifie, dans le contexte opérationnel, que les gammes de compétences traditionnelles liées aux connaissances détaillées qu'il faut posséder sur les systèmes pour analyser des situations d'urgence ou anormales ou pour y remédier engendrent de lourdes charges de travail et une réduction de l'efficacité cognitive²³. Cette recherche a aussi montré que le poste de pilotage moderne est extrêmement sensible aux relations entre les membres de l'équipage, en particulier aux conflits, surtout quand « une coopération intuitive et instinctive s'impose »²⁴.

Cela influe grandement sur les objectifs en matière d'instruction, en ce sens que la nécessité pour les membres d'équipage de travailler efficacement ensemble est plus pressante que jamais, car il faut éviter les conflits, accroître la coordination et répartir et partager les tâches d'une façon optimale²⁵. Bref, au lieu d'enseigner avec autant d'insistance aux opérateurs tous les détails concernant les systèmes dont ils se servent, on doit plutôt chercher à leur montrer qu'ils doivent être plus conscients de ce qu'ils savent et ne savent pas, tout en adoptant des stratégies et des solutions efficaces pour les aider à reprendre la maîtrise des situations imprévues dans lesquelles ils risquent de se trouver²⁶. L'évolution technologique qui a eu lieu dans l'aviation a mis encore plus en lumière le rôle essentiel des facteurs humains et, comme l'Organisation de l'aviation civile internationale (OACI) l'a souligné en 2005, « dans la ruée vers l'adoption de nouvelles technologies, on oublie souvent les mortels faillibles qui doivent se servir de l'équipement et établir une interface avec lui »²⁷. C'est là une leçon importante pour les organismes qui mènent actuellement un vaste programme de revitalisation de leur équipement, surtout si ce programme transcende plusieurs stades de développement technologique.

Incidents d'aviation et faits aéronautiques – Ère moderne

Maintenant que l'on accepte davantage l'importance des facteurs humains dans l'industrie de l'aviation, leurs effets globaux sont beaucoup mieux expliqués. En 2005, l'OACI a publié son *Accident Prevention Manual* dans lequel elle soulignait qu'« au moins trois accidents sur quatre sont dus à des

20. Pamela S. Tsang et Michael A. Vidulich, *Principles and Practice of Aviation Psychology*, New Jersey, Lawrence Erlbaum Associates, 2003, p. 4.

21. *Ibid.*, p. 8.

22. René Amalberti et collaborateurs, « Human Factors in Aviation: An Introductory Course », *Aviation Psychology: A Science and a Profession* (sous la dir. de) Klaus-Martin Goeters, Aldershot, Ashgate Publishing, 1998, p. 27.

23. *Ibid.*, p. 29.

24. *Ibid.*

25. *Ibid.*

26. *Ibid.*

27. Organisation de l'aviation civile internationale, *ICAO Accident Prevention Programme*, Montréal, OACI, 2005, p. 310.

erreurs d'exécution commises par des personnes qui semblent être en bonne santé et compétentes »²⁸. Analysant les raisons de ce phénomène, l'OACI déclare dans ce document qu'une approche intuitive des facteurs humains rate la cible. Si l'on veut réduire le nombre d'accidents, il faut prendre en compte et appliquer délibérément les facteurs humains dans toutes les dimensions de l'exécution²⁹. Il ne suffit désormais plus de décrire quelque chose comme étant une erreur humaine : il importe de comprendre pourquoi l'erreur a été commise en tout premier lieu³⁰.

Dans une étude approfondie sur l'industrie du transport aérien, Boeing publie un résumé statistique annuel sur les accidents impliquant des avions à réaction commerciaux. Les renseignements utilisés dans l'étude sont tirés de multiples sources : les données sur les opérations aériennes; les rapports du gouvernement sur les accidents; les opérateurs; les fabricants; divers services d'information gouvernementaux et privés; articles parus dans la presse³¹. Entre 1959 et 2008, Boeing a ainsi examiné 1 630 accidents commerciaux en tout pour en cerner les facteurs contributifs. Quand elle a raffiné les données plus expressément pour les années 1999 à 2008 (la plus récente période de dix ans), elle a constaté que 80 p. 100 de tous les accidents d'aviation mortels avaient été dus à des facteurs humains³². Dans l'aviation militaire, on observe les mêmes tendances. Dans une étude que la United States Air Force a menée en 2008, du point de vue des facteurs humains, sur tous les grands accidents survenus entre 1992 et 2005, elle a constaté que « la majorité des accidents subis par la Force aérienne avaient été attribuables à l'erreur humaine »³³. D'autres aviations militaires occidentales ont relevé les mêmes tendances et, pas plus tard qu'en février 2010, l'Armée de l'air française a précisé qu'au moins 80 p. 100 de tous les accidents peuvent être attribués à des facteurs humains³⁴.

Nature des incidents et faits aéronautiques liés à des facteurs humains

Comme nous en avons déjà parlé dans la présente section, on sait depuis longtemps dans l'aviation qu'il faut inculquer aux opérateurs des connaissances de base sur les systèmes et sur les moyens à prendre pour faire face aux situations d'urgence et aux anomalies particulières connues. Plusieurs, y compris la National Aeronautics and Space Administration (NASA), ont cherché à savoir si cette formation a entraîné une réduction du nombre d'erreurs d'exécution. Les résultats sont surprenants et remettent en cause la pensée conventionnelle non seulement sur ce qu'il convient d'enseigner aux aviateurs, mais aussi sur les méthodes d'enseignement³⁵.

En se fondant sur les données de l'Aviation Safety Reporting System (ASRS), une équipe de chercheurs de la NASA a commencé à examiner la question en 1999³⁶. En se servant de mots tels que « urgence » et « anormal » dans la base de données de l'ASRS, laquelle contient les renseignements versés à titre anonyme par les pilotes de ligne de toutes les parties des États-Unis, l'équipe a pu trouver 107 rapports qu'elle a ensuite analysés. Cette étude a révélé ce qui suit : les aviateurs règlent

28. *Ibid.*

29. *Ibid.*

30. *Ibid.*

31. Boeing Commercial Airplanes, « Statistical Summary of Commercial Jet Airplane Accidents: Worldwide Operations 1959–2008 », Seattle, Aviation Safety Boeing Commercial Airplanes, June 2011, <http://www.boeing.com/news/techissues/pdf/statsum.pdf> (consulté le 3 juillet 2012).

32. *Ibid.*, p. 23.

33. Randall W. Gibb et Wes Olson, « Classification of Air Force Aviation Accidents: Mishap Trends and Prevention », *International Journal of Aviation Psychology*, vol. 18, n° 4, automne 2008, p. 307.

34. France, Ministère de la défense, « Facteurs humains », *Air actualités*, vol. 628, février 2010, p. 35.

35. Barbara K. Burian, Immanuel Barshi et Key Dismukes, *The Challenge of Aviation Emergency and Abnormal Situations*, rapport rédigé pour la National Aeronautics and Space Administration, Ames Research Center, Moffat Field, Californie, NASA, 2005, p. 1.

36. Barbara K. Burian and Immanuel Barshi, « Emergency and Abnormal Situations: A Review of ASRS Reports », *Proceedings of the 12th International Symposium on Aviation Psychology*, (sous la dir. de) R. Jensen, Dayton (Ohio), Wright State University Press, 2003, p. 1.

les situations particulières pour lesquelles ils ont été formés, par exemple l'application des consignes d'urgence, mais ils sont souvent « pris au dépourvu face à la réalité » dans le cours de leur travail. Un constat se dégageait des rapports : ayant terminé les vérifications exigées dans leurs listes de contrôle, les pilotes en concluaient que tout était revenu à la normale à bord³⁷. L'étude a montré qu'en général, les pilotes adoptaient une perspective systémique suivant laquelle ils se souciaient surtout de respecter les consignes d'une liste de contrôle particulière pour remédier à une anomalie dans un système donné, plutôt que d'évaluer les conséquences que celle-ci risquait d'avoir pour le reste du vol. Ils réagissaient bien à la majorité des situations d'urgence « prévues dans les manuels », mais celles-ci n'avaient été présentes que dans 22 des 107 incidents étudiés. Dans les 85 autres rapports, il s'agissait de situations non abordées dans les manuels, et dans ces cas, les pilotes ont en général réagi de piètre façon, le rapport exprimant des inquiétudes au sujet de la façon « dont l'équipage ou d'autres intervenants avaient fait face à la situation »³⁸. Ces constatations sont résumées dans le Tableau 2.1.

	Situations d'urgence prévues dans les manuels	Situations d'urgence non prévues dans les manuels	Total
Réglées judicieusement	19	6	25
Mal réglées	3	79	82
Total	22	85	107

Tableau 2.1. Genre de situations d'urgence et façon dont elles ont été gérées

Dans un rapport de suivi publié en 2005, les chercheurs de la NASA ont formulé plusieurs observations sur la question de savoir pourquoi ces écarts existaient entre les genres de situations d'urgence auxquelles les équipages faisaient face³⁹. Comme elle l'a souligné, à l'égard de nombreuses situations anormales, il n'existait aucune consigne ou liste de contrôle sur laquelle l'équipage pouvait se fier pour régler le problème, ce qui l'obligeait à « concevoir une solution appropriée ». Au cours d'une formation qui met essentiellement l'accent sur les situations et les procédures anormales les plus communes, les équipages font rarement face à une situation pour laquelle il n'existe aucune solution publiée⁴⁰. Par conséquent, dans bien des cas, la formation que les équipages reçoivent alors ne correspond tout simplement pas aux situations auxquelles ils risquent d'être confrontés dans l'exécution de leurs tâches. La qualité de leur réaction diminue donc à cause de la piètre qualité des communications et de la coordination entre tous les intervenants⁴¹.

Ces constatations sont importantes et elles corroborent l'affirmation faite plus tôt dans la présente section et publiée par Amalberti et ses collaborateurs en 1998, selon laquelle la formation doit aussi mettre l'accent sur les moyens à prendre pour éviter les conflits, accroître la coordination et répartir et partager les tâches d'une façon optimale⁴². Il ne suffit désormais plus de se concentrer sur la connaissance des systèmes et sur les procédures publiées. Au lieu d'enseigner avec autant d'insistance aux opérateurs tous les détails concernant les systèmes dont ils se servent, on doit plutôt, au cours de la formation, chercher à leur montrer qu'ils doivent être plus conscients de ce qu'ils savent

37. *Ibid.*, p. 6.

38. *Ibid.*

39. Burian, Barshi et Dismukes, *Challenge of Aviation Emergency*, p. 1.

40. *Ibid.*, p. 2.

41. *Ibid.*, p. 11.

42. Amalberti et collaborateurs, « Human Factors in Aviation », p. 29.

et ne savent pas, tout en adoptant des stratégies et des solutions efficaces pour les aider à reprendre la maîtrise des situations imprévues dans lesquelles ils risquent de se trouver⁴³. L'acquisition des compétences de pilotage de base demeure un élément essentiel de la formation de tout aviateur, mais l'aviation moderne exige d'autres types de connaissances que l'organisation offrant la formation doit fournir pour que les pilotes arrivent à bien faire leur travail.

Ce sont là des questions qui ont été cernées dans l'industrie aéronautique depuis un bon moment déjà, et il convient donc d'examiner comment celle-ci s'y est attaquée. Une des stratégies qu'elle a adoptée dans son ensemble pour enseigner en quoi consistent les facteurs humains (par exemple, la gestion de la charge de travail, les communications et le processus décisionnel) et pour les évaluer réside dans la LOS.

Introduction à la simulation des opérations de ligne

Parallèlement à la percée faite dans le domaine des facteurs humains lors de la Conférence de l'Association du transport aérien international, à Istanbul en 1975, le concept de la LOS a d'abord été présenté sous un autre nom, soit « entraînement type vol de ligne » (ou LOFT), la même année que les Northwest Airlines ont demandé à la FAA, aux États-Unis, la permission d'instaurer une formation d'un nouveau genre. Deux grandes raisons expliquaient cette démarche. Tout d'abord, la technologie des simulateurs s'était améliorée à tel point qu'elle permettait de reproduire l'environnement opérationnel avec un haut degré de fidélité⁴⁴. Ensuite, les données sur la sécurité montraient qu'à cette époque, plus de 70 p. 100 de tous les accidents et incidents survenus au cours des 20 années précédentes pouvaient être attribués à des « lacunes aux chapitres du leadership, des aptitudes en communication, de la coordination de l'équipage et du processus décisionnel »⁴⁵. En fait, les données révélaient à l'industrie que les accidents étaient principalement causés non pas par des pannes techniques, mais par l'utilisation impropre des ressources auxquelles l'équipage avait facilement accès. À la lumière de ces deux constats, l'industrie a conclu qu'elle s'attaquerait avec plus de succès aux problèmes inhérents aux facteurs humains en son sein si elle recourait à l'environnement synthétique⁴⁶.

En même temps qu'elle a reçu cette demande des Northwest Airlines, la FAA a commencé à se pencher sur les questions de réglementation liées à l'environnement synthétique naissant. Reconnaissant que les nouvelles technologies de simulation étaient considérablement meilleures et plus complexes que les précédentes et prenant en compte la demande de l'industrie aéronautique, la FAA s'est tout d'abord penchée sur les normes de conception des simulateurs. Cet effort a abouti à la publication du Programme avancé de simulation (Advanced Simulation Program) en 1980; depuis lors, la FAA se concentre sur la deuxième variable de l'équation, soit les systèmes de formation qui utilisent l'environnement synthétique⁴⁷.

La mise en œuvre de la LOS

Depuis l'introduction du premier simulateur d'entraînement, on a déployé des efforts énormes pour en améliorer la technologie. Le problème qui découle de cela (comme l'ont cerné Eduardo Salas, Clint Bowers et Lori Rhodenizer) est que « l'instruction en aviation n'a pas évolué, contraire-

43. *Ibid.*

44. William R. Hamman et autres, « The Future of LOFT Scenario Design and Validation », *Proceedings of the Seventh International Symposium on Aviation Psychology*, (sous la dir. de) R. Jensen, Dayton (Ohio), Wright State University Press, 1993, p. 589.

45. *Ibid.*

46. *Ibid.*

47. United States, Federal Aviation Administration, *Developing Advanced Crew Resource Management (ACRM) Training: A Training Manual*, Washington (DC), Office of the Chief Scientific and Technical Advisor for Human Factors, 1998, p. ii.

ment à ce qui a été le cas des simulations et des simulateurs »⁴⁸. D'après la description de ces auteurs, les simulateurs sont encore employés, essentiellement, comme ils l'étaient au moment de leur lancement, sans que l'on se préoccupe vraiment de la quantité considérable de renseignements acquis sur l'instruction individuelle et sur celle des équipes⁴⁹.

Afin d'exploiter à fond le potentiel des simulateurs, les organisations doivent cesser de vouloir surtout créer des niveaux optimums de réalisme et se préoccuper principalement de « concevoir des systèmes d'entraînement axés sur l'être humain et favorisant l'acquisition de compétences complexes »⁵⁰. En d'autres mots, l'entraînement sur simulateur doit reposer sur les concepts fondamentaux de la formation pour produire de bons résultats. Comme Salas, Bowers et Rhodenizer l'ont souligné, la formation doit être une démarche d'apprentissage délibérée qui comporte plusieurs stades et l'élaboration de l'environnement d'apprentissage. Ce sont « les dimensions pédagogiques de la simulation », plutôt que l'appareil en soi, qui détermineront le degré de succès de la formation, et elles doivent comprendre « la mesure du rendement, l'analyse cognitive et l'analyse des tâches, la conception de scénarios et les mécanismes de rétroaction et de compte rendu »⁵¹.

En ce qui concerne l'environnement synthétique, il faut aussi prendre en compte le fait qu'une fidélité plus élevée ne produit pas une meilleure formation si des améliorations correspondantes ne sont pas apportées à la façon dont cette formation est donnée. Les meilleurs appareils du monde ne produiront pas nécessairement les résultats promis; en fait, des appareils de moindre qualité peuvent améliorer sensiblement la qualité de l'entraînement si l'on s'en sert judicieusement. Vu la propension de l'industrie à opter pour des dispositifs coûteux à degré de fidélité élevé, on passe souvent outre au fait qu'il est difficile d'obtenir les fonds voulus pour soutenir la mise au point d'un robuste système d'entraînement afin de favoriser l'utilisation de ces dispositifs⁵². Une leçon claire à retenir de tout cela, c'est qu'il ne suffit pas d'investir dans les dispositifs; il faut aussi investir dans l'élaboration d'un système d'entraînement qui prendra en compte les comportements afin d'accroître l'efficacité de la formation⁵³. Une grande partie de l'industrie a maintenant fait sienne cette leçon, et cela est manifeste dans la façon dont la LOS est mise en œuvre aujourd'hui dans l'aviation.

La LOS aujourd'hui

À partir du début des années 1980, la FAA a publié des lignes directrices importantes sur l'élaboration de l'entraînement type vol de ligne (LOFT). Ce nom lui-même a évolué pour devenir « simulation des opérations de ligne », ou LOS, concept qui désigne à la fois le LOFT traditionnel, la formation aux opérations spéciales (SPOT) et l'évaluation opérationnelle de ligne (LOE). Comme on le précise clairement dans les documents de la FAA, « comme les problèmes de gestion des ressources en équipe (CRM) ont contribué aux accidents, il est devenu évident que les programmes de cours devaient parfaire les compétences des pilotes sur le plan technique et en ce qui concerne la CRM »⁵⁴. Du point de vue des facteurs humains, pour que la formation axée sur la CRM soit efficace, elle doit être délibérément intégrée dans tous les stades de la formation et dans toutes les activités pédagogiques; c'est pourquoi la LOS a été adoptée largement dans toute l'industrie aéronautique. La clé de la LOS réside dans le fait qu'elle permet de créer un environnement de

48. Salas, Bowers et Rhodenizer, « It Is Not How Much », p. 199.

49. *Ibid.*

50. *Ibid.*

51. *Ibid.*, p. 201.

52. *Ibid.*, p. 205.

53. *Ibid.*

54. United States, Federal Aviation Administration, Advisory Circular (AC) 120-35C, *Line Operational Simulations: Line Oriented Flight Training, Special Purpose Operational Training, Line Operational Evaluation*, Washington (DC), FAA Flight Standards, 2009, p. iv.

formation qui encourage l'application des concepts techniques et liés à la CRM à une situation où « les connaissances théoriques peuvent devenir des connaissances pratiques »⁵⁵.

Un volet clé de la LOS se résume à ceci : au lieu que l'activité d'apprentissage soit programmée avec une seule solution, l'équipage est autorisé à gérer la situation et l'environnement, tout en analysant l'information pour en arriver à une solution satisfaisante⁵⁶. On met l'accent sur l'élaboration collective d'une solution au problème, solution qui répond aux objectifs principaux, à savoir garantir la sécurité du vol et l'accomplissement de la mission. Pour ce faire, les membres de l'équipage doivent coopérer très efficacement tout en hiérarchisant les tâches et en gérant la charge de travail. Comme les incidents et les accidents d'aviation sont dus pour la plupart à des cas anormaux ou à des situations d'urgence « non documentés » où l'équipage n'utilise pas convenablement toutes les ressources mises à sa disposition, la LOS a pour objet de procurer aux équipages les compétences nécessaires pour faire face à des situations souvent ambiguës et contradictoires. Comme la FAA l'a précisé, l'objectif de la LOS « consiste à améliorer la performance de tout l'équipage aérien, de manière à prévenir les incidents et les accidents pendant un vol opérationnel »⁵⁷.

Comme nous l'avons déjà dit, les volets qui ont été ajoutés au LOFT pour constituer ce que l'on appelle la LOS sont la SPOT et la LOE. Leurs buts précis sont décrits ci-après :

- a. **SPOT.** Elle sert à présenter de nouvelles exigences d'apprentissage, telles que celles allant de pair avec la mise en service d'un nouveau sous-système aéronautique par suite d'une modification; il s'agit d'une formation conçue à des fins précises et portant sur des compétences techniques et liées à la CRM. Elle peut comporter « des segments de vol complets ou partiels, tout dépendant des objectifs de l'entraînement du vol »⁵⁸.
- b. **LOE.** C'est le principal moyen d'évaluation des compétences de la personne sur le plan technique et en matière de CRM, compétences qui ont été désignées comme étant nécessaires à la personne pour qu'elle fonctionne en toute sécurité et avec efficacité dans le contexte de la mission⁵⁹.

Les éléments fondamentaux de la LOS

Plusieurs éléments clés de la LOS doivent être pris en compte pendant la conception et la mise en œuvre. Pour que les aviateurs acquièrent pleinement les compétences liées à la CRM, ce qui comprend des techniques qui permettent de mieux résoudre les problèmes et gérer les ressources, il faut structurer toute LOS de manière à « favoriser la manifestation des comportements liés à la CRM et à faire en sorte que l'équipage en prenne conscience; en d'autres mots, le scénario doit durer assez longtemps pour que les traits de caractère des membres de l'équipage deviennent évidents et que ceux-ci affichent leurs compétences dans des circonstances particulières »⁶⁰. Il faut adhérer à cette philosophie de base dans la conception de toutes les LOS pour qu'elles produisent les effets souhaités.

Autre considération importante, tout entraînement exécuté dans le contexte de la LOS doit faire intervenir l'équipage au complet ou tous les acteurs qui prendraient part aux opérations de ligne. Cela permet à tous les membres de l'équipage ou de l'équipe de jouer un rôle, d'exploiter à fond les ressources disponibles et de faire preuve de créativité pour résoudre des situations complexes et ambiguës. Il est également essentiel que, dans la mesure du possible, les scénarios utilisés dans la LOS

55. *Ibid.*

56. *Ibid.*

57. *Ibid.*, p. v.

58. *Ibid.*

59. *Ibid.*, p. vi.

60. *Ibid.*, p. 1.

reproduisent l'environnement réel auquel le personnel sera exposé dans les opérations de ligne. Ces scénarios doivent progresser en temps réel et comporter les segments de toute une opération. Enfin, le LOFT et la SPOT doivent être perçus comme des activités d'entraînement « sans risque » au cours desquelles les équipages peuvent commettre des erreurs sans craindre que leur carrière en souffre. On s'assure ainsi que les stagiaires n'hésitent pas à recourir à toutes leurs ressources et à leur créativité⁶¹.

Une fois clairement établis les éléments fondamentaux de la LOS, la conception du scénario et les niveaux de performance peuvent être fixés quant aux compétences techniques et à celles liées à la CRM. Dès lors, le défi se trouve dans le contexte de la mise en œuvre et, sur ce plan, c'est encore une fois l'être humain qui est essentiel à la réussite éventuelle d'un programme de LOS. Dans ce cas, ce seront les instructeurs et les évaluateurs qui décideront si le programme en question atteint ses objectifs ou non.

Le rôle essentiel des instructeurs et des évaluateurs

Dans l'industrie, plusieurs documents ont été rédigés sur le rôle fondamental que les instructeurs et les évaluateurs jouent dans la mise en œuvre et la tenue à jour de n'importe quel nouveau programme. En 1998, la FAA a publié un guide sur l'intégration de la CRM dans les opérations de l'aviation; il s'intitule *Developing Advanced Crew Resource Management Training (ACRM): A Training Manual*. Le document fait valoir que « les instructeurs/évaluateurs sont sur la ligne de front »⁶². Ce ne sera que grâce à l'intervention continue de ces acteurs essentiels, dès le début, qu'un programme d'ergonomie fructueux pourra être pleinement intégré dans les opérations. Non seulement ils peuvent aider à élaborer les programmes d'instruction, mais en mettant tôt « la main à la pâte », ils deviennent des modèles de rôle pour le reste de l'organisation, ce qui représente une première étape fondamentale dans l'évolution de cette dernière⁶³.

Pourtant, il ne suffit pas de faire participer les instructeurs et les évaluateurs au processus. Ceux-ci doivent s'exercer considérablement pour acquérir les compétences voulues en matière d'évaluation, et les exercices doivent être normalisés autant que possible⁶⁴. Pour cela, c'est aux méthodes axées sur la « fiabilité de l'évaluateur » qu'il vaut mieux recourir; les instructeurs/évaluateurs (I/É) reçoivent alors la formation nécessaire pour évaluer les personnes, mais aussi pour rédiger des évaluations équilibrées et uniformes par rapport à celles qui sont formulées par le reste de leurs collègues. Cet équilibre et cette uniformité deviennent des facteurs critiques lorsqu'il s'agit de fournir des données fiables grâce auxquelles l'organisation pourra mesurer l'efficacité globale de ses divers programmes de formation⁶⁵. À tout le moins, les instructeurs et les évaluateurs doivent recevoir une formation sur « la philosophie et les compétences propres à la LOS et à la CRM et sur l'exécution de ces dernières », et ils « doivent pouvoir observer et juger avec efficacité les performances individuelles et celles de l'équipage pendant le scénario »⁶⁶. Pour qu'il soit possible d'utiliser la LOS efficacement afin de régler les problèmes liés aux facteurs humains dans l'aviation, des efforts considérables doivent être déployés pour former le cadre des I/É chargés de donner cette formation et pour leur fournir des paramètres normalisés.

61. *Ibid.*, p. 2.

62. FAA, *Developing ACRM Training*, p. 7.

63. *Ibid.*, p. 1415.

64. *Ibid.*, p. 5.

65. Robert W. Holt, Jeffrey T. Hansberger et Deborah A. Boehm-Davis, « Improving Rater Calibration in Aviation: A Case Study », *International Journal of Aviation Psychology*, vol. 12, n° 3, 2002, p. 305-306.

66. FAA, AC 120-35C, *LOS*, p. 23.

L'efficacité et les avantages de la LOS

Lorsque la LOS est élaborée conformément à ses principes fondamentaux et que l'on reconnaît l'importance vitale du cadre d'instructeurs dans sa mise en œuvre, les données de l'industrie montrent qu'elle contribue efficacement à renforcer les compétences en matière de CRM chez les aviateurs, tout en les aidant à conserver leurs compétences techniques traditionnelles. Une étude de 2008 publiée dans l'*International Journal of Aviation Psychology*, lequel regroupait 16 études empiriques qui portaient sur l'efficacité de la formation en CRM et qui faisaient l'objet d'une méta-analyse, a révélé que la formation comportementale telle que celle donnée pendant la LOS « avait eu d'importants effets sur les attitudes et les comportements des participants »⁶⁷. Ces effets positifs ont été renforcés davantage quand les participants ont été autorisés à s'exercer sur les simulateurs et appliquer les comportements qu'on leur avait enseignés en classe⁶⁸.

Les agents de réglementation en dehors des États-Unis et du Canada ont remarqué l'efficacité et les avantages d'un programme de LOS. Dès 2002, la Civil Aviation Authority (CAA), au Royaume-Uni, en a beaucoup parlé dans la Civil Air Publication (CAP) 720 intitulé *Flight Crew Training: Cockpit Resource Management (CRM) Training and Line-Oriented Flight Training (LOFT)*; elle y précisait que « le LOFT peut influencer considérablement sur la sécurité aérienne grâce à l'amélioration de l'entraînement et à la validation des procédures opérationnelles »⁶⁹. Bref, l'industrie est en train de découvrir qu'un programme de LOS bien conçu non seulement apprend aux personnes à remplir leurs fonctions d'une façon sûre et fructueuse, mais qu'il renseigne aussi énormément sur les rouages internes de l'organisation et sur ses programmes d'instruction⁷⁰. C'est là un atout de tout premier ordre qui, si l'organisation l'exploite à fond, lui permet de modifier et d'améliorer rapidement ses programmes d'entraînement et les procédures destinées à ses équipages. Non seulement il sert à contrôler les performances individuelles, mais aussi « à valider les programmes susmentionnés et les procédures opérationnelles »⁷¹. Pour les organisations en train d'opérer des changements importants, la LOS peut aider à repérer et à cerner les politiques et les pratiques qui ont perdu toute pertinence dans l'environnement opérationnel, mais que l'on conserve pour des raisons culturelles. Mise en œuvre de la bonne façon, la LOS peut devenir un puissant moteur de changement.

Résumé

Bien que la notion bien enracinée que l'étude des facteurs humains soit relativement récente et que le domaine soit largement considéré comme constituant la dernière frontière à découvrir en aviation, un examen des documents historiques infirme pareille affirmation. Depuis les tout débuts du vol habité, l'être humain a joué un rôle dominant dans le système et il a déterminé le degré de réussite de l'aviation. Comme les statistiques actuelles sur les incidents et les accidents montrent que les facteurs humains sont à l'origine de 70 à 80 p. 100 de tous les faits aéronautiques, il reste clairement beaucoup à faire dans ce domaine, et au nombre des grandes innovations de l'industrie à cet égard figure l'introduction de la simulation des opérations de ligne. Conçue expressément pour remédier aux lacunes aux chapitres du leadership, des communications, du processus décisionnel et de la coordination des tâches de l'équipage, elle représente un outil incroyablement efficace pour réduire les effets des facteurs humains.

67. Paul O'Connor et collaborateurs, « Crew Resource Management Training Effectiveness: A Meta-Analysis and Some Critical Needs », *International Journal of Aviation Psychology*, vol. 18, n° 4, 2008, p. 353.

68. *Ibid.*, p. 364.

69. Royaume-Uni (R.-U.), Civil Air Authority, CAP 720, *Flight Crew Training: Cockpit Resource Management (CRM) Training and Line-Oriented Flight Training (LOFT)*, Gatwick (R.U.), Safety Regulation Group, 2002, chapitre 5, page 1.

70. *Ibid.*

71. *Ibid.*

Afin d'optimiser l'influence des facteurs humains grâce à l'entraînement sur simulateur, il faut prendre en considération plusieurs éléments clés de l'environnement aéronautique moderne. Il importe tout d'abord de reconnaître que l'entraînement doit évoluer en même temps que la technologie. Les méthodes d'instruction traditionnelles et éprouvées qui donnaient de bons résultats dans les systèmes au sein desquels l'être humain était le seul et unique intervenant se sont avérées insuffisantes à mesure que l'industrie s'est automatisée. Il faut aussi faire un constat parallèle : la majorité des incidents et des accidents en aviation sont dus au fait que les équipages n'utilisent pas toutes les ressources dont ils disposent dans les situations non prévues dans les « manuels ». L'environnement aéronautique moderne et perfectionné a compliqué encore plus la tâche de l'équipage qui doit réunir des renseignements et agir d'une façon délibérée et décisive. Enfin, la recherche a montré que la première ligne de défense, lorsqu'on parle des facteurs humains en aviation, n'est pas uniquement le programme d'entraînement même, mais bien les instructeurs et les évaluateurs. Les outils pédagogiques offrent la possibilité d'accroître l'efficacité humaine, mais ce sont les humains qui donnent l'instruction qui, dans le cadre d'un programme conçu délibérément, font toute la différence et permettent à l'organisation de porter la performance humaine à des niveaux optimaux.

On a beaucoup écrit sur tous ces aspects et l'on en a largement discuté dans l'industrie aéronautique. Diverses entités civiles et militaires ont étudié, à divers degrés, les méthodologies et les concepts abordés dans la présente section toujours dans le but d'optimiser l'effet des facteurs humains. La Force aérienne du Canada fait partie de ces entités. Par conséquent, afin de poursuivre notre étude, nous devons examiner l'état actuel des choses dans la Force aérienne du Canada pour ce qui concerne les facteurs humains en aviation et la LOS.

3. La Force aérienne du Canada

Introduction

L'industrie aéronautique dans son ensemble a reconnu le rôle critique des facteurs humains dans l'exécution sûre et fructueuse des opérations (et celui des moyens à prendre pour les optimiser grâce à la simulation), mais la Force aérienne du Canada a du mal à adopter et à mettre pleinement en application les mêmes méthodologies et la même orientation. Dans la présente section, nous examinerons en détail l'objectif final que la Force aérienne espère atteindre en ce qui concerne les facteurs humains et la simulation, et nous évaluerons où elle se situe par rapport à cet objectif. Pour cela, nous puiserons dans les recherches faites dans la Force aérienne dans d'autres contextes et nous analyserons ses publications actuelles portant sur les facteurs humains et la simulation.

Objectif final visé

En 2004, le Chef d'état-major de la Force aérienne a publié le document intitulé *Vecteurs stratégiques*. Considéré comme une publication phare, l'ouvrage décrit les moyens que la Force aérienne doit prendre pour opérer sa transformation et passer « d'une force statique centrée sur ses plates-formes qu'elle est aujourd'hui à une force aérospatiale expéditionnaire, réseautée et axée sur les résultats pour le XXI^e siècle »⁷². Un des moyens essentiels à prendre pour réaliser la transformation de la Force aérienne réside dans la création d'un « environnement synthétique réparti pour l'entraînement au pilotage et la répétition de missions opérationnelles »⁷³. En 2008, le commandant de la 1^{re} Division aérienne du Canada, qui est aussi le commandant opérationnel de

72. Canada, ministère de la Défense nationale (MDN), *Vecteurs stratégiques*, Ottawa, ministère de la Défense nationale, 2004, p. 2.

73. *Ibid.*, p. 48.

tous les aéronefs des Forces canadiennes, a adressé une directive à toutes les unités du domaine de la mobilité aérienne. Il y déclarait : « [il] faut recourir le plus possible à la simulation pour atteindre les objectifs de l'entraînement, tant initial que périodique, de manière à réduire l'utilisation des aéronefs pour l'instruction et à accroître la production de pilotes.⁷⁴ » De toute évidence, la Force aérienne du Canada voit dans l'exploitation de la simulation un outil fondamental non seulement pour effectuer sa transformation, mais aussi pour parvenir à l'excellence dans les opérations.

Tout porte à croire que la Force aérienne continuera de plus en plus à recourir à la simulation pour atteindre ses objectifs en matière d'entraînement. Que ce soit par suite des progrès accomplis dans l'industrie ou à cause de pressions internes incitant la Force aérienne à mieux rentabiliser ses ressources et à améliorer la qualité avec des ressources limitées, l'importance de l'environnement synthétique continuera de grandir. Dans le document intitulé *Projection de la puissance : la Force aérienne du Canada en 2035*, on lit que « [l]emploi d'environnements virtuels sera une ressource clé à tous les niveaux de l'instruction et de l'éducation »⁷⁵ et que « [la] supériorité dans la dimension cognitive ou dans la dimension humaine sera essentielle pour que nos valeurs et notre prospérité perdurent »⁷⁶. Ensemble, ces deux énoncés expriment la nécessité pour la Force aérienne du Canada d'exploiter pleinement la simulation afin de parvenir à la supériorité dans la dimension humaine. Si c'est là le résultat final souhaité, il faut examiner l'état actuel de l'environnement synthétique et de l'optimisation des performances humaines, afin de mesurer l'écart existant entre les deux. Ce ne sera qu'une fois cette tâche accomplie que la Force aérienne pourra commencer à mettre en œuvre les politiques et les ressources voulues pour parvenir à l'objectif final souhaité.

La Force aérienne du Canada aujourd'hui

Dans la nuit du 12 juillet 2006, un hélicoptère de recherche et de sauvetage CH149 Cormorant du 413^e Escadron Greenwood, a décollé pour exécuter une mission d'entraînement régulière dans les environs de Sydney (Nouvelle-Écosse), en coordination avec la Garde côtière canadienne, l'objectif étant de s'exercer à faire des opérations de récupération qui devaient comprendre des treuillages depuis un bateau. Malheureusement, au moment où l'appareil allait se mettre en vol stationnaire, il a heurté la surface de l'eau, et trois membres d'équipage ont perdu la vie. La Direction de la sécurité des vols a enquêté à fond sur les causes de l'accident, et ses constatations ont clairement montré que plusieurs facteurs humains étaient entrés en jeu, y compris la perte de la connaissance de la situation⁷⁷.

Conscient du fait que la perte du Cormorant révélait peut-être l'existence de défaillances systémiques plus répandues, le Commandant de la 1^{re} Division aérienne (1 DAC) du Canada a lancé une série d'initiatives pour les repérer, en définissant clairement le résultat final qu'il escomptait obtenir, et il a commencé à préciser les moyens à prendre pour y remédier. Ces initiatives reposaient sur le modèle des « quatre P » expliqué par Asaf Degani et Earl Weiner de la National Aeronautics and Space Administration, en 1994. L'hypothèse de ce modèle est que, pour arriver à exécuter les opérations de vol voulues dans la « pratique » (le quatrième *p*), il faut tout d'abord élaborer une philosophie, des politiques et des procédures⁷⁸. Ce n'est qu'une fois ces trois aspects harmonisés que l'on peut parvenir aux niveaux de performance souhaités. À la lumière de cette hypothèse, le

74. Major-général J. A. J. Y. Blondin, message du Quartier général de la 1^{re} Division aérienne du Canada, Comd 078, 101413Z Jul 08, « Air Mobility Training Directive FY 08/09 through 13/14 ».

75. Canada, ministère de la Défense nationale, *Projection de la puissance : la Force aérienne du Canada en 2035*, Ottawa, Centre de guerre aérospatiale des Forces canadiennes, 2009, p. 52.

76. *Ibid.*

77. Canada, ministère de la Défense nationale, *Rapport d'enquête sur la sécurité des vols (RESV) 1010-149914*, Ottawa, Direction de la sécurité des vols, 22 janvier 2008, p. 75-76.

78. Asaf Degani et Earl L. Weiner, *On the Design of Flight Deck Procedures*, Moffat (CA), NASA Contractor Report 177642, 1994, p. 6.

Commandant de la 1^{re} DAC a publié la « philosophie de l'automatisation de la 1^{re} Division aérienne du Canada », en juin 2007⁷⁹. Cette philosophie comprenait notamment une directive claire selon laquelle il fallait veiller à ce que « toutes les consignes de vols, tous les programmes d'entraînement au vol et tous les critères d'évaluation [...] »⁸⁰ soient harmonisés avec la « philosophie de l'automatisation ».

Le Projet d'élaboration de la politique et de la planification en matière d'automatisation

Une fois la « philosophie de l'automatisation » publiée, la prochaine étape logique consistait à formuler une politique qui l'appuierait. À cette fin, le Commandant de la 1^{re} DAC a lancé le Projet d'élaboration de la politique et de la planification en matière d'automatisation (EPPA), en décembre 2007. L'objectif fondamental du projet est d'élaborer pour la Force aérienne une politique qui instaure et tient à jour un solide programme d'ergonomie non seulement pour optimiser les performances humaines, mais aussi pour faire en sorte que celles-ci soient harmonisées avec les nouvelles technologies dont la Force aérienne était en voie de se doter⁸¹. La première étape fondamentale à franchir pour formuler cette politique consiste à mesurer l'écart entre le niveau souhaité des performances, tel qu'il était décrit dans la « philosophie de l'automatisation », et l'état actuel des choses dans la Force aérienne. À cette fin, les responsables du Projet d'EPPA ont analysé toutes les ordonnances et tous les documents existants de la Force aérienne et rendu visite à plusieurs escadres et unités dans tout le pays. Une fois leur travail terminé, ils ont remis à la Force aérienne un rapport qui contenait plusieurs conclusions et recommandations. Certaines d'entre elles concernent directement les domaines des facteurs humains (ergonomie) et de l'environnement synthétique, et ce sont là les thèmes que nous aborderons en profondeur dans les sections suivantes.

La simulation dans la Force aérienne

L'enquête sur l'accident du Cormorant a montré que la Force aérienne n'avait pas profité à fond de l'environnement synthétique mis à sa disposition. Les enquêteurs ont conclu que « la compétence générale des équipages de CH149 était inférieure à ce qui aurait pu être atteint moyennant une approche plus rigoureuse à l'entraînement en simulateur et à l'entraînement en général »⁸². L'analyse faite à la lumière du Projet d'EPPA a confirmé que le recours à la simulation fait défaut dans presque tous les secteurs de la Force aérienne. On y conclut qu'un des atouts de la Force aérienne réside dans les appareils de simulation qu'elle possède, mais qu'elle n'en profite pas pour entraîner son personnel⁸³. Le rapport des responsables du Projet d'EPPA résume comme suit les conséquences de cet état de choses : « Les avantages concrets inhérents à l'accès à des simulateurs de haute qualité et à haute fidélité, pour l'entraînement ne sont pas ressentis; par ailleurs, on utilise pour l'entraînement des heures de vol à bord d'aéronefs, et l'on subit les frais que cela suppose, alors que ces activités seraient mieux exécutées dans le simulateur⁸⁴. »

Il n'y a pas lieu de se surprendre de ces constatations, étant donné la politique-cadre de la Force aérienne au sujet de l'environnement synthétique. Après avoir examiné au complet les Ordonnances de la 1^{re} Division aérienne du Canada concernant l'utilisation de la simulation, les responsables du Projet d'EPPA ont conclu que « la meilleure façon de décrire le ton général et les recommandations finales

79. Major-général J. C. C. Bouchard, Dossier 30301 (Cmnd) du Quartier général de la 1^{re} Division aérienne du Canada, 12 décembre 2007, « Air Division Fleet Modernization and Aircraft Automation Philosophy ».

80. *Ibid.*, p. 2/3.

81. Major-général M. Duval, Dossier 3030-1 (Cmnd EPPA), 12 décembre 2007, « Aircraft Automation Philosophy », p. 1/3.

82. MDN, *RESV 1010-149914*, 54/84.

83. R. D. Kobierski et C. Stickney, *Automation Analysis Report*, Ottawa, 1^{re} Division aérienne du Canada, 29 septembre 2008, p. 4.25.

84. *Ibid.*, p. 3.27.

consiste à utiliser le mot *SIMULAPHOBE* »⁸⁵. La meilleure preuve de cette affirmation est résumée dans l'extrait suivant des Ordonnances susmentionnées : « En temps normal, l'utilisation du simulateur à titre de plate-forme pour l'exécution des épreuves de qualification de vol aux instruments (IRT) sera approuvée comme solution de rechange à l'exécution des vols d'IRT à bord des véritables aéronefs⁸⁶. »

Quand nous situons cette constatation dans le contexte des progrès de l'industrie au chapitre du recours à l'environnement synthétique, et comme nous en avons parlé dans la section précédente, nous voyons qu'elle est importante. Dans la majorité des secteurs de l'industrie aéronautique, tant civils que militaires, on sonde les limites de ce qu'il est possible d'accomplir avec l'environnement synthétique, alors que la Force aérienne du Canada cherche à en restreindre l'utilisation. Dans le rapport issu du Projet d'EPPA, la politique a été décrite comme restreignant considérablement la capacité de la Force aérienne d'exploiter à fond l'environnement synthétique, et les auteurs du rapport en ont réclamé la modification immédiate⁸⁷. Comme c'est le cas de tous les changements organisationnels, il ne suffira pas de refondre la politique pour obtenir les résultats voulus. La culture de l'organisation détermine si la politique est mise en œuvre ou pas et, ici encore, le rapport des responsables du Projet d'EPPA nous éclaire sur cette culture, notamment dans la mesure où elle se rapporte aux instructeurs et aux évaluateurs de la Force aérienne.

La pratique consistant à entraîner et à évaluer chaque pilote individuellement se manifeste dans le recours de la Force aérienne à la simulation. Bien que l'environnement synthétique soit un « élément vital d'un entraînement efficace à bord des aéronefs modernes⁸⁸ », « il est rare⁸⁹ » que la Force aérienne se serve de ses simulateurs pour évaluer les membres d'équipage. Au contraire, « des principes d'entraînement fortement enracinés et datant de loin nuisent à l'automatisation de l'entraînement au vol et des évaluations dans la Force aérienne⁹⁰ ». Les instructeurs et les évaluateurs de la Force aérienne ont créé « une très forte culture suivant laquelle chaque pilote doit pouvoir maîtriser son aéronef jusqu'à l'atterrissage, en toutes circonstances, « en se servant de ses mains et de ses pieds »⁹¹. L'accent mis sur les compétences techniques traditionnelles l'est « au détriment des autres compétences de vol »⁹². Ici encore, quand on la situe dans le contexte de ce que l'industrie aéronautique a appris sur le rôle fondamental des facteurs humains dans les incidents et les faits aéronautiques, « la méthode actuelle d'évaluation individuelle ne favorise pas la coordination étroite des tâches »⁹³. La culture de la Force aérienne, qui se manifeste dans ses méthodes d'entraînement et d'évaluation, va à l'encontre de ce que l'industrie a appris quant aux meilleurs moyens de produire les performances humaines optimales au sein d'une équipe. Pour comprendre cette culture, il faut examiner les programmes d'ergonomie de la Force aérienne et les normes d'instruction et de qualification de ses instructeurs et de ses évaluateurs.

Les facteurs humains dans la Force aérienne

En 2001, la Force aérienne a créé le programme de la Performance humaine dans l'aviation militaire (PHAM) pour remplacer le programme de Gestion des ressources en équipe (CRM). Le

85. *Ibid.*, p. 3.26.

86. Canada, ministère de la Défense nationale, Ordonnances de la 1^{re} Division aérienne du Canada, vol. 2, 2-008, annexe A, « IRT sur simulateurs de vol – Processus d'approbation du simulateur / Exécution des IRT », Winnipeg, 1^{re} Division aérienne du Canada, 2008, p. A-4/7.

87. Kobierski et Stickney, *Automation Analysis Report*, p. 4.26.

88. *Ibid.*, p. 3.27.

89. *Ibid.*, p. 3.30.

90. *Ibid.*, p. 3.26.

91. *Ibid.*

92. *Ibid.*

93. *Ibid.*

programme de la PHAM a été conçu pour tout le personnel prenant part directement ou non au fonctionnement des aéronefs et il correspond à « une approche systématique à la formation sur les performances humaines ayant comme objectif d'améliorer l'efficacité opérationnelle par la formation axée sur le rendement individuel et sur le rendement d'équipe »⁹⁴. Le programme de la PHAM a été élaboré et mis en œuvre expressément pour exploiter « les forces du facteur humain », tout en « compensant nos limites individuelles grâce à une formation de haut calibre », de manière à faire en sorte que le personnel de la Force aérienne soit doté des « habiletés supérieures nécessaires pour accomplir les missions qui lui sont confiées »⁹⁵. Le programme est perçu comme étant un facteur clé de la réussite des missions et de la sécurité dans la Force aérienne, de sorte que celle-ci a consacré d'énormes efforts à son élaboration et à sa mise en application.

L'analyse menée par l'équipe chargée du projet d'EPPA a révélé que le programme de la PHAM « n'a pas été bien adopté dans le poste de pilotage, tant au chapitre des consignes de vol qu'à celui des opérations de vol quotidiennes », et que l'absence d'un « programme efficace de la PHAM était évidente dans à peu près tous les groupes observés au cours des visites de l'équipe susmentionnée »⁹⁶. Cela s'explique principalement par le fait que les équipages de la Force aérienne connaissent les éléments et les habiletés propres au programme de la PHAM, mais qu'ils n'ont reçu *aucune formation* sur ce dernier »⁹⁷. La Force aérienne n'a jamais formulé de critères de mesure dans le contexte de la PHAM. Cette lacune signifie que, « même si les équipages sont exposés aux conditions et aux concepts inhérents au programme de la PHAM, ils ne sont pas évalués et ils ne rendent aucun compte quant à leurs connaissances de ce programme et à leur capacité d'appliquer les compétences qu'il suppose dans le poste de pilotage »⁹⁸. »

Le manque de critères d'évaluation de la PHAM est aggravé par les cultures de la Force aérienne en matière d'entraînement et d'évaluation qui mettent l'accent sur l'individu aux dépens de l'équipe dont celui-ci fait partie. Qu'il s'agisse d'un CF18 leader de son ailier exécutant une interception au-dessus de l'Extrême Arctique, de l'équipage d'un CC177 Globemaster III effectuant son approche à Kandahar (Afghanistan), ou de l'équipe de maintenance réparant un CH124 Sea King en mer, leur capacité de travailler à l'unisson à un haut niveau de compétence déterminera en fin de compte leur degré de réussite. Comme l'ensemble de l'industrie aéronautique l'a montré et comme nous en avons parlé dans la section précédente, en mettant l'accent sur l'évaluation de l'individu, « on risque de renforcer l'entraînement négatif »⁹⁹.

Comme les auteurs du rapport sur l'EPPA le déclarent, « les aéronefs complexes subissent des pannes complexes et, si les membres de l'équipage ne sont pas capables (d'une façon réaliste) de travailler ensemble et de traiter et d'organiser les données fournies par l'aéronef au cours des vols d'entraînement et d'évaluation, ils perdent l'occasion de mettre à profit au maximum leur entraînement »¹⁰⁰. La même observation vaut pour tout système complexe au sein duquel des groupes de personnes doivent travailler ensemble pour produire un rendement optimum. Pour que la Force aérienne développe à fond son potentiel humain, elle doit trouver les moyens d'évaluer les équipes qu'elle emploie pour remplir ses tâches.

94. « Le programme des performances humaines dans l'aviation militaire franchit une autre étape », *La Feuille d'érable*, vol. 9, n° 12, le 22 mars 2006, p. 15, <http://www.forces.gc.ca/site/commun/ml-fe/article-fra.asp?id=2424> (consulté le 3 juillet 2012).

95. *Ibid.*

96. Kobierski et Stickney, *Automation Analysis Report*, p. 3.35.

97. *Ibid.*, p. 3.36.

98. *Ibid.*

99. *Ibid.*, p. 3.30.

100. *Ibid.*

Le système de la sécurité des vols

L'analyse faite dans le cadre du projet de l'EPPA a aussi porté sur le système de la sécurité des vols dans les Forces canadiennes. Elle a révélé que la Force aérienne a du mal à cerner les véritables causes des incidents et accidents d'aviation qui surviennent en son sein et à en tirer des leçons ultérieurement. Par conséquent, la Direction de la sécurité des vols (DSV) ne peut pas maximiser la sécurité des vols dans les Forces canadiennes¹⁰¹. Cela devient évident quand on songe que, dans l'ensemble de l'industrie aéronautique, tant militaire que civile, les facteurs humains jouent un rôle dans 70 à 80 p. 100 de tous les incidents et accidents d'aviation; pourtant, dans les FC, on lit dans le *Rapport annuel sur la sécurité des vols* de 2008 que des facteurs contributifs humains interviennent dans 44,3 p. 100 de tous les faits aéronautiques et dans 77,1 p. 100 de tous les incidents et accidents au sol¹⁰². Comme le montre le Tableau 3.1, cette différence existe dans tous les rapports annuels publiés depuis 2005, année où la DSV a commencé à diffuser un rapport annuel.

Rapport annuel	Facteurs humains	
	Faits aéronautiques (%)	Incidents et accidents au sol (%)
2005	39	68
2006	47,3	74,0
2007	47,9	82,4
2008	44,3	77,1

Tableau 3.1. Rôle des facteurs contributifs humains dans les FC¹⁰³

La DSV a relevé cet écart en déclarant, dans ses rapports annuels de 2007¹⁰⁴ et de 2008¹⁰⁵, qu'elle « enquêtera sur la cause de cette différence marquée ». Un examen des rapports annuels met cette question en évidence et offre des solutions éventuelles, car elles se rapportent à la prise en compte des facteurs humains dans le système de la sécurité des vols.

Le Système d'analyse et de classification des facteurs humains (HFACS) a été introduit dans les Forces canadiennes en 2004. Dans son *rapport annuel de 2005*, la DSV a souligné que le système était nouveau et que son adoption et son utilisation posaient des problèmes au personnel de la sécurité des vols. Selon le rapport, les diverses unités disaient que la charge de travail des équipes de la sécurité des vols les empêchait de mettre le HFACS pleinement en œuvre. Par conséquent, on a souligné qu'un an seulement après le lancement du programme, ces équipes ne faisaient plus enquête sur tous les faits aéronautiques et que la solution résidait peut-être dans une réduction encore plus marquée du nombre d'enquêtes exigées par le HFACS, pour favoriser la gestion de la charge de travail. Le rapport de 2005 précisait avec une certaine inquiétude que la majorité des enquêtes envisagées au sein du HFACS étaient encore axées sur les erreurs des équipages actifs plutôt que sur les lacunes de l'organisation ou sur celles qui étaient latentes¹⁰⁶. Le *Rapport annuel* de 2005 commence en fait

101. *Ibid.*, p. 4.27.

102. Canada, ministère de la Défense nationale, *Rapport annuel sur la sécurité des vols 2008*, Ottawa, Direction de la sécurité des vols, le 24 août 2009, p. 35.

103. Canada, ministère de la Défense nationale, *Rapport annuel 2005 du DSV sur la sécurité des vols*, Ottawa, Direction de la sécurité des vols, le 27 juillet 2006; Canada, ministère de la Défense nationale, *Rapport annuel 2006 sur la sécurité des vols*, Ottawa, Direction de la sécurité des vols, le 22 août 2007; Canada, ministère de la Défense nationale, *Rapport annuel sur la sécurité des vols 2007*, Ottawa, Direction de la sécurité des vols, le 4 juillet 2008; et MDN, *Rapport annuel sur la sécurité des vols 2008*, <http://www.rcf-arc.forces.gc.ca/dfs-dsv/page-fra.asp?id=1126> (consulté le 3 juillet 2012).

104. MDN, *Rapport annuel sur la sécurité des vols 2007*, p. 25.

105. MDN, *Rapport annuel sur la sécurité des vols 2008*, p. 35.

106. MDN, *Rapport annuel 2005 du DSV sur la sécurité des vols*, p. 22.

en décrivant les causes mêmes des problèmes, tandis que les facteurs liés au HFACS et les facteurs contributifs ont été cernés dans des rapports ultérieurs. Quand on situe tout cela dans le contexte du manque d'intégration des facteurs humains dans l'entraînement et les opérations de tout le personnel de la Force aérienne, il ne faut pas s'étonner que le personnel chargé de la sécurité des vols ait du mal à définir et à cerner les problèmes qui se posent dans l'organisation au chapitre des facteurs humains.

Peu importe les difficultés que les facteurs humains posent encore au système de la sécurité des vols et les motifs de ces difficultés, les données ont constamment montré que la plus grande proportion de facteurs contributifs a toujours été imputée au personnel depuis la parution du *Rapport annuel* de 2006. Les statistiques de 2005 ne reflètent pas cet énoncé, mais c'était aussi la première année où l'on recueillait des données dans le cadre du HFACS. C'est ce que révèlent les tableaux 3.2 et 3.3; bien que le pourcentage réel des facteurs contributifs attribuables au personnel soit inférieur à celui observé dans l'industrie au titre des faits aéronautiques aériens, le fait que l'être humain soit la cause la plus fréquente de ces derniers montre que la Force aérienne a du travail à faire dans ce domaine. Les données confirment d'autres observations (comme celles présentes dans le rapport sur l'EPPA) selon lesquelles la Force aérienne a du mal à mettre en place et à poursuivre un solide programme des facteurs humains. Signalons d'ailleurs que, même si le programme de la PHAM a été adopté en 2001, la part des événements aéronautiques aériens ou terrestres attribuables à des facteurs humains n'a pas diminué sensiblement.

Facteur contributif	Rapport annuel sur la sécurité des vols Faits aéronautiques aériens (%)			
	2005	2006	2007	2008
Personnel	39	47,3	47,9	44,3
Matériel	43	32,2	33,7	36,6
Environnement	8	13,0	12,2	13,1
Facteur indéterminé	9	7,1	6,1	5,4
Dommage par corps étranger	1	0,2	0,1	0,05
Facteur opérationnel	0	0,2	0,1	0

Tableau 3.2. Facteurs ayant contribué aux faits aéronautiques aériens¹⁰⁷

¹⁰⁷ MDN, *Rapport annuel 2005 du DSV sur la sécurité des vols*; MDN, *Rapport annuel 2006 sur la sécurité des vols*; MDN, *Rapport annuel sur la sécurité des vols 2007*; MDN, *Rapport annuel sur la sécurité des vols 2008*.

Facteur contributif	Rapport annuel sur la sécurité des vols Faits aéronautiques terrestres (%)			
	2005	2006	2007	2008
Personnel	68	74,0	82,4	77,1
Matériel	21	15,1	12,6	16,1
Environnement	2	2,1	1,4	3,1
Facteur indéterminé	8	8,1	2,9	2,6
Dommage par corps étranger	1	0,5	0,7	1,0
Facteur opérationnel	0	0,2	0	0

Tableau 3.3. Facteurs ayant contribué aux faits aéronautiques terrestres¹⁰⁸

Les instructeurs et les évaluateurs de la Force aérienne

Comme nous en avons parlé dans la section précédente, l'instructeur et l'évaluateur jouent un rôle déterminant lorsqu'il s'agit de voir à ce que les niveaux voulus de performance humaine soient atteints pendant l'entraînement. Un examen des manuels de la Force aérienne mettant en lumière comment les instructeurs de vol et les évaluateurs sont formés et qualifiés confirme que les anciennes méthodes sont encore appliquées, méthodes suivant lesquelles un seul pilote est évalué à la fois sans que l'on mette l'accent (ou très peu) sur les compétences liées à la PHAM.

Les normes applicables aux instructeurs de vol

Tous les membres de la Force aérienne qui enseignent le pilotage doivent être qualifiés à titre d'instructeurs de vol. Ceux qui sont choisis pour être évaluateurs le sont en général parmi les militaires possédant déjà la qualification d'instructeur de vol. En 2009, la Force aérienne a publié la version 1.2 de la norme de qualification des instructeurs de vol¹⁰⁹. Le principal document de référence portant sur la norme de qualification des instructeurs de vol est le *Manuel de l'instructeur de vol*, paru en 2005¹¹⁰. Un examen de ces documents mené pour y repérer les mentions de la PHAM et de l'environnement synthétique en dit long.

Dans la norme de qualification des instructeurs de vol, on ne trouve que deux renvois à la PHAM. On relève le premier dans l'Objectif de rendement 404 – Exécuter une mission d'entraînement. La norme est alors définie comme suit : « [...] en tenant pleinement compte de la PHAM, de la connaissance de la situation et des compétences aéronautiques, conformément aux références applicables [...] »¹¹¹. La seconde mention est dans l'annexe A – Références, qui cite le *Manuel sur la performance humaine dans l'aviation militaire*. En ce qui concerne les conditions préalables auxquelles une personne doit satisfaire avant de recevoir l'entraînement d'instructeur de vol, on n'exige aucunement qu'elle soit qualifiée à titre de moniteur du programme de la PHAM. On ne

108. *Ibid.*

109. Canada, ministère de la Défense nationale, Système de gestion de l'instruction et de l'éducation de la Force aérienne, *Qualification AIMB Flight Instructor*, Winnipeg, 1^{re} Division aérienne du Canada, 2009, p. i. AIMB est le code de quatre lettres qui désigne la qualification d'instructeur de vol approuvée par les FC.

110. Canada, ministère de la Défense nationale, École centrale de vol, A-PD-050-001/PF-001, *Cours d'instructeur de vol – Manuel de l'instructeur de vol*, Winnipeg, Centre de production du matériel d'instruction des Forces canadiennes, 2005.

111. MDN, *Qualification AIMB Flight Instructor*, p. 4-7.

mentionne pas non plus l'utilisation de l'environnement synthétique dans la norme de qualification des instructeurs de vol; en outre, rien ne dit que des compétences distinctes sont exigées des instructeurs et des évaluateurs sur simulateur. La norme de qualification vise essentiellement à faire en sorte que les candidats soient qualifiés pour inculquer aux stagiaires des gammes de compétences traditionnelles, ce qui renforce la culture dominante empêchant la Force aérienne d'exploiter à fond l'environnement synthétique.

Le principal document de référence des instructeurs de vol, soit le *Manuel de l'instructeur de vol*, mentionne peu souvent la PHAM et l'environnement synthétique. Cet ouvrage de 322 pages ne comporte qu'une seule annexe de 15 pages sur la PHAM, et elle est intégrée dans le Module 9. Aspect important, l'annexe commence par la déclaration selon laquelle « environ 80 % de tous les accidents et incidents en aviation sont attribuables à des problèmes de performance humaine »¹¹², malgré le fait que cette affirmation n'est pas corroborée par les données de la Force aérienne sur la sécurité, mais qu'elle reflète plutôt celles de l'industrie. Cette annexe évoque les grands objectifs du programme de la PHAM et la politique connexe et elle contient des exemples des procédures propres à ce dernier. Elle mentionne la nécessité pour les équipes de fournir un rendement collectif élevé et conclut comme suit : « La partie 2 du Guide sur la PHAM traite des bons comportements PHAM et fournit des directives en matière d'instruction¹¹³. » Soulignons encore une fois que rien n'oblige un instructeur de vol à être qualifié à titre de moniteur du programme de la PHAM et que toute mention de la PHAM dans le programme de cours des instructeurs de vol ou dans les ouvrages de référence connexes est essentiellement symbolique, faute de critères de rendement bien définis en matière de PHAM et par rapport auxquels tous les instructeurs sont formés et évalués.ien définis en matière de PHAM et par rapport auxquels tous les instructeurs sont formés et évalués.

Dans les 322 pages du *Manuel de l'instructeur de vol*, on trouve aussi deux pages consacrées à la simulation, dans le Module 4 – Méthodes d'instruction. Évoquant expressément la circulaire consultative 120-35C de la FAA concernant la simulation des opérations de ligne (LOS), le *Manuel* résume là de façon brève et concise ce qu'est la LOS et les avantages qu'elle offre à l'aviation. Aspect important, le document décrit le caractère spécialisé de la formation d'un instructeur/moniteur sur simulateur comme étant un désavantage de la simulation¹¹⁴. Si on la situe dans le contexte de la politique cadre existant actuellement dans la Force aérienne, cette déclaration ne surprend en rien et elle renforce le désir de la Force aérienne de recourir à l'aéronef plutôt qu'au simulateur en tant qu'outil efficace d'entraînement et d'évaluation. L'effort négligeable fourni pour parler de la simulation dans le *Manuel de l'instructeur de vol* a été fait d'une façon telle que les instructeurs de vol ne voient pas là un des principaux moyens à utiliser pour atteindre les objectifs de l'entraînement.

Les raisons expliquant les lacunes

Les problèmes qui existent dans la Force aérienne ne lui sont pas propres, et l'on en a beaucoup discuté dans les ouvrages concernant l'industrie aéronautique. En 2001, la FAA a publié un rapport dans lequel Douglas Wiegmann et Scott Shappell ont évoqué l'existence de difficultés semblables dans l'aviation commerciale et en ont cerné les causes probables.

Dans son étude, la FAA a examiné tous les accidents ayant impliqué un transporteur aérien commercial entre 1990 et 1996 et ayant été attribuables à l'équipage dans une certaine mesure. En tout, elle s'est penchée sur 119 événements aéronautiques. Elle a découvert que, malgré l'effort important déployé pour élaborer et mettre en application des stratégies de formation en CRM et

112. MDN, *Manuel de l'instructeur de vol*, Module 9, annexe A, p. 21.

113. MDN, *Manuel de l'instructeur de vol*, Module 9, annexe A, p. 31.

114. *Ibid.*, Module 4, p. 16-17.

de prise de décisions en aéronautique (PDA), la plus forte proportion des facteurs contributifs se trouvaient encore dans ces domaines. La FAA a donné deux raisons pour expliquer cela. Tout d'abord, la plupart des cours en CRM et sur la PDA mettent l'accent sur des études de cas particulières plutôt que sur les causes fondamentales des problèmes, causes que révéleraient des analyses systémiques des données sur les accidents. Ensuite, la majorité des programmes de formation en CRM et sur la PDA comportent des exercices en classe qui ne sont pas renforcés par une formation sur simulateur au cours de laquelle les stagiaires appliqueraient et évalueraient les concepts¹¹⁵. Comme nous en avons déjà parlé dans la présente section, les problèmes afférents à la PHAM et à la façon dont la Force aérienne aborde l'environnement synthétique se ressemblent étrangement et ont été expliqués de la même manière dans le rapport sur l'EPPA.

Toujours dans la même étude, la FAA a constaté par ailleurs que la plupart des enquêtes sur les accidents se concentraient quasi exclusivement sur les défaillances actives dans le poste de pilotage, tout en passant outre aux facteurs latents ou organisationnels. Très peu de rapports d'accident ont cité des lacunes dans la surveillance ou au niveau de l'organisation comme étant la cause de l'événement; par conséquent, dans la plupart des rapports, la responsabilité a été imputée quasi exclusivement aux équipages aériens. Afin de remédier à cette situation, les auteurs de l'étude ont déclaré « qu'il faudra sans doute exécuter des enquêtes plus approfondies sur les accidents afin de repérer les problèmes éventuels se rapportant à la surveillance et à l'organisation dans le contexte de ces événements »¹¹⁶. Ici encore, le parallèle avec le programme du HFACS dans la Force aérienne et avec les difficultés qui se posent quand on veut s'assurer qu'il atteint ses objectifs est remarquablement frappant. De toute évidence, la Force aérienne du Canada et l'ensemble de l'industrie aéronautique sont aux prises avec les mêmes problèmes.

La Force aérienne de demain

La Force aérienne du Canada a entrepris un important programme de revitalisation de ses capacités; or, vu les bonds technologiques que certains groupes font dans ce contexte, cela ne va pas sans risque. Il faut donc modifier en profondeur les méthodologies de formation, comme l'a souligné l'OACI en 2005 et comme nous en avons parlé dans la Section 2¹¹⁷. Les flottes de CF18 et de CP140 Aurora terminent des mises à niveau d'envergure; le CC177 Globemaster III a été livré et il exécute maintenant des vols partout dans le monde; la majorité des avions CC130 sont sur le point d'être remplacés par des appareils C130J; le CH148 Cyclone succède au Sea King, et des CH147 Chinook ont été commandés. Dans tous les cas, les technologies livrées à la Force aérienne sont nettement supérieures à celles qu'elles remplacent, et, dans certains cas, tels que ceux du CC130 et du Sea King, elles font carrément évoluer les rôles des opérateurs de systèmes qui cessent de manipuler directement les commandes pour assumer les fonctions supérieures que sont le contrôle et l'interaction avec d'autres personnes au sein des systèmes et à bord de l'aéronef même. Ce qui se passe dans l'aviation militaire aujourd'hui reflète ce qui a lieu dans l'ensemble de l'industrie aéronautique où, de plus en plus, les logiciels et les ordinateurs servent à accroître le rôle de l'être humain dans le système et à renforcer censément l'efficacité et la sécurité dans toute la gamme des activités aéronautiques. Par exemple, le Boeing 777 utilise plus de « 2,6 millions de lignes de codes pour le pilote automatique, la gestion du vol, la navigation et la maintenance »¹¹⁸.

115. Douglas A. Wiegmann et Scott A. Shappell, DOT/FAA/AM-01/3, *A Human Error Analysis of Commercial Aviation Accidents Using the Human Factors Analysis and Classification System (HFACS)*, rapport rédigé pour la Federal Aviation Administration, Washington (DC), Office of Aviation Medicine, 2001, p. 11-13.

116. *Ibid.*, p. 17.

117. OACI, *Accident Prevention Programme*, p. 3-10.

118. Pamela S. Tsang et Michael A. Vidulich (sous la dir. de), *Principles and Practice of Aviation Psychology*, New Jersey, Lawrence Erlbaum Associates Inc., 2003, p. 7.

La Force aérienne doit donc tirer de tout cela les mêmes leçons que celles retenues par le reste de l'industrie aéronautique au cours de cette évolution. L'ancien style traditionnel de formation, qui met essentiellement l'accent sur la manœuvre de l'aéronef, doit évoluer pour intégrer délibérément un volet d'ergonomie qui comprendra des volets essentiels tels que « l'acquisition des bonnes attitudes, la gestion du stress, la gestion des risques, la gestion du poste de pilotage, la coordination des membres d'équipage et les habiletés psychomotrices¹¹⁹ ». À moins de déployer délibérément les efforts voulus pour créer, introduire et entretenir ces nouvelles gammes de compétences essentielles, la Force aérienne du Canada n'arrivera pas à exploiter à fond le potentiel technique qu'elle possède déjà ou qu'elle possédera bientôt.

Résumé

Les pressions organisationnelles qui s'exercent sur la Force aérienne au cours de la mise en service des nouvelles plates-formes sont considérables, du point de vue des facteurs humains (ergonomie). Bien que la Force aérienne aspire à optimiser la performance humaine grâce au programme de la PHAM, à l'utilisation de l'environnement synthétique pour l'entraînement et l'évaluation et à la mise en œuvre du HFACS, la politique cadre qu'elle a adoptée et les outils qu'elle a donnés à ses instructeurs et à ses évaluateurs font en sorte qu'elle ne parviendra jamais au résultat final souhaité. Il existe un écart de taille entre l'idéal poursuivi par la Force aérienne et la situation actuelle; afin de le combler, il faudra un effort délibéré et assidu. Pour que cet effort réussisse, il sera essentiel de mettre l'accent sur les instructeurs de vol et les évaluateurs, de manière que non seulement ils connaissent bien les méthodes d'enseignement et d'évaluation des concepts de la performance humaine, mais aussi qu'ils en deviennent des experts.

L'écart qui a été repéré n'est pas impossible à combler et il reflète des problèmes s'apparentant à ceux qu'ont connus de nombreux autres opérateurs dans l'industrie aéronautique. C'est pourquoi les leçons retenues par l'industrie et les « pratiques exemplaires » qu'elle applique pour exploiter l'environnement synthétique et aborder les difficultés propres au domaine des facteurs humains sont utiles lorsqu'il s'agit de trouver le meilleur moyen de mettre en œuvre un programme efficace de LOS. En réfléchissant à ce qui a fonctionné et à ce qui a échoué chez les organisations tant militaires que civiles, il est possible d'élaborer un plan en vue de concevoir et de mettre en œuvre systématiquement un solide programme d'entraînement qui, axé sur l'environnement synthétique, sera à la fois viable et durable et engendra les avantages promis dans le domaine des facteurs humains en aviation.

4. Régler les problèmes dus aux facteurs humains avec la LOS

Introduction

Quand on réfléchit au rôle des facteurs humains dans l'aviation, y compris dans la Force aérienne du Canada, il n'y a pas vraiment à douter que les efforts faits pour les prendre en compte aboutiront à un accroissement de la sécurité et de l'efficacité opérationnelle. Comme nous le soulignons dans la section 2, plusieurs organismes de réglementation de l'aviation, y compris la Civil Aviation Authority du Royaume-Uni, ont conclu que les outils de formation, dont la LOS dans le contexte de laquelle des compétences techniques et non techniques sont mises en exergue et évaluées, « peuvent influencer considérablement sur la sécurité en aviation grâce à l'amélioration de l'instruction et à la validation des consignes opérationnelles »¹²⁰. La question qui se pose dès lors est celle de savoir quelle est la meilleure façon de mettre ces concepts en œuvre pour qu'ils aboutissent aux objectifs visés.

119. R. D. Campbell et M. Bagshaw, *Human Performance and Limitations in Aviation*, 3^e éd., Londres, Blackwell Science, 2002, p. 5.

120. R.-U., CAP 720, *Flight Crew Training*, chapitre 5, page 1.

Comme nous l'avons vu dans la section précédente, ses programmes d'ergonomie (facteurs humains) donnent du mal à la Force aérienne du Canada. Les problèmes mis au jour dans l'analyse menée par l'équipe du projet d'EPPA relativement à l'environnement synthétique et à la PHAM et l'incapacité du système de sécurité des vols des FC de produire un bon programme pour le HFACS sont des symptômes d'un échec plus profond, soit l'incapacité d'intégrer pleinement les facteurs humains dans tous les aspects de l'entraînement et des opérations. Au lieu de faire complément aux processus existants, ces programmes s'y sont ajoutés et, comme le personnel est déjà surchargé et ses membres trop peu nombreux, ils ne produisent pas les résultats escomptés.

Il existe plusieurs aspects des facteurs humains en aviation sur lesquels la Force aérienne du Canada pourrait se pencher, mais la présente section portera expressément sur la LOS (simulation des opérations de ligne) comme étant le moyen par lequel les FC peuvent améliorer leurs programmes d'ergonomie et accroître ainsi sensiblement la sécurité et l'efficacité. Nous étudierons tout d'abord la nécessité fondamentale de définir et d'expliquer clairement les marqueurs comportementaux qui se rapportent aux compétences non techniques voulues au même degré que celui auquel la Force aérienne privilégie les compétences techniques. La présente section présentera des exemples de marqueurs comportementaux que l'industrie aéronautique a créés et qui peuvent servir de modèle pour l'élaboration de tels marqueurs dans les FC. Une fois ces marqueurs créés, la prochaine étape logique consistera à faire en sorte que le cadre des instructeurs/évaluateurs dans la Force aérienne puisse s'en servir dans toute la gamme des activités de la Force aérienne. Comme la section le montrera, il faudra pour cela un effort sérieux et des ressources exclusives. Une fois les objectifs atteints à ces deux égards, nous expliquerons brièvement la conception des scénarios de LOS et les avantages supplémentaires éventuels que la Force aérienne peut tirer d'un programme de LOS bien conçu.

En se concentrant sur ces éléments particuliers, la Force aérienne amorcera le long processus du changement culturel et transformera le programme des facteurs humains en un outil pleinement intégré pour aborder l'entraînement et les opérations. Elle commencera à examiner des domaines tels que la PHAM et le HFACS, dont on dit actuellement qu'il faut s'y intéresser, dans le cadre général d'une organisation qui comprendra clairement en quoi ses objectifs principaux et secondaires consistent par rapport aux facteurs humains et qui adoptera un langage commun pour en parler. Ce ne sera qu'à ce moment-là que la Force aérienne commencera à progresser vers ses objectifs en matière de transformation.

Les marqueurs comportementaux

On s'entend généralement dans l'industrie aéronautique sur l'importance d'adopter des critères de mesure fiables et valides pour évaluer les compétences non techniques d'une personne ou d'un équipage. Aux États-Unis, la mise en œuvre du Programme de qualification avancée a amené de nombreuses organisations à exécuter une analyse complète des compétences techniques et non techniques dans le cadre de la conception des systèmes d'instruction, à fournir une formation exclusive sur les facteurs humains (ex. : la CRM) et un LOFT à tous les équipages aériens et à évaluer leurs compétences en CRM en recourant à la LOE. Afin d'atteindre ces objectifs, beaucoup ont dressé des listes longues et détaillées des connaissances et des compétences nécessaires en matière de CRM, et certaines ont même commencé à intégrer des comportements essentiels en matière de CRM dans leurs listes de vérification à utiliser dans le poste de pilotage¹²¹. En Europe, il faut désormais évaluer les compétences en CRM avant d'attribuer un permis à quiconque doit participer à des opérations

121. Rhona Flin et Lynne Martin, « Behavioural Markers for Crew Resource Management: A Review of Current Practice », *International Journal of Aviation Psychology*, vol. 11, n° 1, 2001, p. 96.

faisant intervenir plusieurs membres d'équipage, et de solides marqueurs comportementaux ont été définis pour faciliter cette évaluation¹²². Il existe certes des variations, mais ils ont en général des caractéristiques communes.

La grande majorité des compétences en CRM « sont des habiletés intellectuelles qui permettent de régler des problèmes et de morceler ou de regrouper efficacement les éléments d'information, ou qui font intervenir des formes spéciales de représentations mentales »¹²³. On peut décrire un marqueur comportemental comme étant un « ensemble prescrit de comportements révélant un aspect quelconque de la performance », ces comportements étant généralement associés à des sous-habiletés¹²⁴. La plupart des marqueurs comportementaux créés dans l'industrie tombent dans trois groupes, dont deux se rapportent à la CRM. Ces deux groupes sont les suivants : les aptitudes cognitives (résolution de problèmes, classement des tâches en fonction de leur degré de priorité et gestion de la charge de travail), qui interviennent dans une grande partie des travaux des membres d'équipage, et les qualités interpersonnelles (esprit d'équipe, communication, dynamique de groupe et aptitudes à diriger/à suivre les directives). Le troisième groupe se rapporte à l'évaluation des compétences techniques, déjà définies dans les systèmes d'entraînement traditionnels de l'aviation. Cela a d'importantes conséquences pour la conception des scénarios d'entraînement et d'évaluation, et c'est là un sujet dont nous parlerons plus loin dans la présente section. Enfin, des recherches approfondies ont montré l'importance essentielle de définir chaque marqueur dans une langue aussi concise et simple que possible et d'utiliser, pour le décrire, un verbe correspondant à une action clairement observable¹²⁵.

Les marqueurs comportementaux de la FAA

Dans les années 1990, l'Université du Texas a produit, en collaboration avec la NASA et la FAA, ce qui est généralement considéré comme étant l'ouvrage de base sur les marqueurs comportementaux dans l'aviation. On le désigne par le titre *Line/LOS Checklist: A behavioural based checklist for CRM skills in assessment*. Cet ouvrage a été largement utilisé dans toute l'industrie aéronautique¹²⁶. La liste de contrôle (*checklist*) a été élaborée à la faveur d'une analyse approfondie des incidents et des accidents d'aviation attribués clairement à des facteurs humains et elle a reposé sur de vastes recherches psychologiques; elle prévoit des cotes pour quatre stades distincts du vol (prévol/circulation au sol, départ, trajet en route, et arrivée) dans six catégories de comportement, à savoir « la gestion de l'équipe et les communications entre les membres d'équipage, la connaissance de la situation et le processus décisionnel, la gestion de l'automatisation, les situations spéciales, les compétences techniques, et les observations globales »¹²⁷.

Les marqueurs comportementaux élaborés par l'Université du Texas ont été intégrés dans les programmes d'audit de sécurité en service de ligne (LOSA) adoptés largement par l'industrie aéronautique comme moyen d'évaluer le rendement de l'équipage pendant des opérations de ligne. L'audit en question est un outil d'observation employé délibérément et systématiquement pour « obtenir des données de sécurité sur le fonctionnement des opérations en vol d'un transporteur

122. *Ibid.*

123. Thomas L. Seamster, Frank A. Pretiss et Eleana S. Edens, « Implementing CRM Skills within Crew Training Programs », Neil Krey's CRM Developers, <http://s92270093.onlinehome.us/CRM-Devel/resources/paper/Training%20CRM%20skills%20seametal99.pdf> (consulté le 3 juillet 2012), p. 5.

124. Flin et Martin, « Behavioural Markers for CRM », p. 96.

125. Seamster, Pretiss et Edens, « Implementing CRM Skills », p. 5.

126. Flin et Martin, « Behavioural Markers for CRM », p. 97.

127. *Ibid.*

aérien »¹²⁸. Les données produites pendant un LOSA procure à l'organisation un relevé diagnostique de ses points forts et de ses faiblesses, et un portrait du rendement des équipages. Avec ces données, l'organisation peut ensuite élaborer et adopter des contre-mesures pour faire échec aux menaces opérationnelles et enrayer les erreurs¹²⁹.

Les marqueurs comportementaux européens

Les Européens ont élaboré un système de marqueurs comportementaux connu sous le nom de « NOTECHS » (compétences non techniques). Le système a été conçu comme un outil générique pour permettre l'évaluation des compétences non techniques des pilotes individuels et rendre possible l'attribution de permis individuels dans les cas où les critères originaux de la FAA ne pouvaient s'appliquer. Bien qu'ils soient conçus à des fins différentes, les éléments comportementaux des NOTECHS sont très semblables à ceux du modèle de l'Université du Texas. L'élaboration du système NOTECHS repose fondamentalement sur la conviction que le système doit contenir le nombre minimum de catégories et d'éléments nécessaires pour cerner les comportements requis, utiliser un langage simple et présenter une gamme de compétences observables directement, dans le cas des habiletés sociales, ou démontrables à la faveur des communications, dans celui des habiletés intellectuelles. Le système des NOTECHS comprend trois niveaux : les éléments, les catégories et le résultat réussite/échec. En commençant au niveau des éléments et en appliquant des cotes clairement définies en fonction des catégories, l'instructeur/évaluateur peut établir si le candidat a réussi ou échoué¹³⁰.

Dans le système NOTECHS, le niveau des catégories a été « divisé en deux habiletés sociales (la coopération, puis le leadership et les aptitudes à la gestion) et deux habiletés intellectuelles (connaissance de la situation et prise de décisions) ». Ces quatre catégories sont ensuite subdivisées en trois ou quatre éléments. Chaque élément s'accompagne de plusieurs exemples de comportements positifs et négatifs¹³¹. Il convient de souligner que le système NOTECHS ne fait pas de la communication une catégorie distincte, contrairement à ce que l'on trouve dans le modèle de la FAA. Les créateurs du système ont estimé que l'aptitude à communiquer est en fait observable dans toutes les catégories et qu'il n'est donc pas possible d'en faire un élément séparé.

En 1998, une équipe a été constituée pour mener des essais sur la fiabilité du système NOTECHS, sur sa facilité d'emploi et sur son adaptabilité à la culture européenne. L'équipe a dépouillé la littérature, elle a fait une étude auprès d'un petit groupe de 105 capitaines à l'entraînement et elle a exécuté une dernière étude sur plusieurs compagnies aériennes. Dans tous les cas, elle a constaté que le modèle NOTECHS était un outil fiable et valable pour évaluer les compétences non techniques des personnes¹³².

Les marqueurs comportementaux employés dans le projet d'EPPA

Comme dans le cas du LOSA, certains modèles ont fusionné les marqueurs cadres comportementaux de base et les compétences techniques nécessaires, afin de créer ainsi un ensemble complet pour définir les compétences et les connaissances nécessaires dans un poste de pilotage

128. Organisation de l'aviation civile internationale, DOC 9803, *Audit de sécurité en service de ligne*, Montréal, OACI, 2002, p. 2-1.

129. *Ibid.*

130. Paul O'Connor et coll., « Developing a Method for Evaluating Crew Resource Management Skills: A European Perspective », *International Journal of Aviation Psychology*, vol. 12, n° 3, juillet 2002, p. 266-267.

131. *Ibid.*, p. 267-268.

132. B. Klampfer et coll., « Behavioural Markers Workshop », notes d'atelier, Group Interaction in High Risk Environments (GIHRE) – Aviation / Swiss Federal Institute of Technology, Zurich, les 5 et 6 juillet 2001, p. 25.

moderne et complexe. Bien que ces modèles s'apparentent à d'autres modèles de comportement à certains égards fondamentaux, l'intégration des compétences techniques en leur sein en fait des outils extrêmement puissants pour évaluer l'aptitude globale d'un aviateur à gérer l'environnement complexe et exigeant du poste de pilotage moderne.

Par exemple, les auteurs de l'analyse sur l'EPPA ont employé un modèle créé par Convergent Performance, LLC, et appelé « Advanced Technology Skills Inventory » (Inventaire des compétences en technologies de pointe) (ATSI®). L'ATSI® a été élaboré en 2004 et utilisé pour mesurer la performance dans plusieurs autres organisations militaires (y compris le United States Marine Corps et la Garde côtière américaine); ce modèle examine 12 fonctions distinctes des équipages de bord « dont l'exécution fait grandement intervenir l'automatisation »¹³³. Les 12 critères de mesure de la performance employés dans l'ATSI® pendant l'exécution des observations de ligne sont les suivants :

- a. la préparation de la mission – pratiques exemplaires;
- b. le briefing et le débriefing – pratiques exemplaires;
- c. les communications entre les membres d'équipage – pratiques exemplaires;
- d. la saisie des données – pratiques exemplaires;
- e. la gestion des autorisations – pratiques exemplaires;
- f. la gestion des tâches et de la charge de travail – pratiques exemplaires;
- g. la connaissance de la situation et des modes – pratiques exemplaires;
- h. la transition à l'automatisation – pratiques exemplaires;
- i. la gestion des alertes – pratiques exemplaires;
- j. les interventions en cas de panne et d'écart – pratiques exemplaires;
- k. la confiance dans l'automatisation – pratiques exemplaires;
- l. les systèmes robotisés et le savoir logique¹³⁴.

Ces 12 domaines ont été examinés pendant le projet d'EPPA et ils ont servi de fondement aux conclusions et aux recommandations formulées dans le rapport rédigé à l'issue du projet. En mesurant directement les niveaux de compétence de plusieurs équipages de la Force aérienne menant des opérations de ligne et d'entraînement dans ces domaines fonctionnels, les auteurs du rapport sur l'EPPA ont pu, outre qu'ils ont examiné les politiques et les procédures de la Force aérienne ayant facilité ou favorisé le travail des équipages, se faire une idée de l'état actuel de la Force aérienne¹³⁵. En fait, l'équipe chargée du projet d'EPPA a assujéti la Force aérienne à un LOSA qui a mis l'accent sur les aéronefs de pointe et sur les conséquences de leur mise en service dans les Forces canadiennes.

Ce ne sont là que trois exemples de modèles utilisés dans l'industrie aéronautique pour évaluer les compétences non techniques; il y en a plusieurs autres en application dans le monde¹³⁶. L'un d'eux,

133. Kobierski et Stickney, *Automation Analysis Report*, p. 3.4.

134. *Ibid.*, p. 3.4-3.5.

135. *Ibid.*, p. 2.2.

136. Flin et Martin, « Behavioural Markers for CRM », p. 95.

soit l'ATSI[®], a déjà servi dans la Force aérienne du Canada à exécuter l'analyse dans le cadre du projet d'EPPA. De toute évidence, il est possible de créer des marqueurs comportementaux permettant à une organisation d'évaluer efficacement les compétences comportementales au même titre que les compétences traditionnelles.

L'élaboration des marqueurs comportementaux dans les FC

Les organisateurs de l'atelier intitulé « Group Interaction in High Risk Environments – Aviation, Behavioural Markers » (L'interaction entre les membres d'un groupe dans les environnements à risques élevés – L'aviation et les marqueurs comportementaux), qui a eu lieu à Zurich (Suisse) en 2001, ont publié un excellent guide sur la création et la mise en application des marqueurs comportementaux. Il s'agit d'un guide simple qui met l'accent sur des concepts généraux et sur leur application plutôt que sur un système particulier de marqueurs comportementaux. L'atelier visait à publier un ensemble de lignes directrices qui serait utile à ceux qui emploient ou qui envisagent d'employer de tels marqueurs. Le guide contient 17 questions fréquemment posées sur le sujet et les réponses correspondantes¹³⁷. De nombreux détails dans la publication se rapportent directement aux caractéristiques des bons marqueurs comportementaux et à la façon de les élaborer; la plupart de ces détails ont déjà été abordés dans la présente section. La publication se démarque particulièrement quand elle parle de la gestion des changements nécessaires et des conséquences au chapitre des ressources, deux aspects qu'une organisation doit prendre en compte quand elle envisage d'adopter des marqueurs comportementaux. C'est sur ces aspects que la présente section portera expressément.

L'adoption de marqueurs comportementaux dans la Force aérienne du Canada nécessitera un effort délibéré; bien que l'ATSI[®] ait déjà été employé, sa mise en œuvre complète exigerait un certain travail pour l'aligner sur la culture et la terminologie de l'organisation. Comme on l'a évoqué pendant l'atelier sur les marqueurs comportementaux, « les systèmes de marqueurs comportementaux ne passent pas d'un domaine à un autre et d'une culture à une autre sans une certaine adaptation »¹³⁸. Les participants à l'atelier ont aussi souligné que, quel que soit le système de marqueurs, il doit être présenté de la bonne façon dans l'organisation; il faut aussi prévoir des cadres et un effectif suffisant qui en appuieront l'adoption au cours d'une démarche progressive. Cela permet tant aux instructeurs qu'aux personnes formées de se familiariser en toute confiance avec le système mis en œuvre. Enfin, quand on présente un système de marqueurs comportementaux, il faut prendre en compte le niveau de perfectionnement professionnel des personnes qui seront assujetties aux marqueurs et aussi la maturité et la culture professionnelle de l'organisation¹³⁹.

Quand on examine ce dernier aspect à la lumière du projet d'EPPA, on peut conclure que l'ATSI[®] a été utilisé avec succès, en tant qu'outil de diagnostic dans la Force aérienne du Canada, par un petit groupe de personnes ayant appris à bien le maîtriser. Pour s'en servir comme d'un outil interne d'entraînement et/ou d'évaluation, il faudrait un niveau d'effort proportionnellement accru dans toute l'organisation, de manière que les politiques et les procédures soient harmonisées pour l'appuyer et, aspect plus important, que le personnel soit capable de l'utiliser. C'est la constatation la plus importante issue de l'atelier sur les marqueurs comportementaux, et la Force aérienne du Canada devra composer avec cette constatation si elle veut élaborer et mettre en œuvre des marqueurs axés sur les facteurs humains dans l'aviation.

137. B. Klampfer et coll., « Behavioural Markers Workshop », p. 7-8.

138. *Ibid.*, p. 12.

139. *Ibid.*, p. 13.

Le rôle clé de l'instructeur

Comme nous l'avons déjà mentionné dans la section 2, les instructeurs et les évaluateurs sont le « fer de lance » dans tout effort déployé pour présenter ou conserver de nouvelles méthodologies; par conséquent, leur apport est essentiel à la réussite éventuelle de toute tentative d'adoption de marqueurs comportementaux. Si ce groupe de personnes ne reçoit pas la formation voulue, aucun effort fait pour appliquer de tels marqueurs n'aboutira aux résultats escomptés. Il doit s'agir d'une formation en bonne et due forme sur les compétences en ergonomie, sur l'utilisation et les limites des systèmes de marqueurs comportementaux, et sur l'application du système particulier adopté par l'organisation. Cette formation doit comprendre une évaluation en bonne et due forme de la personne, la mesure de ses compétences dans l'environnement où l'instruction et l'évaluation auront lieu (p. ex., dans un simulateur) et la réévaluation périodique de ses connaissances pour garantir qu'elle remplit toujours ses fonctions conformément aux normes de performance de l'organisation¹⁴⁰.

La circulaire consultative AC 120-35C de la FAA sur la LOS en dit plus long sur les exigences générales auxquelles un bon instructeur/évaluateur en LOS doit satisfaire dans plusieurs domaines clés, et elle définit notamment les qualifications minimales. Leur aptitude à procéder à la LOS repose fondamentalement sur la capacité de ces instructeurs et évaluateurs « d'observer et de commenter efficacement la performance des individus et de l'équipage pendant le scénario »¹⁴¹. Un bon instructeur en LOS doit répondre aux exigences minimales suivantes : connaître l'environnement simulé; posséder la qualification d'instructeur en LOS; posséder les compétences en CRM (PHAM dans le contexte des FC); avoir reçu une formation sur les méthodes de briefage, de débriefage et d'analyse critique. Dans le contexte de la LOS, l'instructeur joue principalement le rôle d'un communicateur, d'un observateur et d'un modérateur. Il n'est pas un instructeur au sens classique du terme et il doit résister à la tentation de l'être ou de s'immiscer d'une quelconque façon dans le scénario d'entraînement. L'instructeur est plutôt le facilitateur du vol et il doit être « disposé à accepter et à gérer les autres plans d'action que l'équipage pourrait vouloir adopter¹⁴². »

Les instructeurs en tant que facilitateurs

Comme nous en avons parlé dans la Section 2, le LOFT a pour objet d'exposer les équipages à des situations complexes qu'ils ne peuvent régler simplement en consultant une liste de contrôle, mais qui les mettent en présence de problèmes ambigus pour lesquels il n'existe aucune solution prédéterminée¹⁴³. C'est pourquoi la formation de l'instructeur doit surtout le rendre capable de gérer et d'évaluer des situations ambiguës, plutôt que de mesurer le degré de conformité à une solution normalisée. Un des atouts clés d'un bon programme de LOS réside dans la capacité de l'instructeur/évaluateur de favoriser « la découverte de soi et l'auto-critique chez l'équipage, au lieu de lui dire froidement ce qu'il a fait de bien et de mal », cette attitude étant celle que les programmes à orientation technique tendent à préconiser¹⁴⁴. Ce sont là des gammes de compétences que les anciens systèmes d'instruction ne suscitent pas chez les instructeurs, et elles expliquent principalement pourquoi il faut élaborer et mettre en œuvre des programmes et des normes d'instruction destinés expressément aux instructeurs en LOS.

140. *Ibid.*

141. FAA, AC 120-35C, LOS, p. 23.

142. *Ibid.*, p. 23-24.

143. Hamman et coll., « The Future of LOFT Scenario », p. 590.

144. R. Key Dismukes, Kimberly K. Jobe et Lori K. McDonnell, *LOFT Debriefings: An Analysis of Instructor Techniques and Crew Participation*, NASA Technical Memorandum 110442 DOT/FAA/AR-96/126, Moffat (Californie), NASA Ames Research, 1997, p. 1.

L'animation, quand elle est bien faite, enrichit sensiblement l'expérience globale de formation. En 1956, B.S. Bloom a fait valoir, dans son ouvrage intitulé *Taxonomy of Educational Objectives*, qu'il existe « six degrés de maîtrise organisés de façon hiérarchique en fonction de la complexité mentale de la tâche à accomplir »¹⁴⁵. Dans l'ordre de complexité ascendant, ces six degrés sont ceux de la connaissance, de la compréhension, de l'application, de l'analyse, de la synthèse et de l'évaluation. Une session de LOS et la récapitulation ultérieure doivent fournir aux personnes une occasion de parvenir aux degrés de maîtrise les plus élevés, soit ceux de l'analyse, de la synthèse et de l'évaluation. Grâce à l'animation, l'équipage analyse ce qui s'est passé pendant la simulation, il synthétise ses idées sur la façon d'aborder des situations complexes dans l'environnement simulé, et il évalue ses propres gestes et décisions. Bref, l'animation favorise l'acquisition de compétences essentielles dans le contexte moderne et complexe de l'aviation. À titre de facilitateur-animateur, l'instructeur devient un « catalyseur qui emploie d'habiles techniques d'interrogation pour aider les stagiaires à tirer leurs propres conclusions à la lumière de leurs expériences personnelles et à décider eux-mêmes des changements à apporter »¹⁴⁶.

Dans les régimes d'instruction traditionnels, l'information passe de l'instructeur aux stagiaires, et l'instructeur possède en général beaucoup plus de connaissances sur le sujet. L'animation met à profit les connaissances que le stagiaire possède déjà, par exemple les concepts de la PHAM enseignés en classe, pour lui faire découvrir ces concepts et lui permettre de les assimiler. Une étude de la NASA, intitulée *LOFT Debriefings: An Analysis of Instructor Techniques and Crew Participation* et ayant porté sur plusieurs compagnies aériennes au cours des années 1990, a révélé que les instructeurs à qui l'on n'avait pas enseigné les méthodes d'animation mais qui connaissaient bien les techniques pédagogiques traditionnelles tenaient des sessions de récapitulation quasi exclusivement axées sur eux-mêmes plutôt que sur les stagiaires ou les étudiants. Dans de tels cas, la récapitulation est abordée d'un point de vue magistral, et sa valeur est donc limitée. L'étude de la NASA a fourni des preuves empiriques sur les avantages de l'animation dans le contexte de l'entraînement des équipages aériens, mais elle a souligné que les instructeurs « ont besoin d'une formation supplémentaire sur les techniques d'animation »¹⁴⁷. Parallèlement à l'étude de 1997, la NASA a publié l'ouvrage intitulé *Facilitating LOS Debriefings: A Training Manual* pour aider les organismes de l'aviation à améliorer leurs méthodes d'animation¹⁴⁸. La publication du manuel découlait d'une constatation particulièrement importante faite dans l'étude et concernant la normalisation des critères de notation employés par les instructeurs.

Dans l'ouvrage *LOFT Debriefings*, on lit qu'il y avait des écarts importants entre les instructeurs en LOS des cinq compagnies aériennes visées par l'examen. Que ce soit leur efficacité dans leur rôle d'animateur ou l'accent qu'ils mettaient sur diverses compétences liées à la CRM et sur la participation de l'équipage, les instructeurs obtenaient toute la gamme des cotes allant de « Très bon » à « Faible ». Comme l'étude le fait valoir, cela révèle « la nécessité pressante d'enrichir la formation et la normalisation dans chaque compagnie aérienne »¹⁴⁹. Afin de s'attaquer à ce problème, l'industrie aéronautique a adopté des programmes destinés à normaliser les critères de notation employés par les instructeurs. C'est ce que l'on appelle communément la « fiabilité de l'évaluateur ».

145. R. Key Dismukes and others, "What is Facilitation and Why Use It?" in *Facilitation and Debriefing in Aviation Training and Operations*, eds. R. K. Dismukes and G. M. Smith (Aldershot, UK: Ashgate, 2000), p. 4.

146. *Ibid.*, p. 4-5.

147. Dismukes, Jobe et McDonnell, *LOFT Debriefings*, p. 4.

148. R. Key Dismukes, Kimberly K. Jobe et Lori K. McDonnell, *Facilitating LOFT Debriefings: A Training Manual*, NASA Technical Memorandum 112192 DOT/FAA/AR-96/126, Moffat (Californie), NASA Ames Research, 1997. Les lecteurs sont invités à consulter ce manuel s'ils envisagent d'élaborer un programme de LOS. C'est un document complet qui décrit clairement comment mettre en œuvre et tenir à jour efficacement des techniques d'animation dans une organisation aéronautique.

149. Dismukes, Jobe et McDonnell, *LOFT Debriefings*, p. 14.

La fiabilité de l'évaluateur

Dans tout système de formation et d'évaluation, « la mesure du rendement individuel dépend de l'observation systématique et du jugement d'un noteur dûment formé ou encore d'un instructeur/évaluateur (I/É) »¹⁵⁰. Seule la normalisation du processus de notation et d'évaluation employé par les I/É permettra de produire des données fiables et valides à la lumière desquelles on pourra remédier aux lacunes de l'individu et de l'organisation. Il faut pour cela que les critères de notation demeurent équilibrés au fil du temps et que les notes accordées par l'ensemble des instructeurs/évaluateurs soient uniformes. Vu la nature depuis toujours subjective des évaluations des comportements, l'industrie aéronautique a misé sur des méthodes d'évaluation psychométriques en vertu desquelles il ne saurait y avoir validité sans fiabilité¹⁵¹.

L'industrie aéronautique a en général adopté deux genres de méthodes en ce qui concerne la fiabilité du noteur : la fiabilité interévaluateurs (FIE) et la fiabilité de l'évaluateur désigné (FED). La première méthode (la FIE) vise à obtenir l'uniformité entre les évaluateurs ou un accord entre eux. Avec cette méthode, des groupes d'I/É font des observations sur le même événement et les notent. Une fois la notation terminée, les I/É analysent les diverses cotes qu'ils ont attribuées, ils les comparent entre elles et ils en discutent, de manière à parvenir à un haut degré de congruence entre eux. La FIE aboutit à une norme collective que les I/É peuvent ensuite utiliser comme référence dans leurs propres évaluations. La deuxième méthode, soit la FED, vise à établir la concordance entre les évaluateurs et un étalon de mesure déjà fixé. Bien qu'elle soit en général plus fiable et, ainsi, plus valide, la FED exige des efforts plus considérables pour créer la référence par rapport à laquelle les I/É sont formés¹⁵².

Peu importe la méthodologie choisie pour parvenir à la fiabilité et à la validité, la formation emploie d'habitude les mêmes méthodes. Les instructeurs et les évaluateurs éventuels reçoivent une formation structurée sur les concepts de CRM et leurs applications et sur les marqueurs comportementaux particuliers à utiliser, et ils s'exercent à observer des comportements particuliers et à utiliser tous les marqueurs comportementaux en même temps pour en arriver à une note. Dans le cadre de cette formation, il doit y avoir des cours sur l'observation des comportements pendant lesquels les évaluateurs apprennent à « détecter, à percevoir, à se rappeler et à reconnaître avec exactitude des comportements précis » et à prendre des notes¹⁵³. En général, les stagiaires acquièrent ces compétences en classe et en regardant des vidéos préparées; de multiples observateurs évaluent alors la performance d'un même équipage. La rétroaction et la discussion pendant toute la formation, notamment en ce qui concerne la façon dont les notes individuelles se comparent à celles attribuées par les collègues, sont essentielles pour établir un point de référence commun chez les stagiaires grâce au recours à l'enseignement traditionnel et à l'animation¹⁵⁴.

Les études sur l'efficacité de la formation en matière de fiabilité ont montré que les normes d'évaluation de la FIE peuvent être respectées dans un contexte où « les ressources en personnel et le temps de formation sont restreints »¹⁵⁵. En général, les méthodes de la FIE et de la FED produisent

150. Holt, Hansberger et Boehm-Davis, « Improving Rater Calibration », p. 305.

151. *Ibid.*, p. 306.

152. Robert W. Holt et Peder J. Johnson, *Application of Psychometrics to the Calibration of Air Carrier Evaluators*, rapport rédigé pour le scientifique en chef pour les facteurs humains, Federal Aviation Administration, Washington, FAA, 1998, p. 2-3.

153. J. Matthew Beaubien, David P. Baker et Amy Nicole Salvaggio, « Improving the Construct Validity of Line Operational Simulation (LOS) Ratings: Lessons Learned from the Assessment Center », *International Journal of Aviation Psychology*, vol. 14, n° 1, 2004, p. 12.

154. Michael T. Brannick, Carolyn Prince et Eduardo Salas, « The Reliability of Instructor Evaluations of Crew Performance: Good News and Not So Good News », *International Journal of Aviation Psychology*, vol. 12, n° 3, 2002, p. 250.

155. Holt, Hansberger et Boehm-Davis, « Improving Rater Calibration in Aviation », p. 323.

toutes deux de fortes corrélations avec les normes de référence. La distinction entre les deux est la suivante : un degré élevé de FED implique la FIE, mais l'inverse n'est pas vrai. Il est fort possible que des instructeurs/évaluateurs en arrivent à s'entendre entre eux, sans pour autant souscrire à la norme publiée. C'est pourquoi on estime que la FED est la méthode la plus valide des deux. Pour la Force aérienne, cela signifie que la FED est la « norme d'or », mais que l'application de l'autre méthode (FIE) permet aussi de parvenir à la fiabilité. La FED présente un autre avantage en ce que, « comme elle repose sur des normes de qualification, elle fournit un objectif d'entraînement explicite pour les évaluateurs »¹⁵⁶. Peu importe la méthode choisie, il est entièrement possible pour la Force aérienne du Canada d'acquérir la capacité d'enseigner et d'évaluer les compétences non techniques : il lui suffit d'être déterminée à agir en ce sens et à faire en sorte que les ressources nécessaires soient disponibles à cette fin.

Maintenant que les marqueurs comportementaux sont élaborés, qu'un cadre d'instructeurs a été formé et que ceux-ci sont prêts à inculquer les compétences non techniques et à évaluer la performance à cet égard, la dernière étape consiste à créer les scénarios d'entraînement qui permettront d'évaluer cette performance dans l'environnement synthétique. Ici encore, l'industrie fournit d'importants jalons quant à la meilleure façon de concevoir des scénarios qui favoriseront la réalisation des objectifs techniques et non techniques.

La conception des scénarios pour simulateur

Fondamentalement, tous les scénarios de LOS doivent être conçus de manière « à créer un environnement fonctionnel qui permet de combiner les compétences en CRM et les compétences techniques »¹⁵⁷. Le modèle de base d'un tel scénario consiste à intégrer les objectifs techniques et les objectifs en matière de CRM dans un seul programme d'entraînement qui suscitera les réactions souhaitées¹⁵⁸. On établit ensuite une correspondance entre celles-ci et les principaux objectifs techniques pour terminer l'élaboration globale du scénario. La circulaire consultative AC 120-35C de la FAA sur la LOS parle en détail de la conception des scénarios.

Pour que la LOS soit efficace, elle doit être aussi réaliste que possible. Cela rend les scénarios pertinents et vraisemblables du point de vue opérationnel et en fait un contrôle valide de la capacité de l'équipage d'exécuter une véritable mission. L'objet est de simuler des situations opérationnelles dont le règlement fructueux nécessite de bonnes compétences techniques et en CRM, tout en exigeant la prise de décisions. Le scénario doit créer une ambiance dégagée dans laquelle tous les membres de l'équipage peuvent établir des communications libres et ouvertes, quand il le faut et que cela convient. Les scénarios de LOS produisent les meilleurs résultats quand ils sont simples; l'équipage doit alors faire face à la situation jusqu'à ce qu'elle soit réglée ou que l'aéronef ait atterri en toute sécurité. Chaque fois que l'on interrompt le déroulement d'une LOS – par exemple, pour faire des commentaires ou donner des instructions –, on en compromet sensiblement l'efficacité globale¹⁵⁹.

Le processus de conception des scénarios

Il convient d'élaborer des objectifs d'entraînement particuliers pour chaque scénario de LOS. Ils se rapportent en général à des compétences désignées comme étant nécessaires dans l'organisation, par exemple celles qui sont propres aux opérations d'hiver ou à l'intégration de nouveaux systèmes.

156. Timothy E. Goldsmith et Peder J. Johnson, « Assessing and Improving Evaluation of Aircrew Performance », *International Journal of Aviation Psychology*, vol. 12, n° 3, 2002, p. 231.

157. Hamman et coll., « The Future of LOFT Scenario », p. 589.

158. FAA, AC 120-35C, LOS, p. 30.

159. *Ibid.*, p. 4.

Les lacunes opérationnelles repérées à la faveur des évaluations ou des LOSA sont aussi prises en compte dans l'élaboration des scénarios. Règle générale, les scénarios créés dans l'industrie aéronautique commerciale comportent une partie ou la totalité des éléments suivants :

- a. les activités préalables au vol, telles que les mesures que l'équipage doit prendre pour remédier aux anomalies dues au givrage ou à la manutention du fret;
- b. les opérations de roulement au sol;
- c. l'origine, l'itinéraire et la destination;
- d. des procédures d'arrivée révisées (p. ex., un changement de piste imprévu);
- e. une autre façon d'utiliser les systèmes de gestion de vol;
- f. des conditions anormales et urgentes, y compris des cas simples (p. ex., un démarrage chaud) et des situations complexes qui perdurent pendant tout le vol (p. ex., la panne d'une barre bus alternative essentielle);
- g. de mauvaises conditions atmosphériques;
- h. la perte partielle ou totale des systèmes intégrés de gestion de vol¹⁶⁰.

Comme on le lit dans la circulaire AC 120-35C, « on croit à tort qu'il faut accroître continuellement la charge de travail de l'équipage pendant la LOS jusqu'à ce que celui-ci ne suffise plus à la tâche. Ce n'est là ni l'objet ni l'intention de la LOS, et pareille attitude risque en fait d'en compromettre l'efficacité¹⁶¹. » Un scénario de LOS bien conçu n'est pas nécessairement complexe du point de vue technique; il doit être ambigu pour obliger l'équipage à manifester les comportements voulus. Comme nous en avons discuté en détail dans la section 2, la majorité des accidents n'est pas causée par des pannes techniques complexes, mais plutôt des anomalies en apparence mineures qui entraînent des erreurs chez l'équipage¹⁶². À la lumière de ces principes de base, il est possible de construire un bon scénario de LOS.

La série d'événements

La principale composante d'une LOS est appelée « série d'événements »; il s'agit d'un groupe d'événements connexes qui font partie du scénario et qui permettent d'atteindre des objectifs d'entraînement bien précis¹⁶³. Chaque série ou gamme d'événements comprend des déclencheurs, des distracteurs (ou leurres) et des éléments d'appui. Le déclencheur est la situation qui amorce l'événement; les distracteurs sont des occurrences insérées dans la période d'entraînement pour détourner l'attention du stagiaire des événements en cours ou sur le point de se produire; les éléments d'appui sont d'autres circonstances qui ont lieu au sein de la gamme d'événements et qui renforcent les objectifs d'entraînement tant techniques qu'afférents à la CRM¹⁶⁴. La série d'événements a pour objet de fournir une source de référence à l'égard de tâches particulières à accomplir pendant la LOS et de faire en sorte que tous les objectifs d'entraînement soient atteints¹⁶⁵. En subdivisant l'événement d'entraînement en segments ou créneaux particuliers, l'instructeur peut se concentrer davantage sur

160. *Ibid.*, p. 3.

161. *Ibid.*, p. 25.

162. Hamman et coll., « The Future of LOFT Scenario », p. 591.

163. *Ibid.*, p. 590.

164. *Ibid.*

165. FAA, AC 120-35C, LOS, p. 35.

les comportements observables, « à condition que l'on précise une action ou une période clairement définissable et que l'on s'en serve pour circonscrire les comportements observables de l'équipage ». Cela a un autre avantage, soit celui de réduire la charge de travail de l'instructeur, car il peut dès lors se concentrer sur des comportements clés liés à la CRM, pour cette gamme précise d'événements, au lieu de devoir surveiller toutes les catégories¹⁶⁶. Pour réussir à exécuter les scénarios axés sur des séries d'événements, tous les membres d'équipage doivent agir avec efficacité et coordonner leurs interventions¹⁶⁷.

À mesure que chaque série d'événements est constituée, avec son objectif d'entraînement particulier sur le plan technique et sur celui de la CRM, l'ensemble du scénario fait en fin de compte l'objet d'un tableau matriciel établi pour la série en question. Ce tableau permet à l'organisation de catégoriser les niveaux de complexité avec lesquels l'équipage devra composer tout au long du scénario¹⁶⁸.

Optimiser l'efficacité de la LOS

La LOS est employée dans toute l'industrie aéronautique depuis bien des années. Plusieurs études ont donc été faites sur les moyens à prendre pour en augmenter l'efficacité globale. La majorité d'entre elles visent soit à « simplifier la notation sur le plan intellectuel », soit à « choisir, former et conserver des instructeurs pilotes qualifiés »¹⁶⁹. Nous avons déjà parlé des instructeurs dans la présente section; par conséquent, nous mettrons ici l'accent exclusivement sur l'accroissement de la capacité de l'évaluateur de noter l'événement avec efficacité.

Afin d'accroître l'efficacité intellectuelle de l'évaluateur, il faut prendre en compte la charge de travail de l'instructeur dans la conception des scénarios. Comme l'industrie dans son ensemble est désormais plus familière avec la LOS, plusieurs stratégies ont été élaborées pour réduire cette charge de travail. Les voici :

- a. évaluer moins de compétences à chaque série d'événements;
- b. prolonger chaque série;
- c. créer un formulaire d'évaluation convivial;
- d. rendre le simulateur capable le plus possible de diriger automatiquement le scénario;
- e. utiliser une liste de contrôle des comportements au lieu de barèmes de notation;
- f. définir clairement et précisément les compétences et fournir de bons exemples de comportements;
- g. fournir à l'instructeur de multiples occasions d'observer les compétences requises;
- h. filmer la performance de l'équipage sur vidéo;
- i. fournir des outils de décision aux instructeurs pour les aider à attribuer les notes finales;
- j. expliquer toutes les cotes de compétence attribuées, et non pas seulement celles qui sont supérieures ou inférieures à la moyenne¹⁷⁰.

166. Flin et Martin, « Behavioural Markers for CRM », p. 100.

167. FAA, AC 120-35C, LOS, p. 26.

168. *Ibid.*, p. 35.

169. Beaubien, Baker et Salvaggio, « Improving the Construct Validity », p. 8.

170. *Ibid.*, p. 8-11. Les lecteurs sont encouragés à consulter le document de référence pour y trouver une explication complète de toutes les stratégies de réduction de la charge de travail des évaluateurs.

Quand ces stratégies ont été appliquées, elles ont toutes accru considérablement l'efficacité globale des évaluateurs dans le contexte de la LOS. Elles sont toutes relativement simples, mais nous en examinerons trois de plus près pour arriver à mieux comprendre comment elles accroissent l'efficacité globale de la LOS.

Prolonger la série d'événements

En prolongeant la série d'événements, on accorde plus de temps à l'instructeur pour qu'il fasse ses évaluations, prenne des notes, compare la performance observée pendant la série à celle qui est enregistrée lors de séries précédentes, et se prépare à la prochaine série. Cependant, il faut veiller, ce faisant, à ne pas oublier la nécessité de conserver au scénario un haut degré de réalisme. En augmentant les délais au sein de la série d'événements, on risque d'empêcher le scénario de susciter le stress chez l'équipage observé en introduisant des contraintes de temps¹⁷¹. La FAA a décrété que chaque scénario de LOS devait durer au moins quatre heures et aborder les aspects suivants : la préparation dans le poste de pilotage, les activités prévol, le briefing de l'équipage et les rapports avec des organismes tels que le Contrôle de la circulation aérienne (CCA)¹⁷². De toute évidence, quiconque conçoit un scénario de LOS doit délibérément prendre en considération les objectifs d'entraînement et les pondérer par rapport au temps disponible, de manière à optimiser la charge de travail de l'instructeur et garantir un haut degré de fiabilité chez l'évaluateur.

Créer un formulaire convivial d'évaluation de la LOS

Les instructeurs sur simulateur sont installés à l'arrière de celui-ci, souvent dans un espace exigu et peu éclairé. Cela les oblige donc à utiliser des formulaires à gros caractères imprimés sur du papier d'une couleur brillante pour intensifier les contrastes; il convient de placer ces formulaires dans des livrets à reliure spirale que l'on peut plier facilement afin qu'ils occupent peu d'espace. Le formulaire lui-même doit être conçu de manière que la page de gauche contienne des renseignements contextuels tels que les définitions des compétences ou les manipulations recommandées du simulateur, et la page de droite, l'espace réservé à la notation. Il vaut mieux adopter une structure simple dans laquelle l'évaluateur « coche des cases » au lieu de devoir rédiger des inscriptions détaillées¹⁷³. Les fiches d'évaluation contribuent fondamentalement à la capacité de l'évaluateur de coter la performance de l'équipage. La Force aérienne devra se pencher sur des questions clés (Comment faut-il décrire les cotes d'évaluation? Le langage doit-il être général ou spécifique? Faut-il employer un barème numérique de notation ou des listes de contrôle des comportements?, etc.) si elle veut arriver à élaborer un programme efficace de LOS¹⁷⁴.

Expliquer toutes les notes attribuées

La recherche a montré que les évaluateurs tendent à attribuer la cote « moyenne » aux équipages quand, dans la fiche de notation, on n'exige une justification ou des détails que pour les cotes supérieures ou inférieures à la moyenne. En demandant aussi des explications pour la cote moyenne, on réduit cette possibilité et l'on crée aussi un ensemble de données considérablement plus vaste à partir duquel il sera possible d'évaluer l'efficacité globale du programme de LOS. L'adoption de cette démarche nécessite un effort conscient pour expliquer clairement les méthodes de notation que l'instructeur peut utiliser facilement pour s'éviter d'autres problèmes, tels qu'une surcharge de travail¹⁷⁵.

171. *Ibid.*, p. 8.

172. FAA, AC 120-35C, *LOS*, p. 3.

173. Beaubien, Baker et Salvaggio, « Improving the Construct Validity », p. 9.

174. Goldsmith et Johnson, « Assessing and Improving Evaluation », p. 235.

175. Beaubien, Baker et Salvaggio, « Improving the Construct Validity », p. 11.

L'exécution de la LOS

La FAA recommande que tous les scénarios de LOS comportent quatre étapes distinctes : le breffage, la planification prévol (documents et activités), le vol et le débrefage¹⁷⁶. La recherche sur l'efficacité de la LOS a montré que les lacunes au stade du débrefage sont ce qui contribue le plus à la faiblesse ou à l'inefficacité d'un programme LOS¹⁷⁷. Une brève explication de chaque étape suit :

- a. **Breffage.** L'instructeur explique le scénario de LOS, y compris les objectifs d'entraînement, son propre rôle et celui de l'équipage aérien au cours du scénario. Il fournit aussi des renseignements contextuels, notamment sur le contexte environnemental du scénario. Souvent des breffages insuffisants sur la LOS aboutissent à des simulations de mauvaise qualité. Le problème le plus courant réside dans l'incapacité de convaincre l'équipage que l'instructeur n'est pas présent pendant la simulation et qu'on ne peut le consulter. Le breffage doit aussi comprendre une révision des concepts de CRM (PHAM) qui seront abordés pendant le scénario, l'équipage dirigeant le déroulement de cette partie du breffage¹⁷⁸.
- b. **Activités prévol.** L'instructeur fournit à l'équipage toute la documentation prévol nécessaire pour exécuter le vol. Les bulletins météorologiques, les calculs de masse et centrage et les autres documents fournis normalement au stade du prévol doivent être les mêmes que ceux remis à l'équipage s'appêtant à exécuter un vol réel. L'équipage doit prendre place dans le simulateur suffisamment d'avance pour préparer convenablement l'aéronef conformément aux consignes de prévol établies¹⁷⁹.
- c. **Vol.** Comme nous l'avons déjà mentionné, le segment correspondant au vol même a lieu en temps réel, et l'équipage remplit alors ses fonctions normales. La seule exception à cette règle se produit pendant la formation aux opérations spéciales (SPOT), laquelle peut être interrompue aux fins de la réalisation d'objectifs d'entraînement particuliers. Il faut toujours veiller à maintenir le réalisme le plus complet, ce qui inclut le port, par l'équipage, des casques d'écoute, des appareils respiratoires d'urgence ou de tout autre équipement nécessaire à l'exécution du vol¹⁸⁰.
- d. **Débrefage.** C'est le volet le plus déterminant de la session de LOS. L'instructeur doit résister à la tentation de jouer un rôle magistral et permettre à l'équipage de dresser le bilan de ses propres points forts et faibles. La recherche a montré que tous les équipages ne sont pas capables de faire cette activité au même niveau, tout dépendant de leur expérience et de leur maturité. Cela signifie que les instructeurs doivent être prêts à animer la discussion à divers degrés, selon l'équipage en leur présence. Ce qui est exigé de l'instructeur pendant la LOE n'est pas identique à ce que l'on attend de lui pendant le LOFT et la SPOT, et cela doit être pris en compte au cours de la formation des instructeurs¹⁸¹.

La validation et la mise à jour des scénarios

Afin d'élaborer un programme de LOS efficace, il faut déployer un effort délibéré et prendre en considération plusieurs facteurs clés, comme l'expose la présente section. Il importe par ailleurs de

176. FAA, AC 120-35C, *LOS*, p. 2.

177. Dismukes, Jobe et McDonnell, *LOFT Debriefings*, p. 4.

178. FAA, AC 120-35C, *LOS*, p. 4-8.

179. *Ibid.*, p. 8-9.

180. *Ibid.*, p. 9 et 12.

181. Dismukes, Jobe et McDonnell, *LOFT Debriefings*, p. 20.

valider les scénarios avant qu'un équipage puisse s'en servir dans le simulateur. Aux États-Unis, tous les transporteurs commerciaux doivent présenter leurs scénarios à la FAA et les faire approuver par elle avant de s'en servir. L'approbation est fonction de la conformité à la circulaire consultative 120-35C intitulée *Line Operations Simulations*¹⁸². Une fois les nouveaux scénarios validés, les instructeurs en LOS apprennent à les diriger. L'adoption de la LOS dans la Force aérienne nécessiterait une démarche réglementaire semblable pour garantir que les diverses flottes se conformeraient aux objectifs de la Force aérienne se rapportant à l'enseignement et à l'évaluation des compétences non techniques.

Il reste un dernier aspect à prendre en compte relativement à la mise en œuvre de la LOS : il faut bien comprendre que la conception des scénarios ne s'arrête pas avec la mise en application des premiers d'entre eux. Il faut mettre les scénarios à jour régulièrement (la FAA recommande de le faire au moins tous les ans) pour que les stagiaires ne deviennent pas trop familiers avec eux. Cette dernière mesure ferait en sorte que les équipages de la Force aérienne soient exposés à « de nouvelles technologies et procédures et aux problèmes opérationnels de l'heure »¹⁸³.

Une fois ces diverses méthodes établies et ces considérations examinées, la Force aérienne serait en mesure de mettre en œuvre et de soutenir un programme efficace de LOS. Comme nous l'avons démontré dans la présente section, il ne suffit tout simplement pas de dire que la Force aérienne va exploiter à fond l'environnement synthétique tout en optimisant la performance humaine : il faut d'abord, pour favoriser la réalisation de cet objectif, s'assurer que les ressources nécessaires existent et que les efforts voulus sont possibles. Le rapport sur l'EPPA, examiné dans la section 3, résume ce qui se passe quand tel n'est pas le cas et il a clairement indiqué que la Force aérienne n'a toujours pas optimisé son entraînement et ses opérations en ce qui concerne les facteurs humains dans l'aviation. La Force aérienne est à même de mettre en œuvre et de soutenir un programme efficace de LOS à condition de prendre en considération les leçons tirées par l'industrie. La LOS est un des éléments envisagés dans le contexte plus large des facteurs humains, mais l'effort délibéré qu'il faudrait déployer pour l'introduire avec succès dans la Force aérienne aurait d'importantes conséquences dans toute l'organisation.

Autres avantages d'un programme de LOS pour la Force aérienne

La mise en œuvre de la LOS dans toute la Force aérienne nécessite certaines activités essentielles, comme nous l'avons expliqué dans la présente section. Tout d'abord, la Force aérienne devra définir clairement les compétences non techniques dont elle veut que ses équipages se dotent et publier les marqueurs comportementaux par rapport auxquels elle mesurera leur performance. Ensuite, elle devra enseigner à ses instructeurs et évaluateurs à utiliser ces marqueurs pendant l'entraînement et les opérations, afin de s'assurer qu'elle atteint ses objectifs. Enfin, un effort délibéré s'impose pour élaborer et appliquer des scénarios de LOS axés sur les compétences techniques et non techniques que la Force aérienne veut inculquer à son personnel et évaluer. Toutes ces activités amèneront l'organisation à adopter un langage commun relativement aux facteurs humains dans l'aviation. De ce langage commun seront issus les moyens par lesquels la Force aérienne commencera à examiner ses autres défis liés aux facteurs humains, par exemple ceux qui concernent la PHAM et le HFACS. Dans le cas du programme de la PHAM, qui contient déjà les fondements et les concepts d'un solide programme d'ergonomie, il ne manque vraiment qu'une dimension, soit celle de l'évaluation.

182. FAA, AC 120-35C, LOS, p. 4. Pour lire une ventilation détaillée des méthodes de conception des scénarios de LOS, les lecteurs sont encouragés à consulter le Tableau 6-1 de l'ouvrage indiqué ici. Il décrit les diverses étapes d'un processus que les organisations peuvent suivre pour élaborer leur programme de LOS.

183. *Ibid.*, p. 13.

Le HFACS (bien qu'il se rapporte à la sécurité des vols) commencera à se réaligner, à mesure que l'organisation cerner d'une façon plus précise ce qu'elle veut réaliser dans le domaine des facteurs humains en aviation. Il est relativement simple de passer à l'action sur ces deux plans, quand on les situe dans le contexte de l'élaboration et de la mise en œuvre d'un programme de LOS dans l'ensemble de la Force aérienne.

Il y a d'autres avantages éventuels dont nous avons déjà parlé brièvement dans le présent document. Un des plus importants, suivant logiquement la mise en application d'un programme de LOS, réside dans l'introduction d'un audit de sécurité en service de ligne (LOSA) ou d'un programme d'assurance de la qualité des opérations de vol. Une fois des marqueurs techniques et comportementaux clairement définis pour appuyer un programme de LOSA, il serait relativement simple pour la Force aérienne de commencer à assujettir ses opérations à des audits de sécurité. Comme le décrit le manuel de l'OACI sur les LOSA, « le programme LOSA fait appel à des experts et à des observateurs spécialement formés pour recueillir des données sur les comportements des navigants et sur les facteurs contextuels au cours de vols ordinaires »¹⁸⁴. Avec la LOS qui sert à enseigner et à évaluer les compétences de base que les équipages de vol sont censés acquérir, le LOSA fonctionne en fonction d'une règle selon laquelle ils ne sont pas tenus responsables de leurs actions et des erreurs observées. En effet, l'objet du LOSA est plutôt d'aider l'organisation à repérer les lacunes éventuelles dans ses procédures d'entraînement et de fonctionnement¹⁸⁵. Le LOSA devient, pour les milieux opérationnels, ce que le HFACS est censé être pour le système de la sécurité des vols, c'est-à-dire le moyen par lequel l'organisation repère les lacunes dans la façon dont elle mène ses opérations, des points de vue technique et non technique, et y remédie. Le LOSA correspond à un niveau de maturité de l'organisation que celle-ci ne peut atteindre qu'en franchissant la première étape critique, à savoir l'élaboration et la mise en œuvre d'un programme solide et efficace de LOS.

Résumé

La LOS est un moyen d'optimiser les facteurs humains dans l'aviation, un moyen qui a fait l'objet de recherches approfondies et dont les preuves ont été faites tant et plus. Plusieurs organismes de réglementation (notamment au Canada, aux États-Unis et en Europe) en recommandent l'adoption et l'imposent dans certains cas, afin de réduire le nombre d'incidents et d'accidents d'aviation imputables à des facteurs humains. De multiples manuels et rapports de recherche ont été rédigés sur l'efficacité des programmes de LOS et sur la façon de les élaborer et de les mettre en œuvre : ces ouvrages se sont constamment améliorés à mesure que le concept est venu à maturité. Le rapport sur l'EPPA a montré que la Force aérienne du Canada n'a encore optimisé ni ses programmes d'ergonomie (facteurs humains) ni son utilisation de l'environnement synthétique. Il ne suffit tout simplement pas de dire que la Force aérienne va exploiter à fond l'environnement synthétique et optimiser la performance humaine : elle doit fournir les ressources nécessaires et déployer l'effort voulu en ce qui concerne la définition des marqueurs comportementaux, la formation du cadre d'instructeurs/évaluateurs ainsi que la conception et la validation des scénarios, si elle veut atteindre ses objectifs.

L'adoption d'un programme solide et efficace de LOS permettrait d'aborder efficacement les problèmes relatifs à la PHAM et à l'environnement synthétique qui ont été relevés dans le rapport sur l'EPPA; ce faisant, la Force aérienne commencerait aussi à s'attaquer à d'autres questions qui se posent à elle. C'est là le véritable avantage qu'il y a à la doter d'un programme de LOS : les capacités qui deviendraient ultérieurement possibles, une fois les marqueurs comportementaux définis et évalués au même titre que les compétences techniques d'aujourd'hui. À mesure que le programme

184. OACI, *Audit de sécurité en service de ligne*, p. vii.

185. *Ibid.*

de LOS parviendra à maturité dans toute la Force aérienne et que les équipages commenceront à employer un langage commun relativement aux compétences non techniques, le système de la sécurité des vols se trouvera à même d'amorcer la mise en œuvre complète du HFACS. Les programmes de suivi, tels que celui des LOSA, permettraient dès lors à la Force aérienne de devenir véritablement une organisation apprenante.

5. Conclusion

William Sharpe et Manfred von Richthofen ont été aviateurs à une époque bien antérieure à celle des simulateurs et de l'environnement synthétique. Le premier est mort dans un accident en 1915, et l'autre a finalement été tué au combat en 1918. Un meilleur entraînement aurait-il empêché l'accident qui a coûté la vie à William Sharpe? L'environnement synthétique aurait-il permis au Corsaire rouge d'enseigner ses tactiques meurtrières à une plus vaste gamme d'aviateurs allemands au cours de la Première Guerre mondiale et de modifier éventuellement l'issue de ce conflit? On ne saurait répondre à ces questions, mais la question la plus pressante qui se pose sans doute quand on songe à ces deux hommes aujourd'hui est celle de savoir s'ils auraient quelque chose à nous dire au sujet de ce qu'ils ont appris il y a si longtemps. Le message sur l'importance de l'être humain dans l'aviation, que le Corsaire rouge nous a transmis en 1917, est-il encore valide?

Le présent mémoire a commencé par une démonstration de la prédominance durable du rôle des facteurs humains dans l'aviation. Depuis le jour où l'homme a volé pour la première fois, c'est son esprit qui l'a soutenu et lui a permis de rester en l'air. Comme l'histoire le fait voir, c'est aussi l'être humain qui a contribué grandement à sa propre chute du haut des airs à des moments où il s'y attendait le moins. Certes, les aéronefs ont évolué et sont parvenus à des niveaux de fiabilité élevés en un peu plus de 50 ans, mais l'aviation continue d'essayer de comprendre comment l'être humain fonctionne après des milliers d'années d'évolution. Dans le présent mémoire, nous avons soutenu que le domaine des facteurs humains dans l'aviation n'a pas vraiment existé avant la deuxième partie du XX^e siècle. Depuis lors, il a grandi rapidement pour finalement cerner systématiquement le rôle de ces facteurs. Des statistiques récentes montrent qu'entre 70 et 80 p. 100 de tous les incidents et accidents d'aviation sont attribuables à des facteurs humains. Aspect plus important encore, la recherche révèle que bon nombre de ces accidents ne résultent pas de problèmes techniques complexes à bord de l'aéronef, mais bien de lacunes fondamentales dans le leadership, la coordination des membres d'équipage, la communication et le processus décisionnel. L'entrée en service d'aéronefs dotés de technologies de pointe et de systèmes de bord perfectionnés a renforcé encore plus le caractère essentiel du rôle de l'être humain et la nécessité de faire en sorte que les aviateurs soient formés convenablement pour bien fonctionner dans un environnement aéronautique de plus en plus complexe.

Au cours des dernières années, une des évolutions les plus marquantes dans l'aviation a été le recours à l'environnement synthétique pour y étudier l'influence des facteurs humains. Beaucoup de recherches ont porté sur la meilleure façon de structurer l'exploitation de l'environnement synthétique pour parvenir à de hauts niveaux de performance humaine, lesquels engendrent des degrés élevés d'efficacité opérationnelle et de sécurité. C'est ce que l'on appelle la simulation des opérations de ligne (LOS), c'est-à-dire l'élaboration et la mise en œuvre d'un solide programme d'entraînement sur simulateur pour enseigner la gestion des ressources en équipe; l'emploi de cet outil est très répandu dans toute l'industrie. Le présent mémoire a décrit l'évolution de la LOS et les moyens par lesquels elle est offerte. Il a aussi mis en lumière le rôle essentiel que les instructeurs et les évaluateurs jouent dans toute entreprise visant à optimiser l'environnement synthétique. Sans un entraînement et des

normes reposant fermement sur des marqueurs comportementaux clairement définis, la capacité du cadre d'instructeurs et d'évaluateurs d'inculquer les compétences non techniques et d'en évaluer la maîtrise est considérablement réduite. L'industrie a pris conscience de la relation entre ces éléments, de sorte que de nombreux aviateurs dans le monde civil contemporain sont exposés, au chapitre des compétences non techniques, à des niveaux de formation et d'évaluation auxquels la Force aérienne du Canada aspire aujourd'hui et vers lesquels elle tendra dans l'avenir.

La présente étude a aussi porté sur le stade où la Force aérienne du Canada en est actuellement relativement aux facteurs humains dans l'aviation et à l'environnement synthétique. Nous avons ainsi conclu qu'il reste beaucoup à faire pour optimiser la performance humaine et réaliser la transformation envisagée à long terme. Le projet d'EPPA a mis au jour plusieurs problèmes afférents aux facteurs humains et à l'environnement synthétique, lesquels ne sont pas insolubles compte tenu des leçons fournies par l'industrie. Il faut se rappeler que la Force aérienne possède déjà une bonne gamme d'appareils d'entraînement synthétique, mais qu'elle ne les utilise tout simplement pas au maximum. Comme Eduardo Salas, Clint A. Bowers et Lori Rhodenizer l'ont dit en 1998, « ce qui compte, ce n'est pas ce dont on dispose, mais la façon dont on s'en sert », et, à cet égard, la Force aérienne a du travail à faire¹⁸⁶. Dans la présente étude, nous avons aussi abordé d'autres aspects qui sont liés directement aux facteurs humains et qui empêchent la Force aérienne de cerner suffisamment les véritables causes des accidents et d'apprendre ce faisant. Ici encore, les leçons fournies par l'industrie, si la Force aérienne les exploite judicieusement, peuvent servir à faire du Système d'analyse et de classification des facteurs humains, que la Direction de la sécurité des vols emploie actuellement, un outil utile. Aspect primordial, notre mémoire a montré que ces problèmes ne sont pas propres aux Forces canadiennes et que d'autres organisations s'y sont attaquées avec succès.

La dernière section du présent mémoire a abordé les façons particulières dont la Force aérienne peut commencer à optimiser son approche globale des facteurs humains dans l'aviation, en recourant à l'environnement synthétique. En mettant l'accent sur l'élaboration de marqueurs comportementaux, en formant des instructeurs et des évaluateurs capables de s'en servir et en mettant en œuvre un solide programme de LOS dans toute son organisation, la Force aérienne pourra commencer à progresser vers les objectifs de sa transformation. Il faudra affecter des ressources et du personnel exclusivement à un tel projet, car il ne suffit désormais plus d'affirmer tout simplement qu'il sera mis à exécution.

Une fois ces ressources et ce personnel obtenus et si les leçons fournies par l'industrie sont mises à profit, la Force aérienne pourra assurément créer un programme de LOS viable et pertinent sur le plan opérationnel. Ce faisant, elle réunira les conditions voulues pour réussir dans d'autres domaines afférents à la performance humaine, tels que ceux de la PHAM et des programmes axés sur le HFACS. À mesure que l'organisation adoptera un langage commun et une culture de la performance humaine, la mise en application de programmes tels que les audits de sécurité en service de ligne deviendra possible également. Mais d'abord et avant tout, la Force aérienne doit faire le premier pas essentiel, à savoir créer les marqueurs voulus pour inculquer et évaluer les compétences non techniques tout comme elle le fait déjà pour les compétences techniques.

Manfred von Richthofen a compris que l'être humain contribue d'une façon essentielle à la réussite dans l'aviation, et ses propos sont tout aussi vrais aujourd'hui qu'au moment où il a écrit son livre en 1917. La boîte à laquelle il faisait allusion était l'avion, mais aujourd'hui, la Force aérienne du Canada a l'occasion d'exploiter à fond une autre boîte, c'est-à-dire le simulateur. Ce faisant, elle pourra non seulement optimiser la performance de l'être humain occupant le poste de pilotage, mais aussi

186. Salas, Bowers et Rhodenizer, « It Is Not How Much », p. 197.

atteindre des niveaux de sécurité et d'efficacité opérationnelle jamais vus auparavant. Elle s'assurera en outre qu'elle pourra exploiter à fond la technologie qu'elle possède déjà ou qu'elle acquerra dans l'avenir. Sa stratégie montre clairement que la volonté de ce faire existe. Il ne lui reste plus qu'à consacrer à ce projet les ressources et l'effort voulus pour le réaliser; l'optimisation de l'environnement synthétique pour produire une performance humaine optimisée est entièrement à sa portée.

Abréviations

1 DAC	1 ^{re} Division aérienne du Canada
AC	Circulaire consultative
ACRM	Advanced Crew Resource Management Training (États-Unis)
ASRS	Aviation Safety Reporting System (États-Unis)
ATSI	Advanced Technology Skills Inventory (États-Unis)
CAP	Civil Air Publication (Royaume-Uni)
CRM	gestion des ressources en équipe
DSV	Direction de la sécurité des vols
EPPA	élaboration de la politique et de la planification en matière d'automatisation
FAA	Federal Aviation Administration (États-Unis)
FC	Forces canadiennes
FED	fiabilité de l'évaluateur désigné
FIE	fiabilité interévaluateurs
HFACS	Système d'analyse et de classification des facteurs humains
I/É	instructeur/évaluateur
IRT	épreuve de qualification de vol aux instruments
LOE	évaluation opérationnelle de ligne
LOFT	entraînement type vol de ligne
LOS	simulation de ligne opérationnelle
LOSA	audit de sécurité en service de ligne
MDN	Ministère de la Défense nationale
NASA	National Aeronautics and Space Administration
NOTECHS	compétences non techniques

OACI	Organisation de l'aviation civile internationale
PAQ	Programme avancé de qualification
PDA	processus décisionnel en aéronautique
PHAM	performance humaine dans l'aviation militaire
R.-U.	Royaume-Uni
RESV	Rapport d'enquête sur la sécurité des vols
SPOT	formation aux opérations spéciales

Chapitre 2 – Opérations spéciales d’aviation du Canada : Une force pertinente sur le plan stratégique

Major Richard Morris

Résumé

Dans l’environnement de sécurité international d’aujourd’hui, les forces d’opérations spéciales (FOS) sont souvent devenues les forces de choix pour les gouvernements qui en sont dotés. Elles permettent des économies de forces et offrent une certaine souplesse lors de la gestion de crises qui requièrent une intervention rapide et sont controversées sur le plan politique. Néanmoins, les FOS sont seulement aussi efficaces que la somme de leurs parties. Compte tenu de cela, le présent article avance l’argument que les opérations spéciales d’aviation (OSA) sont une force pertinente sur le plan stratégique pour le Canada, mais que dans leur état actuel, elles ne sont pas en mesure de fournir l’effet désiré. L’argument est étayé par un examen des problématiques liées à l’environnement de sécurité actuel et futur ainsi que des solutions efficaces que les FOS peuvent offrir en théorie et en pratique. De plus, des exemples historiques de la pertinence stratégique des OSA pour les opérations sont étudiés. Cette étude est suivie d’une analyse des OSA canadiennes et des aspects à approfondir, à l’avenir, pour que celles-ci réalisent le potentiel stratégique requis.

Table des matières

Résumé	47
1. Introduction	49
Remarques de l’auteur	50
2. L’environnement de sécurité d’aujourd’hui et de demain	51
Tendances clés	51
Mondialisation	51
Innovation scientifique et technologique rapide	53
Changements géopolitiques	54
Rareté des ressources	54
Changements démographiques	55
Urbanisation	56
Menace de pandémie	56
États défaillants et en voie de le devenir	57
Importance croissante des acteurs non étatiques	57
Implications	58
3. FOS : Théorie, rôles et pertinence	59
La théorie	59
Rôles	63
Pertinence	63
Résumé	65
4. Pertinence stratégique des opérations spéciales d’aviation : Études de cas	65
Opération Eagle Claw	66
Opération Barras	69
Résumé	71
5. Les opérations spéciales d’aviation canadiennes : Être ou ne pas être?	72
Introduction	72
État actuel	72
Situation désirée	75
Options possibles	78
Résumé	79
6. Conclusion	79
Abréviations	80

1. Introduction

Les forces d'opérations spéciales (FOS) modernes, au sens généralement admis du terme selon les normes d'aujourd'hui, existent sous une forme ou une autre depuis la Deuxième Guerre mondiale. Elles fournissent aux gouvernements nationaux et à leurs commandants militaires un ensemble d'aptitudes uniques pouvant être appelées à servir dans des situations particulières. Le caractère unique des FOS (en plus de l'emploi de tactiques et d'équipement non conventionnels, comme le fait remarquer William McRaven) découle de leur capacité à triompher de forces habituellement supérieures en nombre¹. La disponibilité opérationnelle élevée qui leur est propre et leur capacité à opérer tant ouvertement que secrètement en font une ressource stratégique militaire extrêmement attirante et rentable. Cette réalité s'est accentuée dans l'environnement économique et stratégique d'après-guerre froide, alors que l'on s'attendait à des « dividendes de la paix » et que la probabilité de guerres massives conventionnelles entre États a considérablement diminué. Les premières ne se sont jamais réellement concrétisées, et les secondes ont été remplacées par des conflits intérieurs ou régionaux causés par des États défailants ou en voie de le devenir. Dans le contexte d'un tel environnement économique et stratégique mondial, les FOS sont devenues une ressource intéressante permettant aux gouvernements nationaux de façonner leurs politiques étrangères.

Les événements tragiques du 11 septembre 2001 (11-sept) ont transformé une fois de plus l'environnement stratégique mondial. La valeur des FOS a été augmentée et renforcée au cours de la « guerre internationale contre le terrorisme », au cours de laquelle :

[I]eur souplesse inhérente, leur faible empreinte, leur sensibilisation culturelle et régionale et de nombreuses autres capacités impressionnantes en ont fait un multiplicateur de force dont l'incidence sur les opérations est bien supérieure au nombre de ses soldats².

Les Forces canadiennes (FC) n'étaient pas aveugles à la nature changeante du contexte de sécurité mondial. Par conséquent, une vaste opération de transformation du commandement et du contrôle a été entreprise sous la direction du général Rick Hillier, alors Chef d'état-major de la Défense. Cette transformation incluait la création du Commandement – Forces d'opérations spéciales du Canada (COMFOSCAN) en février 2006³. L'objectif prévu pour ce commandement était de former des forces opérationnelles spéciales dans le but d'appuyer les activités des FC au pays et à l'étranger⁴. COMFOSCAN était composé de quatre unités pour réaliser ses missions et tâches : la Force opérationnelle interarmées 2 (FOI 2); le nouveau Régiment d'opérations spéciales du Canada (ROSC); une Compagnie interarmées de défense nucléaire, biologique et chimique (CIADNBC) agrandie⁵; et le 427^e Escadron tactique d'hélicoptère (ETAH), sous commandement opérationnel (OPCOM)⁶. La FOS faisait maintenant partie intégrante des FC, aux côtés des forces terrestres, maritimes et aériennes traditionnelles.

Au même titre que le Régiment d'opérations spéciales du Canada et les unités IADNBC, l'unité d'aviation représentait un nouveau tournant pour le Canada en matière de capacités de FOS. Avant 2006, le 427^e ETAH n'avait offert qu'un soutien spécial limité à la mission nationale de contre-terrorisme de la Force opérationnelle interarmées 2. Désormais désignée officiellement 427^e Escadron

1. William H. McRaven, *Spec Ops: Case Studies in Special Operations Warfare: Theory and Practice*, Novato, Presidio Press, 1996, p. 4.

2. Colonel Bernd Horn et major Tony Balasevicius, éd., *Lumière sur les forces de l'ombre : une perspective canadienne sur les forces d'opérations spéciales*, Kingston (Ont.), Presse de l'Académie canadienne de la Défense; Toronto, The Dundurn Group, 2007, p. 13.

3. Canada, ministère de la Défense nationale (MDN), *Commandement des forces d'opérations spéciales du Canada : un aperçu*. Ottawa, MDN, 2008, p. 2.

4. *Ibid.*

5. Cette Unité a plus tard pris le nom d'Unité interarmées d'intervention du Canada (UIIC).

6. Canada, MDN, *Commandement des forces d'opérations spéciales du Canada*, p. 10.

d'opérations spéciales d'aviation (EOSA), l'unité entière a reçu la tâche d'offrir un soutien en aviation dédié et complet aux FOS canadiennes⁷. Le Canada fait maintenant partie d'un petit groupe de pays qui possède des forces d'opérations spéciales hautement qualifiées ainsi que des éléments facilitateurs intégraux essentiels comme l'aviation.

Cependant, les simples changements aux relations de commandement et à la fonction du 427^e ETAH ne représentaient que la première étape de la mise sur pied d'une véritable capacité d'OSA pour le COMFOSCAN et les Forces canadiennes. En 2006, l'équipement, les aéronefs et l'effectif reflétaient en grande partie une organisation de la force et des concepts conventionnels, hérités de l'époque de la guerre froide. En quatre ans, des changements graduels ont été apportés pour faciliter la mise sur pied d'OSA. Néanmoins, dans l'ensemble, il s'agit toujours de capacités à l'état naissant. Par conséquent, le présent article démontrera que les OSA représentent une capacité stratégique pertinente pour le Canada, mais que cette capacité est actuellement insuffisante et doit être consolidée afin d'assurer aux Forces canadiennes des compétences efficaces, durables et parvenues à maturité.

Pour les besoins de cette démonstration, nous commencerons par décrire l'environnement de sécurité contemporain et de l'avenir. Un survol des théories existantes quant aux FOS et à leurs rôles suivra. Les deux sections suivantes présenteront le contexte nécessaire pour comprendre la pertinence des FOS dans l'environnement opérationnel d'aujourd'hui et de demain. Le lecteur acquerra ainsi les connaissances générales nécessaires pour comprendre les deux études de cas sur les OSA présentées à la section 4. Ces études de cas se penchent sur des opérations spéciales, menées par les États-Unis et le Royaume-Uni, lors desquelles les OSA ont joué un rôle essentiel de facilitateur stratégique. Enfin, la section 5 examinera les OSA du Canada en fonction du cadre présenté dans les trois premières sections afin de déterminer leurs capacités actuelles et celles qu'elles doivent acquérir, à l'avenir, pour s'assurer une place en tant que force pertinente.

Remarques de l'auteur

Par ailleurs, l'information contenue dans le présent article sera maintenue à un niveau non classifié. Certains sujets et le traitement qui en est fait pourraient donc sembler être de nature plutôt générale. J'ai néanmoins décidé de procéder ainsi afin de maximiser le potentiel de diffusion, dans l'espoir que cela entraînera davantage de réflexions et de discussions.

Le lecteur remarquera aussi probablement que lorsqu'il est question des FOS et des OSA, j'ai évité de traiter des rôles qu'elles pourraient jouer dans les opérations nationales. Il s'agit d'une décision délibérée de ma part, découlant de ce que j'appelle le concept « du dernier ressort contre l'intervention immédiate ». Autrement dit, en général, le rôle des FOS à l'intérieur du pays en est un de dernier ressort, lorsque les autorités civiles sont incapables de gérer la crise en cours. À l'inverse, en ce qui concerne les opérations internationales, les FOS sont souvent en mesure d'intervenir les premières, offrant une souplesse stratégique aux gouvernements et aux armées qui les emploient. C'est cette notion de flexibilité stratégique offerte par les FOS et OSA qui sera explorée.

7. *Ibid.*, p. 11.

2. L'environnement de sécurité d'aujourd'hui et de demain

Il ne fait aucun doute que les événements du 11-sept ont profondément transformé l'environnement de sécurité mondial. Depuis ce jour fatidique, les circonstances qui ont façonné l'environnement de sécurité mondial actuel et celles qui l'influenceront à l'avenir ont fait l'objet d'énormément d'études et de réflexions. Bien que l'analyse des tendances internationales actuelles et futures ne soit pas un phénomène récent, on met davantage l'accent aujourd'hui sur la criticité de la compréhension de l'environnement mondial, vu la complexité intrinsèque qui le caractérise désormais. Mis en contexte :

... il est important de comprendre les problématiques opérationnelles potentielles découlant de l'environnement de sécurité de l'avenir afin de nous assurer que les FC ont la capacité d'exécuter les rôles que lui attribue la politique du gouvernement⁸.

Tendances clés

Bien que la priorité de l'après-11-sept ait été la lutte contre le terrorisme international, il existe d'autres facteurs importants qui façonnent le monde d'aujourd'hui et de demain. La présente section mettra en évidence les tendances clés en matière de sécurité qui ont été définies et sont généralement reconnues, à tout le moins par le Canada et ses principaux alliés. La mondialisation, l'innovation scientifique et technologique rapide, les changements géopolitiques, la rareté des ressources, les changements démographiques, l'urbanisation, la menace d'une pandémie, les États défaillants ou en voie de le devenir et le poids grandissant des acteurs non étatiques seront décrits en vue de mieux comprendre l'évolution de l'environnement de sécurité international d'aujourd'hui⁹. Ces renseignements serviront à mettre en contexte la pertinence des théories et rôles des FOS explorés à la section suivante.

Mondialisation

Bien que l'expression soit fréquemment utilisée aujourd'hui, la mondialisation n'est pas nécessairement une tendance nouvelle¹⁰. « Le terme mondialisation fait référence à la mobilité accrue des biens, des services, de la main-d'œuvre, de la technologie et des capitaux partout dans le monde¹¹. » L'expansion rapide des technologies de télécommunication a été le principal catalyseur de ce phénomène au cours des dernières années. Cela entraîne non seulement une grande interdépendance de l'économie mondiale, comme on le soulignait plus haut, mais aussi des sociétés intégrées dans lesquelles l'échange d'information a crû exponentiellement (tant sur le plan de la quantité que de la rapidité)¹². Dans une certaine mesure, la mondialisation est inévitable en termes d'évolution économique et sociale internationale. Elle comporte plusieurs avantages économiques internationaux majeurs, de même que d'autres bénéfiques. Elle a aussi néanmoins quelques désavantages qui lui sont propres, et à ce jour, ses avantages ne se sont pas universellement concrétisés et n'ont pas non plus été universellement acceptés. C'est pour cette raison que les conséquences de la mondialisation doivent être comprises du point de vue de la sécurité.

8. Peter Johnston et Michael Roi (Ph. D.), *Future Security Environment 2025*, Ottawa, Division de la recherche opérationnelle, Direction de la recherche opérationnelle [CORP], 2005, p. 1, <http://cradpdf.drdc-rddc.gc.ca/PDFS/unc35/p520084.pdf> (consulté le 9 juillet 2012).

9. Ces tendances ont été dégagées dans diverses évaluations de sécurité internationales réalisées par l'Australie, le Canada, les États-Unis et le Royaume-Uni.

10. Johnston et Roi, *Future Security Environment 2025*. Les figures 1 et 2 de la référence démontrent clairement une augmentation considérable de l'intégration de l'économie mondiale entre 1970 et 2000.

11. *Ibid.*, p. 1.

12. Canada, ministère de la Défense nationale, *La force de demain : Vision conceptuelle des capacités de l'Armée de terre*, Kingston, Direction des concepts stratégiques (Opérations terrestres), 2003, p. 2, http://www.army.forces.gc.ca/DLCD-DCSFT/pubs/special/futureforce/FPAC_fre.pdf (consulté le 9 juillet 2012).

Comme on l'a mentionné plus haut, le processus de mondialisation ne fait pas qu'accélérer la facilité et la rapidité des mouvements de personnes, d'information et de technologie à l'échelle mondiale : il a besoin de ces mouvements. Si l'on prend l'exemple des personnes, la nécessité de contrôler adéquatement le grand nombre de déplacements transfrontaliers se heurte au besoin d'exécuter des contrôles rapides pour éviter de perturber l'activité économique qui dépend de ces déplacements. De plus, l'information et les connaissances sont maintenant faciles d'accès et couramment diffusées. Il est donc difficile de restreindre la disponibilité de l'information et d'empêcher sa transmission à des éléments représentant une menace pour la sécurité. Internet et « l'effet CNN¹³ » représentent des entités difficiles à surveiller et à contrôler efficacement. La vitesse à laquelle les technologies de communication, en particulier, ont évolué et se sont répandues partout dans le monde n'a fait qu'accroître la complexité de la situation. En résumé :

Et compte tenu de l'accès de plus en plus facile à l'information et à la technologie, se procurer les moyens de parvenir à leurs fins (p. ex. ADM [armes de destruction massive] et leurs vecteurs) est devenu un jeu d'enfant à la fois pour les entités étatiques et non étatiques¹⁴.

Les répercussions que cela a sur la pertinence des rôles et des missions des FOS seront étudiées dans la prochaine section.

La mondialisation a permis à certains de profiter d'avantages considérables; toutefois, il existe un risque que l'écart entre les privilégiés et les démunis se creuse. Le défi, pour les décideurs d'aujourd'hui et de demain, sera de veiller à ce que les avantages de la mondialisation profitent aux régions et pays en développement¹⁵. La conséquence probable d'un échec sur ce plan est une révolte de ceux qui ont été privés des avantages matériels de la mondialisation¹⁶. Le risque, s'il n'est pas atténué adéquatement, est que dans un environnement économique de plus en plus interdépendant et complexe, il y aura des États « stables » et d'autres « instables ». Les États stables seront ceux capables de se conformer aux exigences et à la surveillance de la structure économique internationale, qui profiteront ainsi d'investissements continus à long terme. Les États instables seront incapables de respecter ces conditions et pourraient se retrouver coincés dans un cercle vicieux de pauvreté, menant potentiellement à une défaillance de l'État.

Autrement dit, la mondialisation jouera un rôle majeur dans la détermination des régions troubles à l'avenir, et si les avantages économiques du commerce mondial ne s'étendent pas aux pays en développement, on risque d'y voir germer des conflits¹⁷.

Comme nous le verrons dans la prochaine section, les FOS auront un rôle à jouer pour influencer certains de ces conflits potentiels découlant de la mondialisation et signaler leur émergence.

Une des conséquences particulières de l'intégration internationale découlant de la mondialisation est l'interdépendance économique. Cette interconnexion encourage les participants au système à faire preuve d'un intérêt partagé pour la santé et le bien-être de ce dernier¹⁸. L'une des retombées de cette situation est que la probabilité d'une guerre conventionnelle entre États a diminué, en partie

13. Le Cable News Network (CNN) est une chaîne d'actualité câblée américaine fondée en 1980. Il s'agissait de la première chaîne à diffuser l'actualité à la télévision 24 heures par jour et de la première chaîne consacrée entièrement à l'actualité aux États-Unis.

14. Canada, MDN, *La force de demain*, p. 3.

15. Johnston and Roi, *Future Security Environment 2025*, partie III.

16. Canada, MDN, *La force de demain*, p. 3.

17. Johnston et Roi, *Future Security Environment 2025*, partie III.

18. Canada, MDN, *La force de demain*, p. 3.

parce que la mondialisation a un effet d'uniformisation des cultures et des sociétés¹⁹. Bien que cela ait avantage les pays et régions qui avaient déjà des sociétés, gouvernements ou cultures de même mentalité, cet état de choses n'est certainement pas universellement accepté. La réalité est qu'il y aura toujours des gens de par le monde qui se sentent menacés par les normes et valeurs promues par la mondialisation. Cela risque d'entraîner un ressentiment considérable, de même que des réactions violentes de la part d'entités comme les états théocratiques et les cultures traditionnelles²⁰. Pour en voir la preuve, il n'y a qu'à prendre l'exemple du choc apparent entre les idéaux de « l'Ouest » et de l'Islam, dont les conflits en cours en Iraq, en Afghanistan et au Moyen-Orient sont tous représentatifs.

Les répercussions que la mondialisation a eues et continuera d'avoir sur l'environnement de sécurité internationale sont concrètes. Il faudra de la prévoyance et de la planification afin de minimiser leurs effets. Les personnes, l'argent et les idées peuvent se déplacer rapidement autour du globe, pour le meilleur et pour le pire²¹. Au bout du compte, les événements se déroulant à l'étranger ont le potentiel d'influer profondément sur le Canada et ses intérêts²².

Innovation scientifique et technologique rapide

Les changements et innovations rapides dans un grand nombre de domaines technologiques ont le potentiel d'apporter de grands avantages politiques, sociaux, économiques et militaires. Ces innovations découlent de diverses percées récentes dans des secteurs tels que les technologies de l'information, la robotique et les nanotechnologies et biotechnologies²³. Les sociétés pourront bénéficier d'un rendement accru (grâce à des communications plus efficaces et à des technologies de gestion de l'information, par exemple), de nouvelles procédures médicales plus efficaces ou d'une plus grande efficacité dans les pratiques commerciales et industrielles. Pour l'armée, les progrès en systèmes de gestion de l'information, l'équipement de détection amélioré et les armes à la précision, à la portée et à la létalité accrues offrent la possibilité d'une plus grande efficacité, même avec une force limitée²⁴.

Cependant, il y a également des risques associés à ces percées technologiques rapides. Du point de vue militaire, certains des efforts en cours visent à développer des armes de grande puissance. Les progrès en explosifs à effets de souffle amélioré, thermobariques ou gazeux n'en sont que quelques exemples. Ce type d'armement est en contraste direct avec la précision ciblée et l'extensibilité des effets propres à d'autres technologies. Dans les circonstances, la menace contre la sécurité est qu'étant donné la nature de la mondialisation, ce n'est qu'une question de temps avant que la prolifération de telles armes devienne problématique²⁵. Le défi pour le Canada et les autres pays sera d'empêcher la prolifération de ces technologies et d'atténuer la menace que présente leur utilisation autant que possible, sans entrer dans une course à l'armement technologique.

19. *Ibid.*

20. Peter Gizewski, « The Future Security Environment: Threats, Risks and Responses, » *Canadian Institute of International Affairs International Security Series*, mars 2007, p. 1, <http://www.opencanada.org/wp-content/uploads/2011/05/ISS-Future-Security-Environment.pdf> (consulté le 9 juillet 2012).

21. Australie, ministère de la Défense, *Australia's National Security: A Defence Update 2007*, Canberra, ministère de la Défense, 2007, p. 14, <http://www.defence.gov.au/oscdf/ans/2007/> (consulté le 9 juillet 2012).

22. Canada, ministère de la Défense nationale, *Stratégie de défense Le Canada d'abord*, Ottawa, ministère de la Défense nationale, 2008, p. 6, <http://www.forces.gc.ca/site/pri/first-premier/index-fra.asp> (consulté le 9 juillet 2012).

23. Gizewski, « The Future Security Environment, » p. 2.

24. *Ibid.*

25. *Ibid.*, p. 5.

Changements géopolitiques

Il est généralement accepté que la dominance des États-Unis (É.-U.) continuera pour un avenir prévisible. « Autrement dit, le rôle joué par les États-Unis dans les événements internationaux demeurera le plus important facteur qui façonne l'environnement de sécurité mondial²⁶. » L'écart actuel entre les capacités militaires des É.-U. et celles de leurs adversaires potentiels est tel qu'il ne fait pas de doute que le pays conservera son statut de puissance militaire inégalée pendant encore au moins deux décennies. En fait, cet écart de capacités se creusera probablement à court terme puisque les É.-U. investissent comme aucun autre État dans la recherche et le développement de défense. Malgré ces prévisions, il serait naïf de présumer que l'hégémonie des É.-U., telle que nous la connaissons aujourd'hui, ne changera pas à l'avenir.

Le contexte international présente déjà des signes de transformation. Des pays comme la Chine, l'Inde et la Russie, qui ont tous leurs objectifs et intérêts régionaux, se montrent intéressés par l'expansion de leur influence au-delà de leurs sphères traditionnelles²⁷. La conséquence en est que les politiques et intérêts des É.-U. et de l'Ouest se heurteront de plus en plus à ceux des puissances émergentes²⁸. De plus, la présence d'États dirigés par des régimes imprévisibles ou d'États « voyous » qui possèdent ou tentent d'acquérir de l'armement perfectionné et des capacités nucléaires accroît le potentiel de conflit²⁹. Dans un cas comme dans l'autre, la possibilité de conflit armé augmenterait, ce qui rendrait l'influence et la présence de l'Ouest dans certaines régions problématiques et risquées³⁰. La puissance militaire des É.-U. et de leurs alliés est probablement actuellement suffisante pour contrer la plupart des menaces. Cependant, avec les années, les É.-U. pourront-ils continuer à assumer les coûts financiers et politiques de la gestion des conflits mondiaux? Adopteront-ils une position semi-isolationniste, intervenant et risquant des ressources et des vies américaines uniquement lorsque des intérêts nationaux clés sont en jeu? Bien que la situation géopolitique mondiale soit relativement stable pour un avenir prévisible, il est évident qu'elle évoluera et que cela engendrera de nouveaux défis en matière de sécurité internationale.

Rareté des ressources

Les changements climatiques, la croissance dynamique de certaines populations régionales et la dégradation de l'environnement entraîneront des pénuries de ressources considérables au cours des années à venir. Même si certaines ressources non renouvelables désirables comme les terres arables et les forêts subiront des impacts négatifs, ce sont l'eau et le pétrole qui sont perçus comme présentant la plus grande menace pour la sécurité mondiale. Leur importance est telle qu'une diminution de la disponibilité de ces ressources clés contribuera à la vulnérabilité des régions et des États, au déclin économique et à l'instabilité sociale³¹.

La disponibilité décroissante des ressources hydriques est particulièrement préoccupante. Trois milliards de personnes dans 48 pays risquent de devoir composer avec des pénuries d'eau douce majeures d'ici 2025. Quelque 20 pays du Proche-Orient et d'Afrique du Nord sont susceptibles de connaître les pires pénuries. Dans ces régions, on prédit que les réserves seront à sec d'ici 2100 si la consommation par habitant et les pratiques agricoles inefficaces ne sont pas mieux encadrées

26. Johnston et Roi, *Future Security Environment 2025*, partie IV, paragraphe 30.

27. Gizewski, « The Future Security Environment », p. 2.

28. Canada, MDN, *La force de demain*, p. 7.

29. Canada, MDN, Stratégie de défense *Le Canada d'abord*, p. 6.

30. Gizewski, « The Future Security Environment », p. 3.

31. Canada, MDN, *La force de demain*, p. 11.

ou restreintes³². Dans certaines régions (dont le Moyen-Orient, l'Asie centrale et des parties de l'Afrique et de l'Amérique du Sud), détenir un accès à des ressources hydriques deviendra une source de pouvoir. Par conséquent, ces ressources stratégiques essentielles sont susceptibles d'être le fondement de conflits à l'avenir³³.

En plus de l'eau, le pétrole demeurera une ressource présentant un intérêt stratégique majeur, puisque les besoins croissants de l'économie des pays en développement feront augmenter exponentiellement la demande. Des régions comme le Moyen-Orient conserveront leur importance critique, compte tenu de leurs infrastructures de production et de leurs réserves pétrolières. On peut s'attendre à une intensification de l'importance stratégique d'autres régions (certaines parties de l'Afrique, la région de la mer Caspienne, la mer de Chine occidentale, de nombreuses régions équatoriales et, dans l'hémisphère ouest, le Canada et le Venezuela)³⁴. Comme c'est le cas avec l'eau, des conflits pourraient survenir relativement « à des enjeux de contrôle et d'accès... présentant une source croissante de tension entre pays développés et en développement ainsi qu'au sein des pays en développement »³⁵. La demande accrue en pétrole pourrait être partiellement mitigée si un carburant de remplacement viable était découvert. Cependant, ce scénario aurait également des répercussions puisque les régions actuellement riches en pétrole perdraient de leur importance stratégique et pourraient se retrouver marginalisées économiquement. Les conséquences d'une telle tournure d'événements seraient profondes, puisque bon nombre de ces pays et régions dépendent presque exclusivement des retombées économiques de l'industrie pétrolière. Certains de ces pays constituent déjà un terreau fertile pour les idéologies extrémistes, et si leurs économies subissaient des contrecoups néfastes, le risque qu'une flambée d'instabilité et de violence se produise serait très élevé³⁶.

Changements démographiques

Plusieurs tendances démographiques auront des répercussions sur la sécurité internationale au cours des décennies à venir³⁷. Les deux tendances principales, diamétralement opposées, sont le déclin du taux de natalité et le vieillissement de la population dans les pays développés, d'une part, et l'apparente « explosion de la jeunesse » dans les pays en développement, d'autre part. On s'attend à ce que ces deux tendances imposent des pressions considérables sur les sociétés et économies où elles sont présentes.

Sur le plan démographique, les pays développés se caractérisent par une population vieillissante et stagnante. « Plus précisément, le taux de natalité actuel dans la majorité des pays industrialisés s'établit au taux de remplacement de 2,1 enfants par femme ou moins³⁸. » Par conséquent, la proportion de contribuables par rapport aux adultes à la retraite devrait diminuer de moitié d'ici 2050³⁹. Cela pourrait causer des difficultés économiques considérables puisque l'assiette fiscale des pays développés diminuera en même temps que les besoins en services sociaux augmenteront. La prospérité économique des pays industrialisés, de même que la capacité de ces derniers à contribuer à la stabilité économique et à la sécurité mondiales, pourrait décliner abruptement.

32. États-Unis, Agence centrale de renseignement (CIA), « Long Term Demographic Trends: Reshaping the Geopolitical Landscape », juillet 2001, p. 77, https://www.cia.gov/library/reports/general-reports-1/Demo_Trends_For_Web.pdf, (consulté le 9 juillet 2012).

33. Canada, MDN, *La force de demain*, p. 11.

34. Johnston et Roi, *Future Security Environment 2025*, partie V, paragraphe 54.

35. Gizewski, « The Future Security Environment », p. 4.

36. Johnston et Roi, *Future Security Environment 2025*, partie V, paragraphe 55.

37. *Ibid.*, paragraphe 50.

38. *Ibid.*

39. É.-U., CIA, « Long Term Demographic Trends », p. 23.

Dans les pays en développement, les changements démographiques sont d'une tout autre nature. Dans bon nombre de régions en développement, on observe une augmentation considérable de la tranche des 15 à 29 ans⁴⁰. On prévoit que l'Afghanistan, le Pakistan, la Colombie, l'Iraq, Gaza et le Yémen (qui comptent parmi les régions les pays les plus pauvres et les moins stables au monde) auront les plus grandes populations de jeunes d'ici 2020. La plupart de ces pays n'auront pas les moyens économiques, institutionnels et politiques d'intégrer adéquatement les jeunes à la société⁴¹. Ils ne seront pas en mesure de satisfaire les besoins élevés en emplois et services essentiels, ce qui donnera lieu à un désenchantement généralisé. Cette situation a déjà été observée dans des pays comme l'Algérie, le Sri Lanka, la Turquie et l'Iran, où des cohortes de jeunes ont été la source de troubles politiques et de conflits civils⁴².

Dans un cas comme dans l'autre, le stress économique et les perturbations sociales issues des changements démographiques représenteront une menace pour la sécurité mondiale.

Urbanisation

Une tendance est étroitement liée à celle des changements démographiques : la croissance soutenue de la population dans les pays en développement entraîne une urbanisation rapide. On prédit que d'ici 2015, pour la première fois dans l'histoire de l'humanité, la majorité de la population mondiale résidera dans des centres urbains. D'ici 2025, on s'attend à ce que les deux tiers des habitants des pays en développement vivent en ville⁴³. « Historiquement, on a observé une corrélation entre l'urbanisation et une augmentation de la croissance économique⁴⁴. » Cela n'a pas nécessairement été le cas dans les pays en développement. Dans bon nombre d'entre eux, la migration massive et rapide des personnes vers les centres urbains surcharge les services et infrastructures en place⁴⁵. Souvent, cette situation entraîne une incapacité à gérer efficacement l'afflux de population vers les villes⁴⁶. La pauvreté massive, les troubles sociaux et le mécontentement sont des conséquences potentielles de cette tendance dans les pays en développement. Ces conditions pourraient se révéler insoutenables pour des gouvernements déjà fragiles, menant à la défaillance politique et déstabilisant l'environnement de sécurité national et régional.

Menace de pandémie

Les pandémies sont souvent perçues uniquement comme un enjeu de santé; elles ont néanmoins le potentiel d'influencer l'environnement de sécurité mondial. Une fois de plus, ce sont les pays en développement qui sont les plus vulnérables aux pandémies et à leurs possibles conséquences déstabilisantes. Cette vulnérabilité découle en grande partie de l'absence de systèmes de soins de santé adéquats dans les pays en question, vu l'insuffisance du financement et de l'éducation⁴⁷. La pauvreté généralisée, le manque de services de base et d'infrastructures adéquates causé par la surpopulation et l'urbanisation rapide ne feront qu'exacerber le problème. Les conséquences pourraient être telles que :

ces maladies risquent d'empirer, et même, dans certains cas, de provoquer le déclin économique, la fragmentation sociale et l'instabilité politique dans les pays les plus durement touchés... dont les systèmes de santé ne sont pas en mesure de gérer une pandémie⁴⁸.

40. Gizewski, « The Future Security Environment », p. 3.

41. É.-U., CIA, « Long Term Demographic Trends », p. 36.

42. Gizewski, « The Future Security Environment », p. 3.

43. É.-U., CIA, « Long Term Demographic Trends », p. 55.

44. Johnston et Roi, *Future Security Environment 2025*, partie V, paragraphe 61.

45. Canada, MDN, *La force de demain*, p. 7-8.

46. Johnston et Roi, *Future Security Environment 2025*, partie V, paragraphe 61.

47. Gizewski, « The Future Security Environment », p. 5.

48. É.-U., CIA, « Long Term Demographic Trends », p. 69.

Les pays industrialisés, qui profitent de systèmes de santé bien établis, sont moins à risque de subir des pertes humaines importantes que les pays en développement en cas de pandémie. Cela ne signifie pas toutefois qu'ils sont invulnérables à de possibles effets déstabilisants. Dans les pays développés, les taux de maladies infectieuses ont chuté, mais les maladies découlant du mode de vie sont en hausse. Combinées au vieillissement de la population, ces maladies exigent souvent des soins à long terme et imposent une pression financière croissante sur les systèmes sociaux⁴⁹. « En bref, les maladies sont susceptibles d'avoir un effet déstabilisant dans de nombreuses régions du monde au cours des années à venir⁵⁰. »

États défaillants et en voie de le devenir

Dans la plupart des cas, les tendances mentionnées plus haut ne sont pas des causes directes de conflits, mais combinées, elles peuvent entraîner la défaillance de l'État et causer ultérieurement de l'instabilité. La majorité des États défaillants ne sont pas en mesure d'assurer la stabilité économique, encore moins d'offrir la perspective d'améliorer l'économie. De plus, ces États sont incapables de garantir le bien-être essentiel de leurs citoyens. Comme il faut habituellement des décennies pour que le développement économique et l'amélioration des infrastructures se concrétisent, il est peu probable que les gouvernements des pays en développement arrivent à améliorer la situation sans recevoir une aide considérable, étant donné que beaucoup de ces pays partent avec un retard considérable. La conséquence en est souvent un mécontentement de la population, fournissant un terreau fertile pour l'extrémisme et la violence⁵¹. Dans de nombreuses régions, on compte déjà des États qui présentent les faiblesses et instabilités décrites ci-dessus (au Moyen-Orient, en Amérique latine, en Afrique, en Asie du Sud, en Eurasie et en Asie centrale, notamment)⁵². Les États défaillants ou en voie de le devenir sont suffisamment répandus pour que ce phénomène devienne une préoccupation majeure en matière de sécurité. On pourrait même argumenter qu'il s'agit actuellement de la principale source d'instabilité internationale⁵³.

Importance croissante des acteurs non étatiques

Bien que les États demeurent les joueurs clés sur la scène internationale, des acteurs dits « non étatiques » ont une influence grandissante. Ces entités comprennent les organisations non gouvernementales (ONG) qui surveillent les gouvernements et défendent des politiques, de même que les multinationales qui cherchent à faire davantage de profits. Plus important du point de vue de la sécurité, elles comprennent également des organisations criminelles (comme des irréguliers armés, des insurgés, des seigneurs de la guerre et des groupes terroristes) qui ont souvent recours à la violence pour atteindre leurs objectifs et dont les activités sont de plus en plus transnationales. Les États défaillants ou en voie de le devenir ainsi que la mondialisation exacerbent le problème, puisque les États faibles servent souvent de refuge et de centre des activités pour ces groupes dangereux⁵⁴. « La défense contre les menaces posées par ces groupes sera de plus en plus complexe et lourde, en particulier dans les sociétés ouvertes comme les États-Unis et le Canada⁵⁵. » La lutte mondiale contre le terrorisme (et les opérations en Iraq et en Afghanistan) de même que la complexité des efforts visant à sécuriser l'Amérique du Nord le démontrent.

49. *Ibid.*

50. Johnston et Roi, *Future Security Environment 2025*, partie V, paragraphe 76.

51. *Ibid.*, paragraphe 78.

52. Gizewski, « The Future Security Environment », p. 5.

53. Johnston et Roi, *Future Security Environment 2025*, partie V, paragraphe 79.

54. Canada, MDN, *La force de demain*, p. 12-13.

55. *Ibid.*, p. 14.

Implications

Il est évident, d'après les tendances actuelles, que notre monde demeurera dangereux et que les conflits continueront de menacer la sécurité internationale. Des guerres conventionnelles entre États, au rythme soutenu, pourraient se produire, mais il est probable que ce genre de scénario ne se concrétise pas. Des conflits de nature asymétrique, souvent amorcés par des acteurs non étatiques, sont plus probables⁵⁶. Ces acteurs préféreront les combats indirects, évitant les confrontations contre les forces régulières qu'ils ont peu de chances de vaincre. Les attaques cibleront les faiblesses des États visés pour tenter de miner le pouvoir, l'autorité et, dans certains cas, l'idéologie et la volonté de combattre de ces États. Le plus inquiétant est la possibilité que ces attaques asymétriques comprennent l'utilisation d'armes de destruction massive comme des armes biologiques, chimiques ou nucléaires brutes⁵⁷. La défense contre de telles menaces sera compliquée et nécessitera un appareil de sécurité robuste.

Les implications militaires d'une capacité à relever les défis présentés par l'environnement de sécurité sont complexes, c'est le moins qu'on puisse dire. À l'échelle nationale, cela exige une vigilance constante dans la surveillance des frontières et de l'espace aérien pour prévenir et contrer les attaques. Par ailleurs, une capacité accrue et plus efficace de soutien au pouvoir civil en cas d'urgence nationale est nécessaire. À l'étranger, il faudra être en mesure de mener des opérations anti-insurrectionnelles efficaces de même que des missions de stabilisation et de reconstruction⁵⁸. Cela sous-entend un besoin de capacités robustes :

... sous forme de forces en réseau plus légères, plus précises, létales et mobiles, de forces spéciales, de capacités accrues pour opérer en terrain complexe et de transport aérien stratégique et tactique permettant un déploiement rapide vers le théâtre et au sein de celui-ci⁵⁹.

Tout ceci exigera un équilibre délicat entre les structures des forces, l'équipement et la formation, équilibre qui sera difficile à atteindre avec des ressources limitées pour la majorité des gouvernements et armées.

Il ne fait aucun doute qu'il est difficile, voire impossible, de prédire l'avenir avec exactitude. Malgré tout, les planificateurs stratégiques doivent impérativement se tourner vers l'avenir et tâcher d'anticiper les menaces à venir et les problématiques qui pourraient survenir⁶⁰. Dans le cas du Canada, l'immense territoire et la population relativement faible forment un contexte unique et exigeant dans lequel la planification des forces militaires est essentielle⁶¹. Dans la prochaine section, nous verrons comment les FOS, y compris leur composante d'aviation, peuvent constituer une solution attirante à une part considérable des défis en matière de sécurité.

56. *Ibid.*, p. 19.

57. Gizewski, « The Future Security Environment », p. 7.

58. *Ibid.*

59. *Ibid.*

60. Johnston et Roi, *Future Security Environment 2025*, partie V, paragraphe 82.

61. Canada, MDN, *La force de demain*, p. 1.

3. FOS : Théorie, rôles et pertinence

Il nous faut donc, tout d'abord, combattre cette idée extrêmement subtile, en raison de laquelle certains théoriciens prétendent qu'il est possible, en ne recherchant directement qu'une destruction restreinte des forces de l'ennemi, d'arriver par d'adroites combinaisons à son épuisement indirect complet, ou, en d'autres termes, qu'au moyen de petits coups habilement portés, on exerce une telle influence sur sa volonté qu'on l'amène ainsi plus promptement à se soumettre⁶².

Carl von Clausewitz

Clausewitz présente cet argument à réfuter dans son exploration de la stratégie guerrière. Il conclut ultimement que la seule stratégie adéquate est l'élimination directe des forces de l'ennemi (« ...] nous soutenons néanmoins que la destruction directe des forces armées de l'adversaire doit *primer* partout et passer avant toute autre considération »)⁶³. Même s'il n'approfondit pas cette idée dans ses écrits, il reconnaît qu'il pourrait y avoir d'autres moyens, théories ou stratégies à envisager quant à l'art de la guerre. Sans le savoir, Clausewitz décrit le contexte dans lequel les opérations spéciales et FOS modernes sont conçues et élaborées. Ainsi, dans la section à venir, les théories actuelles sur les FOS et le rôle de ces dernières seront examinés, de même que leur pertinence pour les opérations à la lumière des environnements de sécurité actuels et futurs décrits dans la section précédente.

La théorie

À ce jour, nous ne disposons toujours pas d'une théorie sur les opérations spéciales au fondement solide, bien élaborée et généralement acceptée. Cela est particulièrement évident en comparaison avec les éléments traditionnels que sont les armées terrestre, maritime et aérienne. Il n'est donc pas étonnant qu'il y ait un manque généralisé de compréhension théorique sur les opérations spéciales⁶⁴. Il est toutefois essentiel de comprendre les réflexions existantes sur ces dernières afin de saisir de quelle façon leurs composantes, comme les OSA, s'insèrent dans le tableau d'ensemble. Les opérations spéciales et les FOS seront définies afin d'assurer une compréhension de base. De plus, les théories actuelles quant aux FOS seront explorées brièvement.

Au fil des années, les opinions sur les opérations spéciales et les définitions de ces dernières se sont multipliées. Une partie du problème, lorsqu'on définit les opérations spéciales, est la question de ce qui les distingue des autres formes d'opérations de conduite de la guerre. Au début de la guerre froide, par exemple, l'opinion populaire était que les opérations spéciales étaient celles « qui sont menées à l'intérieur des lignes ennemies ou derrière celles-ci »⁶⁵. Cette notion plutôt simpliste a été élaborée et raffinée avec le temps. Par exemple, dans son rapport au congrès en 1987, John M. Collins a défini les opérations spéciales comme :

... englobant un vaste éventail de méthodes peu orthodoxes, relativement peu coûteuses, potentiellement très rentables, souvent secrètes ou clandestines, que les dirigeants nationaux, sous-nationaux ou en théâtre peuvent employer de façon indépendante en « temps de paix » ou pour appuyer la conduite à faible, moyenne ou haute intensité d'opérations de guerre nucléaires, biologiques, chimiques ou conventionnelles⁶⁶.

62. Carl von Clausewitz, *De la guerre*, traduit de l'allemand par le Lieutenant-Colonel De Vatry, édition révisée et complétée par Jean-Pierre Baudet, Paris, Ivrea, 2000, p. 268.

63. *Ibid.*

64. James D. Kiras, *Special Operations and Strategy: From World War II to the War on Terrorism*, New York, Routledge, 2006, p. 115.

65. Bernd Horn, « Forces d'opérations spéciales : élucider une énigme », dans *Lumières sur les forces de l'ombre : une perspective canadienne sur les forces d'opérations spéciales* (voir la note 2), p. 22.

66. John M. Collins, *Green Berets, Seals and Spetsnaz: U.S. and Soviet Special Military Operations*, Toronto, Pergamon Press, 1987, p. 2.

Bien qu'elle soit de nature très vaste, cette définition rassemble les principaux thèmes retrouvés dans des réflexions plus récentes sur les opérations spéciales : le concept de base est d'obtenir un effet stratégique par l'utilisation de ressources limitées et de moyens non conventionnels. À titre d'exemple, comme le suggère William H. McRaven, l'ancien commandant de la force Sea, Air and Land (SEAL) de la marine des É.-U. : « ... ce qui définit une opération spéciale est l'environnement stratégique dans lequel elle est menée, soit un environnement où la liberté d'action d'un pays est sévèrement restreinte et où l'économie de force est essentielle⁶⁷. » Autrement dit, il s'agit d'un environnement où les forces conventionnelles seraient désavantagées sur les plans stratégique et opérationnel. Selon la théorie, les opérations spéciales exécutées efficacement sont celles qui donnent aux décideurs davantage de flexibilité dans la mise en œuvre des politiques nationales⁶⁸. La doctrine interarmées des É.-U. différencie par ailleurs les opérations spéciales des :

... opérations conventionnelles en ce qui concerne le degré de risque physique et politique, les techniques opérationnelles, les méthodes d'emploi, l'indépendance du soutien allié et la dépendance sur les renseignements opérationnels détaillés et les ressources indigènes⁶⁹.

Ce sont la notion d'opérations spéciales suggérée par McRaven et les critères définis par la doctrine américaine pour distinguer ces opérations des opérations conventionnelles qui seront utilisés dans le reste du présent article.

Si la définition des opérations spéciales présentée plus haut est acceptée, alors comment définir les forces chargées de mener ces opérations? Il existe différentes variations de la définition des FOS, comme pour celle des opérations spéciales. À titre d'exemple, la définition de l'Organisation du traité de l'Atlantique Nord (OTAN) est plutôt vaste et stipule que les FOS fournissent :

... une capacité flexible, polyvalente et unique, qu'elles soient employées seules ou qu'elles complètent d'autres forces ou agences, pour atteindre les objectifs militaires stratégiques ou opérationnels⁷⁰.

La définition du Canada est plus précise puisqu'elle énonce :

Les Forces d'opérations spéciales sont des organisations formées de personnel choisi qui est organisé, équipé et entraîné pour mener des opérations spéciales à haut risque et à valeur élevée pour atteindre des objectifs militaires, politiques, économiques ou informationnels par l'emploi de méthodologies opérationnelles spéciales et uniques dans des régions hostiles, où l'accès est interdit ou controversé sur le plan politique pour obtenir les effets tactiques, opérationnels et/ou stratégiques désirés en temps de paix, de conflit ou de guerre⁷¹.

67. William H. McRaven, « Special Operations: The Perfect Grand Strategy? » dans *Force of Choice: Perspectives on Special Operations*, éd. Bernd Horn, J. Paul de B. Taillon, et David Last, Kingston, McGill-Queen's University Press, 2004, p. 64.

68. *Ibid.* Cette définition est également conforme à la définition des opérations spéciales présentée dans la publication interarmées des É.-U. (JP) 3-05, *Doctrine for Joint Special Operations*. Les opérations spéciales y sont décrites comme des : « ... opérations menées dans des environnements hostiles, interdits ou controversés sur le plan politique pour atteindre des objectifs militaires, diplomatiques, informationnels ou économiques, en employant des capacités militaires pour lesquelles il n'y a pas d'exigences de forces conventionnelles. »

69. États-Unis, ministère de la Défense, JP 3-05, *Doctrine for Joint Special Operations*, Washington, US Government Printing Office, 2003, p. 1-1.

70. Organisation du Traité de l'Atlantique-Nord, AJP-1(A), *Combined SOF Concept 3200*, Bruxelles, Belgique, Organisation du Traité de l'Atlantique-Nord, mars 1997.

71. Canada, MDN, *Commandement des forces d'opérations spéciales du Canada*, p. 7.

Cette définition intègre les caractéristiques clés de la définition des opérations spéciales précédemment acceptée, en plus de refléter la pensée actuelle sur les caractéristiques des FOS⁷². Essentiellement, les opérations spéciales et les forces qui les mènent s'ajoutent aux options militaires lorsque le risque est élevé et que la discrétion d'une petite force est nécessaire, pour des motifs politiques ou de furtivité, afin de produire l'effet opérationnel ou stratégique voulu.

Bien que les définitions des opérations spéciales et des FOS présentées au fil des ans aient été variées, certains principes ont été dégagés. Ils ont été exprimés pour la première fois par John Collins, dans son rapport au Sénat des É.-U. sur les opérations spéciales américaines et soviétiques en 1987, et ont depuis été internationalement reconnus en tant que vérités sur les FOS⁷³. Ce sont :

- a. Le personnel compte davantage que l'équipement.
- b. La qualité est préférable à la quantité.
- c. Les FOS ne peuvent pas être produites en masse.
- d. Une FOS compétente ne peut pas être mise sur pied une fois qu'une crise a éclaté⁷⁴.

Ces principes généralement acceptés, de même que les concepts d'opérations spéciales et de FOS décrits plus hauts, serviront de cadre à l'analyse à venir pour mettre les OSA en perspective.

D'un point de vue purement théorique, un thème récurrent émerge lorsque l'on étudie les FOS : le fait que ces dernières sont censées triompher de forces supérieures en nombre. Comme le suggère le major-général Hindmarsh, ancien commandant du Commandement des opérations spéciales australiennes :

L'économie de force est ce que j'appelle « l'hydraulique » des opérations non conventionnelles. C'est-à-dire qu'avec des efforts ou dépenses tactiques relativement mineurs, les résultats ou dividendes opérationnels, stratégiques ou même politiques peuvent être considérables⁷⁵.

Comment les FOS peuvent-elles accomplir cela? Si l'on se fie à la sagesse conventionnelle de Clausewitz (qui déclare que des forces supérieures en nombre doivent être déployées à l'endroit décisif pour assurer la victoire), il semble que les FOS seraient désavantagées dans la plupart des cas⁷⁶. Pour tenter d'expliquer ce phénomène, McRaven propose la théorie de supériorité relative⁷⁷. Il suggère que la supériorité relative existe lorsqu'une petite force assaillante est capable de créer des conditions qui lui donnent un avantage décisif sur une force supérieure, habituellement en position de défense. Il ajoute qu'en minimisant ce qu'on appelle couramment les « frictions de la guerre », les forces d'opérations spéciales réussissent à établir une supériorité relative sur l'ennemi. La clé pour gérer les frictions de la guerre est ce que McRaven appelle les six principes des opérations spéciales : simplicité, sécurité, répétition, surprise, vitesse et volonté⁷⁸. Ces principes fonctionnent « parce qu'ils tâchent de réduire la conduite de la guerre à sa plus simple expression et limitent ainsi les facteurs

72. Des définitions semblables sont employées dans des écrits contemporains sur les FOS, par exemple : Susan Marquis, *Unconventional Warfare: Rebuilding U.S. Special Operations Forces*, Washington, DC, The Brookings Institute, 1997; Alastair Finlan, *Special Forces, Strategy and the War on Terror: Warfare by Other Means* New York, Routledge, 2008; et É.-U., ministère de la Défense, JP 3-05, *Doctrine for Joint Special Operations*.

73. É.-U., ministère de la Défense, JP 3-05, *Doctrine for Joint Special Operations*, p.7.

74. Collins, *Green Berets, Seals and Spetsnaz*, xiii. Les quatre premiers principes ont généralement été reconnus partout dans le monde. Collins avait énoncé un cinquième principe qui tend à être omis : « La plupart des opérations spéciales nécessitent le soutien de forces autres que les FOS. »

75. Major-général Mike Hindmarsh, « The Philosophy of Special Operations », *Australian Army Journal* III, n° 3, été 2006, p. 20, <http://www.army.gov.au/Our-future/DARA/Our-publications/Australian-Army-Journal/Past-issues> (consulté le 9 juillet 2012).

76. von Clausewitz, *De la guerre*, p. 219.

77. Pour d'autres lectures et renseignements sur la théorie de supériorité relative, voir McRaven, *Spec Ops*.

78. McRaven, *Spec Ops*, p. 1, 4 et 9.

négatifs que sont la chance, l'incertitude et la détermination de l'ennemi⁷⁹. » Dans la conduite des opérations spéciales, atteindre une condition de supériorité relative ne garantit pas le succès; on suggère toutefois que cela est nécessaire pour le succès⁸⁰. Cette théorie de supériorité relative explique en bonne partie comment les FOS sont capables de vaincre des forces numériquement supérieures. Toutefois, sa perspective est limitée aux aspects tactiques et cinétiques. Quelle est donc la place des forces d'opérations spéciales dans le contexte de la théorie stratégique?

Les réflexions stratégiques actuelles sur les FOS, bien que limitées en portée et en quantité, sont assez constantes dans leur approche. Elles sont généralement axées sur l'idée, très présente en doctrine stratégique contemporaine, de cibler le ou les centres de gravité de l'ennemi⁸¹. Le centre de gravité, comme le définit la doctrine canadienne, se définit comme suit : « [c]aractéristiques, capacités ou situation géographique dont un pays, une alliance, une force militaire ou toute autre entité tire sa liberté d'action, sa puissance ou sa volonté de combattre⁸². » Ce concept n'est pas nécessairement nouveau, puisque Sun Tzu a déjà exposé qu'une personne douée dans l'art de la guerre pouvait vaincre son ennemi sans s'engager dans une bataille ni des opérations de longue haleine⁸³. Cela suggère qu'il croyait que si les vulnérabilités critiques de l'ennemi étaient ciblées efficacement, la victoire pourrait être remportée grâce à l'innovation et à l'économie d'effort.

Une percée importante dans l'histoire relativement récente a été la possibilité de cibler les centres de gravité, ou points sensibles clés, avec une probabilité de succès bien plus grande. Comme l'affirme Alastair Finlan, la technologie moderne (notamment les hélicoptères de combat évolués permettant une mobilité tactique fiable), de même que les systèmes de navigation et de communication de pointe permettent une précision et une coordination sans précédent des forces spéciales lors de la conduite de missions ciblées⁸⁴. En gros, il suggère que les FOS, assistées de la technologie moderne, procurent aux planificateurs stratégiques militaires la capacité de cibler les centres de gravité ennemis tout en réduisant le besoin de mener une guerre d'attrition entre forces. Il ne faudrait évidemment pas conclure que les FOS sont un remède militaire magique garantissant la défaite de l'ennemi. Sur le plan stratégique, les opérations spéciales doivent être conçues comme s'inscrivant dans le cadre d'une campagne plus vaste, avec l'objectif de miner les ressources et la détermination de l'adversaire par un ensemble d'actions à petite échelle⁸⁵. Comme le suggère James Kiras :

les opérations spéciales combinent les effets de frapper ou de menacer ce qu'un adversaire craint ou estime le plus, ou d'utiliser la force de façon inattendue, en manipulant le comportement et les perceptions de l'adversaire de façon à rendre le style de conduite des opérations plus efficace⁸⁶.

Par conséquent, selon une perspective théorique, les FOS sont vues comme un outil stratégique à employer pour attaquer les faiblesses de l'adversaire afin d'influencer et de compléter la campagne générale.

79. *Ibid.*, p. 9.

80. *Ibid.*, p. 1.

81. Ce concept est répandu, surtout dans les doctrines occidentales. Pour davantage de précisions, consulter : Armée des États-Unis, quartier général de l'Armée, manuel de campagne 3-0, *Operations*, Washington, DC, ministère de l'Armée, 2008; Royaume-Uni, ministère de la Défense, Publication de guerre interarmées (JWP) 0-01, *British Defence Doctrine*, 2^e éd., Shrivenham, R.-U., The Joint Doctrine and Concepts Centre, 2001; et Canada, ministère de la Défense nationale, Publication interarmées des Forces canadiennes 5.0 (PIFC 5.0), *Le processus de planification opérationnelle des FC (PPO)*, modificatif 2, Ottawa, ministère de la Défense nationale, avril 2008.

82. Canada, MDN, PIFC 5.0, *Le processus de planification opérationnelle des FC (PPO)*, GL-1.

83. Sun Tzu, *L'art de la guerre*, traduit du chinois et commenté par Jean Levi, Paris, Hachette, Littératures, 2000, p. 59.

84. Finlan, *Special Forces, Strategy*, p. 19.

85. Kiras, *Special Operations and Strategy*, p. 115.

86. *Ibid.*

Rôles

Bien qu'il y ait différentes définitions des opérations spéciales et des FOS, de même que des théories limitées pour les appuyer, les rôles affectés aux forces d'opérations spéciales sont plutôt uniformes, surtout parmi les armées occidentales. Cette uniformité n'est pas étonnante étant donné que de nombreux pays considèrent la compatibilité et l'interopérabilité avec les forces américaines comme une priorité. À titre d'exemple, les principales tâches du Commandement – Forces d'opérations spéciales du Canada sont les opérations de contre-terrorisme (CT) et les tâches de grande valeur (HVT). Les opérations de contre-terrorisme sont décrites comme des mesures défensives et offensives, prises au pays et à l'étranger, pour prévenir le terrorisme et y réagir. Les tâches de haute valeur font référence à d'autres tâches, dans diverses situations de conflit, affectées par le gouvernement du Canada. Elles comprennent (de façon non limitative) la contre-prolifération (CP); la reconnaissance spéciale (RS); l'action directe (AD); et la défense, la diplomatie et le soutien militaire (DDMA)⁸⁷. Ces tâches reflètent essentiellement celles décrites pour les FOS américaines dans leur doctrine sur les opérations spéciales interarmées, sauf pour le fait que les É.-U. incluent également les affaires civiles et les opérations psychologiques ou de renseignement⁸⁸. Il est important de garder ces rôles en tête puisque les capacités des FOS devraient être axées sur l'aptitude à exécuter efficacement les tâches allouées ou affectées.

Pertinence

La véritable valeur des FOS et de leurs rôles est devenue évidente dans la période d'après-guerre froide, lorsque l'environnement de sécurité mondial s'est modifié et que les États défaillants ou en voie de le devenir sont devenus la menace la plus importante pour la stabilité internationale. Dans un tel contexte, l'adaptabilité, la petite empreinte organisationnelle et les capacités uniques des FOS donnaient aux gouvernements la souplesse nécessaire pour entreprendre des actions militaires là où la situation était habituellement trop délicate politiquement pour déployer une force conventionnelle à grande échelle⁸⁹. À la suite des événements inimaginables du 11-sept, la dépendance sur les FOS pour atteindre les objectifs militaires s'est encore accrue. L'environnement de sécurité international s'était transformé profondément une fois de plus pour inclure des acteurs non étatiques, des groupes terroristes dont l'influence et le réseau de membres s'étendent partout dans le monde. Au sein de cet environnement, les FOS jouent désormais « un rôle de premier plan »⁹⁰. Les opérations spéciales en Afghanistan et en Iraq après le 11-sept l'ont démontré, puisque les FOS ont prouvé leur valeur en contrant des menaces asymétriques à la sécurité de la communauté internationale.

La réaction des États-Unis aux attaques du 11-sept a été rapide et assurée. Au 19 octobre 2001, les FOS des É.-U. menaient des raids dans le sud de l'Afghanistan et s'étaient déployées dans le nord pour former, équiper et conseiller l'Alliance du Nord et d'autres forces locales. Les talibans étaient confrontés à la puissance de la United States Air force (USAF), dirigée sur le terrain par des commandants de combat des FOS. Le 7 décembre, le bastion taliban de Kandahar a été saisi. À l'époque, il y avait moins de 300 membres du personnel des FOS sur le terrain en Afghanistan, ce qui rend leur contribution au succès des opérations complètement disproportionnée par rapport à

87. Canada, MDN, *Commandement des forces d'opérations spéciales du Canada*, p. 9. Voir la référence pour davantage de détails sur chacune des tâches.

88. É.-U., ministère de la Défense, JP 3-05, *Doctrine for Joint Special Operations*, p. II-5.

89. Bernd Horn, « Les anges de la revanche : les Forces d'opérations spéciales deviennent la force de choix » dans *Lumières sur les forces de l'ombre* (voir la note 2), p. 163-184, 165.

90. *Ibid.*

leur petit nombre⁹¹. Dans l'ensemble, les résultats ont été frappants⁹². Les forces nationales afghanes, maintenant appuyées par les FOS américaines et l'USAF, ont pu renverser le régime taliban en quelques semaines, un exploit qu'ils tentaient de réussir depuis six ans. Avec le soutien de l'USAF, les FOS américaines ont pu offrir une économie de forces pertinente et efficace au gouvernement et à l'armée des États-Unis lors de la première campagne en Afghanistan. Par conséquent, cette période de la guerre en Afghanistan a souvent été qualifiée de « guerre d'opérations spéciales⁹³ ». Cet effort n'était toutefois qu'un avant-goût de ce qui serait attendu des FOS en 2003 pendant la guerre en Iraq.

La guerre en Iraq, contrairement aux premiers stades de l'intervention en Afghanistan, était une campagne en grande partie conventionnelle. Cependant, vu les leçons apprises en Afghanistan, on a accordé aux FOS un beaucoup plus grand rôle que dix ans auparavant. Ce rôle, comme pour l'Afghanistan, en était un de transformation⁹⁴. Pendant l'opération *Iraqi Freedom*, les FOS des É.-U. et de la coalition ont assumé la responsabilité de sécuriser le vaste désert occidental iraquien afin de protéger le flanc gauche des forces de coalition conventionnelles qui avançaient depuis le sud. De plus, ils devaient bloquer les sites de lancement de missiles iraqiens et chercher des armes de destruction massive. Dans le nord de l'Iraq, les FOS se sont associées aux milices peshmergas kurdes et ont réussi à neutraliser les divisions conventionnelles iraqiennes, dans une action d'économie de forces très efficace. Leurs actions dans le nord ont été si réussies qu'elles ont permis de sécuriser les villes de Kirkuk et de Mosul, ainsi que les champs pétrolifères du nord⁹⁵. Les opérations des FOS dans le sud ont été tout aussi importantes puisqu'elles ont permis de saisir des plateformes pétrolières au large et de mener des opérations de sauvetage du personnel, comme dans le cas du soldat Jessica Lynch⁹⁶. De la même façon qu'en Afghanistan, les FOS ont pu obtenir des résultats concrets qui dépassent largement ce que leur nombre limité aurait suggéré, du point de vue des opérations conventionnelles.

Dans les exemples précédents, les FOS ont joué un rôle déterminant critique dans les premiers stades des campagnes. Cependant, leur contribution ne s'est pas arrêtée là puisque les deux opérations sont toujours en cours aujourd'hui et que les FOS y conservent une participation essentielle. Leur rôle a quelque peu évolué : elles offrent maintenant une capacité critique pour lutter contre les insurgés et traquer les terroristes⁹⁷. L'expérience en Afghanistan et en Iraq a prouvé la valeur des FOS dans le cadre d'opérations militaires récentes et actuelles, en démontrant que ces forces ont la capacité d'offrir aux gouvernements et aux armées des options d'économie de forces considérable dans l'environnement opérationnel contemporain.

Pour le moment, l'avenir s'annonce plutôt semblable pour les FOS. Comme on le soulignait dans la section 2, on s'attend à ce que l'environnement de sécurité mondial soit surtout influencé par des menaces asymétriques. Ces menaces sont susceptibles de provenir, pour la plupart, d'acteurs non étatiques ou d'insurgés dans les États défaillants ou en voie de le devenir, et d'avoir des répercussions

91. Jamie W. Hammond, « Les Forces d'opérations spéciales : congruentes, prêtes et précises » dans *Lumières sur les forces de l'ombre* (voir la note 2), p. 215-241, 223.

92. En fait, les résultats des premières opérations pour déloger les talibans en Afghanistan ont été si concluants que le « modèle afghan » fait maintenant l'objet d'études visant à déterminer s'il peut être appliqué à d'autres opérations militaires à l'avenir. Pour en apprendre davantage sur le modèle afghan, voir : Stephen D. Biddle, *Afghanistan and the Future of Warfare: Implications for Army and Defense Policy*, Carlisle Barracks, PA, US Army War College, Strategic Studies Institute, 2002; et Stephen D. Biddle, « Allies, Airpower, and Modern Warfare: The Afghan Model in Afghanistan and Iraq », *International Security*, vol. 30, n° 3, hiver 2005/06.

93. Hammond, « Les Forces d'opérations spéciales », p. 224.

94. *Ibid.*, p. 224.

95. Stephen D. Biddle, « Special Forces and the Future of Warfare », *Military Technology*, vol. 30, n° 3, 2006, p. 12.

96. Hammond, « Les Forces d'opérations spéciales », p. 227.

97. Biddle, « Special Forces and the Future of Warfare », p. 12.

internationales étant donné les conséquences croissantes de la mondialisation. Comme les FOS en Afghanistan et en Iraq l'ont démontré :

les activités de guerre non conventionnelle et de FOS ont été élevées d'activités satellites, dans le cadre de missions des organisations conventionnelles, à méthode primaire de conduite de la guerre pour atteindre les objectifs de sécurité nationale⁹⁸.

En d'autres mots, les FOS continueront de fournir aux pays des capacités militaires essentielles à l'avenir.

L'environnement opérationnel d'après 11-sept a été marqué par un changement stratégique dans l'emploi des FOS par les É.-U. et leurs alliés. Les résultats spectaculaires obtenus en Afghanistan et en Iraq, avec des économies de forces considérables, ont certainement démontré la valeur et la pertinence des FOS pour les opérations militaires actuelles et futures – que leur rôle soit de soutenir les forces conventionnelles, de collaborer avec elles ou d'être appuyées par elles. Les FOS ont consolidé leur position aux côtés des forces terrestres, maritimes et aériennes traditionnelles.

Résumé

En comparaison, celles qui concernent les forces terrestres, maritimes et aériennes, la doctrine et les théories sur les FOS sont minces. La théorie tactique de supériorité relative de McRaven explique comment les FOS peuvent vaincre des adversaires en supériorité numérique. Du point de vue stratégique, il existe aussi peu de théories sur les FOS, sauf pour le fait qu'on les considère comme une capacité efficace pour cibler ce que la doctrine conventionnelle contemporaine appelle les centres de gravité ou vulnérabilités critiques de l'ennemi. Cette absence de stratégie théorique solide a mené Finlan à suggérer que le véritable potentiel des FOS n'a pas encore été pleinement exploré ni réalisé⁹⁹. Il y a certainement eu des transitions importantes dans les notions sur les FOS et l'emploi qu'on en fait lors des récentes campagnes en Afghanistan et en Iraq, mais ce n'est probablement que le début d'une plus grande affirmation du rôle des opérations spéciales. Le Canada a reconnu les implications des FOS et les leçons apprises des campagnes militaires d'après 11-sept, comme l'a démontré la création du Commandement – Forces d'opérations spéciales du Canada et de ses éléments en 2006. Il reste maintenant au Canada à réfléchir à la priorité stratégique et opérationnelle relative des FOS au sein de la structure des Forces canadiennes¹⁰⁰. Cela inclut également la place des OSA. Afin de fournir un cadre de référence pour ces réflexions, la section à venir traitera de l'importance stratégique d'une capacité d'OSA formée, prête et compétente.

4. Pertinence stratégique des opérations spéciales d'aviation : Études de cas

Une FOS compétente ne peut pas être mise sur pied [rapidement] une fois qu'une crise a éclaté¹⁰¹.

John Collins

98. Marvin Leibstone, « Special Operations Forces & 21st Century Warfare », *Military Technology*, numéro spécial 2009, p. 30.

99. Finlan, *Special Forces, Strategy*, p. 13.

100. Hammond, « Les Forces d'opérations spéciales », p. 228.

101. John M. Collins, « U.S. Special Operations – Personal Opinions », conférence, 1st Special Warfare Training Group, Camp Mackall, NC, 11 décembre 2008, <http://smallwarsjournal.com/mag/docs-temp/148-collins.pdf> (consulté le 9 juillet 2012). Dans cet exposé, John Collins a indiqué que les vérités sur les FOS qu'il avait définies en 1987 étaient toujours très pertinentes, mais que s'il pouvait recommencer, il ajouterait le mot « rapidement » au quatrième élément.

La véritable valeur stratégique et la pertinence des FOS, tant en théorie qu'en pratique, sont devenues évidentes au cours des neuf dernières années. Des opérations récentes découlant des changements à l'environnement de sécurité international, les ont mises en valeur. Il va donc de soi que les capacités qui en font partie, comme les OSA, sont tout aussi critiques puisqu'elles permettent aux FOS de réaliser leur effet stratégique. Les rôles de l'aviation (puissance de feu aérienne, reconnaissance et mobilité)¹⁰² sont bien compris, valorisés, et souvent même nécessaires au succès des opérations spéciales dans l'environnement opérationnel contemporain. Lorsqu'elles sont réellement intégrées aux opérations spéciales, les OSA fournissent une portée, une mobilité et un appui-feu accru aux FOS, qui sont généralement de petites organisations légères. Dans la présente section, deux études de cas historiques serviront à démontrer les exigences stratégiques relatives à une OSA robuste, capable d'appuyer les opérations spéciales à l'endroit et au moment requis. La première montre un exemple de ce qui se produit lorsque le quatrième principe de Collins, ci-dessus, n'est pas respecté, et se penche sur les dures leçons apprises par les É.-U. à la suite d'une fatidique opération de sauvetage d'otages dans le désert iranien – l'opération *Eagle Claw*. La seconde est axée sur une mission britannique de sauvetage d'otages réussie dans la Sierra Leone – l'opération *Barras*. À la suite de l'examen de ces cas, l'importance stratégique d'opérations spéciales d'aviation formées, prêtes et efficaces deviendra évidente.

Opération *Eagle Claw*

En novembre 1979, l'ambassade des États-Unis à Téhéran a été saisie par des étudiants iraniens armés, partisans de l'ayatollah Khomeini, dirigeant musulman chiite, faisant 63 otages. L'ayatollah et ses disciples éprouaient un profond ressentiment envers les États-Unis, associés et partisans de longue date du schah évincé. Les étudiants se sont emparés de l'ambassade américaine pour tenter de forcer les É.-U. à extraditer vers l'Iran le schah exilé, à qui le président Carter venait d'accorder la permission d'entrer aux É.-U. pour y suivre un traitement contre le cancer. Diverses questions ont immédiatement surgi au sein du gouvernement américain : les otages pouvaient-ils être secourus? Les É.-U. détenaient-ils seulement les moyens de le faire? Néanmoins, le conseiller en sécurité nationale Zbigniew Brzezinski a ordonné au Pentagone de préparer des plans d'urgence en vue d'une mission de sauvetage, de même que des mesures de représailles si les otages étaient maltraités¹⁰³. Par conséquent, une force d'intervention interarmées a été mise sur pied et a commencé à se préparer pour une mission de sauvetage.

Le problème auquel la force d'intervention se heurtait était de taille. Comment l'armée pouvait-elle secourir et extraire 63 otages américains en plein cœur d'un grand centre urbain, à des centaines de kilomètres à l'intérieur d'un territoire hostile? Heureusement, deux ans auparavant, les chefs d'état-major interarmées des É.-U. avaient autorisé la formation d'une unité élite de contre-terrorisme, communément appelée force Delta. L'unité venait d'être déclarée opérationnelle lorsque l'ambassade a été saisie¹⁰⁴. La force Delta serait donc chargée de prendre d'assaut l'ambassade. Toutefois, le reste de la force opérationnelle, qui serait responsable d'insérer et d'extraire les agents de Delta, devait encore être mise sur pied. Elle serait finalement composée d'éléments de l'armée de terre, de la force aérienne et de la marine, qui devaient tous être rassemblés et formés à mener la mission de sauvetage. La formation interarmées a commencé presque immédiatement et a continué jusqu'en mars 1980.

Malgré les espoirs de résolution diplomatique de la crise qu'entretenait l'administration Carter, il est devenu évident après six mois que les négociations avaient échoué. Par conséquent, le président

102. Canada, ministère de la Défense nationale, B-GA-441-001/FP-002, *Doctrine de l'aviation au niveau tactique*, Ottawa, MDN, 2000, p. 1-1.

103. Otto Kreisher, « Desert One Disaster », *MHQ: The Quarterly Journal of Military History*, vol. 13, n° 1, automne 2000, p. 44.

104. *Ibid.*

a ordonné l'exécution du plan de sauvetage, désormais appelé Opération *Eagle Claw*, le 24 avril 1980¹⁰⁵. Un examen détaillé du plan opérationnel et des événements qui ont eu lieu dépasserait la portée du présent article. Par ailleurs, ils ont déjà été décrits et analysés dans de nombreux livres et communications¹⁰⁶. Ce qui suit constitue donc un compte-rendu simplifié du plan d'ensemble et des événements qui ont eu lieu tôt le matin du 25 avril.

L'opération élaborée représentait un effort interarmées complexe. Elle nécessitait le décollage de huit hélicoptères RH-53D de la marine à partir du United States Ship (USS) *Nimitz*, un porte-avion en poste dans la mer d'Oman, pour rejoindre la force d'assaut et les huit avions-ravitailleurs C130 qui avaient atterri sur une piste improvisée dans le désert iranien (nom de code Desert One). De là, les hélicoptères seraient ravitaillés à partir des C130, et la force d'assaut monterait à bord avant de continuer vers un autre site à l'intérieur de l'Iran, quelque 50 milles (80,5 kilomètres) au sud-est de Téhéran. La nuit suivante, les agents de Delta se rendraient jusqu'à l'ambassade pour récupérer les otages. Les hélicoptères extrairaient la force d'assaut et les otages sous le couvert d'avions de combat AC-130 et procéderaient jusqu'à une piste d'atterrissage iranienne abandonnée, sécurisée par une compagnie de rangers de l'armée. Les hélicoptères seraient alors détruits, et la force d'intervention et les otages seraient emmenés par deux C-141 jusqu'à des bases américaines en Europe¹⁰⁷.

La nuit du 24 avril, les huit hélicoptères RH-53D ont décollé du USS *Nimitz* comme prévu. Cependant, quelques heures à peine après le début de la mission, deux hélicoptères ont dû faire demi-tour en raison de problèmes mécaniques. Pour empirer les choses, l'arrivée des six hélicoptères restants à Desert One a été retardée à cause d'une tempête de sable inattendue, appelée *haboob*. Après l'arrivée au site d'avitaillement improvisé, un autre des hélicoptères a subi une défaillance hydraulique et a été jugé incapable de poursuivre la mission. L'opération ne pouvait désormais compter que sur cinq hélicoptères, un de moins que les six que l'on avait déterminés comme essentiels pour mener à bien la tâche. Par conséquent, la décision d'annuler la tentative de sauvetage a été prise par le commandant sur place. C'est à ce moment que la tragédie a frappé. Un des hélicoptères s'est engouffré dans un nuage de sable en tentant de se repositionner et a frappé un des C130 d'avitaillement. L'explosion et la boule de feu qui ont suivi ont tué huit membres du personnel, en plus de faire de nombreux blessés. Le site a été rapidement évacué par la suite. Les cinq hélicoptères intacts, les décombres enflammés et les corps des huit morts ont été abandonnés. L'ambitieuse opération *Eagle Claw* s'était soldée par un échec en plein cœur du désert iraquien.

Les événements tragiques de Desert One ont terni l'honneur des États-Unis et la crédibilité des opérations spéciales américaines¹⁰⁸. Un comité d'examen du gouvernement, appelé la commission Holloway, a donc été mis sur pied pour étudier les circonstances de la mission fatidique et, plus important, les problèmes associés aux opérations spéciales des États-Unis¹⁰⁹.

Bien qu'elles n'aient pas nécessairement contribué directement à l'échec de la mission, des faiblesses notables et même évidentes, avec du recul, ont été découvertes lors de l'examen des hélicoptères et du processus de choix du personnel. Les hélicoptères RH-53D de la marine avaient été choisis pour deux raisons principales. La première était qu'ils correspondaient aux exigences de

105. Fred J. Pushies, *Night Stalkers: 160th Special Operations Aviation Regiment (Airborne)*. St. Paul, Zenith Press, 2005, p. 10.

106. Pour un compte-rendu détaillé de l'Opération *Eagle Claw* ainsi que de la planification et de la formation qui y ont mené, lire : Colonel James H. Kyle, USAF (retraité), *The Guts to Try*, New York, Orion Books, 1990. Le colonel Kyle était le commandant de la force aérienne lors de la mission et le commandant sur place à Desert One.

107. Kreisher, « Desert One Disaster », p. 48.

108. Pushies, *Night Stalkers*, p. 12.

109. Les résultats issus des constatations du comité d'examen ont par la suite été publiés dans le désormais célèbre *Holloway Report*. Ce rapport proposait plusieurs recommandations visant à améliorer les capacités d'opérations spéciales des États-Unis.

rayon d'action et de charge utile nécessaires à la conduite de la mission. La seconde était une question de sécurité opérationnelle (OPSEC), une priorité extrêmement élevée pour cette opération. Comme les hélicoptères décolleraient d'un porte-avion, on croyait que la présence de huit hélicoptères de la marine n'attirerait pas inopportunément l'attention. Par ailleurs, ils étaient faciles à dissimuler sous le pont puisque les pales du rotor et la section de la queue pouvaient se replier, ce qui n'est pas possible avec des aéronefs de la force aérienne ou de l'armée de terre¹¹⁰. Par conséquent, du personnel de la marine familier avec ce type d'aéronef particulier a été choisi pour agir comme pilotes lors de la mission.

Ce personnel n'était toutefois pas adéquatement qualifié pour exécuter les tâches qu'on lui a affectées et dont on s'attendait de lui. Les pilotes des RH-53D de la marine étaient formés pour des missions diurnes de dragage de mines au-dessus d'un plan d'eau, de durée relativement courte. Ils n'avaient donc pas d'expérience avec les tactiques de survol terrestre, de nuit, à basse altitude. Ils ne possédaient pas non plus d'expérience dans le cadre d'opérations spéciales¹¹¹. Ce manque d'expérience est très vite devenu évident, alors que les pilotes de la marine éprouvaient beaucoup de difficulté à s'adapter à l'exigeant environnement de basse altitude nocturne et à l'utilisation de lunettes de vision nocturne (NVG), pour laquelle ils n'avaient aucune formation préalable. En plus de compromettre la sécurité de la mission, cette situation ébranlait la confiance des autres membres de l'équipe. Après un vol éprouvant à bord d'un des hélicoptères, lors d'une des premières missions d'entraînement dans le désert, on a entendu un des agents Delta remarquer : « Pas question que je rentre à bord d'un de ces trucs – je préfère marcher jusque chez moi¹¹²! » Les planificateurs ont vite constaté que les pilotes ne progressaient pas suffisamment rapidement et ont décidé de remplacer la majorité d'entre eux par des pilotes de CH-53 de la marine détenant de l'expérience en tactiques de survol terrestre à basse altitude. Malgré le fait que ces pilotes étaient également peu expérimentés en environnement nocturne, l'entraînement pour la mission de sauvetage s'est mis à progresser plus rapidement avec le nouvel équipage¹¹³. Pourtant, rétrospectivement, cette décision était également loin d'être idéale.

En ce qui concerne l'examen des décisions d'affectation des équipages d'hélicoptère, le *Holloway Report* a révélé que pendant la période menant à la mission, il y avait 96 pilotes de H-53 qualifiés au sein de l'USAF qui étaient formés pour des missions lointaines, y compris pour le ravitaillement air-air. De plus, il y avait 86 anciens pilotes de H-53 qualifiés, dont la plupart possédaient une expérience récente en opérations spéciales ou en sauvetage, des compétences bien mieux adaptées aux exigences de mission de l'opération *Eagle Claw*¹¹⁴. Il y a lieu de se demander pourquoi ces pilotes n'ont pas été recrutés pour la mission. Une partie de la réponse est que les planificateurs souhaitaient préserver la sécurité opérationnelle, puisque rappeler des pilotes de nombreuses affectations différentes aurait donné lieu à des questions non désirées. Il y avait toutefois une faiblesse profonde dans l'hypothèse des planificateurs : ils croyaient que le personnel qualifié pour piloter l'aéronef choisi pour la mission serait capable de s'adapter rapidement et efficacement à de nouvelles conditions de mission hautement complexes. Cependant, l'expérience préalable de mise sur pied de capacités d'opérations spéciales d'aviation au Vietnam avait démontré clairement qu'il est beaucoup plus difficile pour les pilotes d'acquérir de nouvelles aptitudes de mission complexes que de faire la transition à un autre aéronef aux caractéristiques de conception et de performance comparables¹¹⁵. Cela soulignait l'importance de posséder une unité d'hélicoptères formée et compétente en aptitudes d'opérations

110. Kyle, *The Guts to Try*, p. 47.

111. *Ibid.*, p. 81.

112. *Ibid.*, p. 94.

113. États-Unis, ministère de la Défense, *The Holloway Report*, Washington, DC, ministère de la Défense, 1980, p. 35.

114. *Ibid.*

115. *Ibid.*

spéciales d'aviation. Cette conclusion a été mise en évidence dans l'évaluation finale de la composition de l'équipage des hélicoptères faite par la commission Holloway¹¹⁶.

Notre objectif en nous penchant sur cette étude de cas n'était pas de remâcher des arguments sur les personnes ou facteurs à blâmer pour l'échec de l'opération *Eagle Claw*. L'idée que l'on pouvait mettre sur pied une force d'opération spéciale pour secourir les otages était légitime. Par exemple, le *Holloway Report* conclut que :

le concept d'une petite opération clandestine était valable et conforme à la politique et aux objectifs nationaux. Il offrait la meilleure chance de sortir les otages de là vivants et le plus faible risque de déclencher une guerre contre l'Iran¹¹⁷.

Autrement dit, les États-Unis auraient pu atteindre leurs objectifs stratégiques à l'aide d'une opération spéciale ciblée tout en réalisant une économie de forces adéquate. Au moment de la crise, l'armée américaine avait à sa disposition la force Delta, une unité antiterroriste nouvellement formée et hautement compétente. Elle n'avait toutefois pas le moyen de la faire entrer secrètement dans l'ambassade américaine. Comme le fait remarquer Charles Cogan :

les États-Unis avaient de toute évidence besoin d'un commandement centralisé capable de mener une opération clé en main, disposant de tous les éléments de soutien nécessaires – transport aérien, renseignement, logistique et soutien au combat aérien¹¹⁸.

Cela met en évidence l'impuissance militaire stratégique des États-Unis au moment de gérer rapidement et adéquatement la crise. Cette impuissance découlait en grande partie du manque de capacités en OSA. De plus, les difficultés associées au non-respect du quatrième principe des FOS sont devenues évidentes, d'après les problèmes éprouvés pour mettre sur pied une force d'aviation compétente après la crise.

Opération *Barras*¹¹⁹

Le 25 août 2000, lors d'une patrouille près de Freetown dans la Sierra Leone, 11 soldats britanniques du Royal Irish Regiment et leur officier de liaison de l'armée de la Sierra Leone ont été capturés et séquestrés par des membres du groupe rebelle West Side Boys. Les forces du Royaume-Uni (R.-U.) étaient à la Sierra Leone depuis le début du mois de mai, après que des rebelles eurent menacé la ville de Freetown et le gouvernement. Elles avaient été déployées au départ pour assurer la sécurité lors de l'évacuation de citoyens britanniques, mais étaient restées pour aider à stabiliser la situation une fois que les forces des Nations Unies et du gouvernement eurent réussi à repousser les factions rebelles. Malgré la petite taille de leur faction, les West Side Boys créaient des problèmes. Ils constituaient davantage un groupe criminalisé qu'une force rebelle organisée et étaient couramment qualifiés de groupe « surtout intéressé par ses propres intérêts¹²⁰ ». Avant l'enlèvement des soldats britanniques, ils formaient des barricades et volaient ceux qu'ils arrêtaient. Lors d'une réunion avec les forces des Nations Unies, la patrouille britannique avait été informée que les West Side Boys avaient commencé à délaissier les armes. Elle s'était donc rendue à Magbeni pour enquêter sur cet état de choses. Le chef des West Side Boys, Foday Kallay, irrité que les soldats britanniques n'aient

116. *Ibid.*, p. 36.

117. *Ibid.*, v.

118. Charles G. Cogan, « Desert One and its Disorders » *The Journal of Military History*, vol. 67, n° 1 janvier 2003, p. 204.

119. Pour un compte-rendu détaillé de l'opération *Barras*, voir : William Fowler, *Operation Barras: The SAS Rescue Mission, Sierra Leone 2000*, Londres, Weidenfeld & Nicolson, 2004.

120. *Ibid.*, p. 109.

pas demandé la permission avant d'entrer dans « son » territoire, a ordonné à ses troupes de saisir leurs armes et de les séquestrer. Une fois pris en otage, les captifs ont immédiatement été transférés de Rokel Creek au quartier général des rebelles, à Gberi Bana.

Le gouvernement du Royaume-Uni a réagi rapidement. Le Special Air Service (SAS) a été alerté et a entrepris des préparatifs moins de 12 heures après la prise d'otages¹²¹. Heureusement pour les planificateurs, des renseignements sur la situation avaient vite été obtenus. Deux jours après l'emprisonnement, le commandant du Royal Irish Regiment a rencontré Kallay pour négocier la libération des otages. Le 29 août, Kallay a autorisé un des otages à l'accompagner à une réunion de négociation pour montrer sa bonne foi. Le soldat a réussi à remettre à son commandant une carte détaillée de l'endroit où les otages étaient détenus, ainsi que des positions rebelles et de l'emplacement des armes, cachée à l'intérieur d'un stylo à bille. De plus, deux jours plus tard, cinq captifs ont été libérés en échange d'un téléphone satellite et de fournitures médicales. À l'insu des rebelles, les Britanniques pouvaient désormais utiliser le téléphone satellite pour suivre leur emplacement avec précision. À ce stade, les planificateurs de l'opération de sauvetage détenaient également des renseignements précieux sur le nombre et les capacités des West Side Boys à Gberi Bana et du côté sud de la rivière, à Magbeni.

Il avait été déterminé dès le début de la planification que l'équipe des SAS ne suffirait pas à donner l'assaut. Il faudrait une force d'assaut à Gberi Bana pour secourir et sécuriser les otages. Il y avait toutefois une concentration importante de rebelles et d'armes lourdes à 1 000 verges (914 mètres) au sud, de l'autre côté de la rivière à Magbeni, à distance d'engagement de l'endroit où les otages étaient détenus. Par conséquent, on a fait venir une compagnie du 1^{er} Bataillon, Régiment parachuté, dont la tâche serait de trouver et de neutraliser les rebelles à Magbeni afin de couvrir l'assaut de sauvetage des SAS à Gberi Bana.

À l'origine, trois options d'assaut avaient été élaborées : un assaut terrestre, un assaut aérien et, l'option de prédilection, une approche par la rivière. Au 5 septembre, les SAS avaient établi deux postes d'observation, un à proximité de Gberi Bana et l'autre à proximité de Magbeni. Les deux équipes avaient remonté la rivière pour approcher les secteurs ciblés et avaient déterminé qu'il ne s'agissait pas d'une option viable pour l'assaut principal puisque la rivière n'était pas assez profonde. Par ailleurs, l'option terrestre a aussi dû être abandonnée vu la densité de la jungle. La seule option réaliste était donc l'assaut aérien.

Le plan de sauvetage prenait maintenant forme. Trois hélicoptères Chinook pilotés par des équipages du 7^e Escadron de la Royal Air Force (RAF), dédiés aux opérations des forces spéciales, fourniraient le transport aérien¹²². Deux hélicoptères d'attaque Lynx du Army Air Corps appuieraient l'assaut et se consacraient premièrement à neutraliser les sites d'armement lourd afin de protéger les Chinooks. Deux des Chinooks débarqueraient l'équipe de sauvetage de la SAS à Gberi Bana. L'équipe sécuriserait les otages et se déplacerait avec eux d'environ 200 mètres, jusqu'à un champ de soccer, pour y être extraits par un des hélicoptères. Au même moment, le troisième Chinook ferait débarquer la compagnie de parachutistes à Magbeni pour neutraliser les combattants rebelles et les empêcher de nuire à l'opération de sauvetage sur l'autre rive de la rivière. Afin de maintenir l'avantage de la surprise et de fournir la meilleure chance d'emmener les otages en toute sécurité, les équipes des SAS devraient débarquer par corde de descente rapide à proximité de l'endroit où les otages étaient détenus. Cette technique qui consiste à glisser le long d'une corde à l'arrière de l'hélicoptère permet aux troupes d'assaut d'être insérées très rapidement dans un secteur où l'appareil ne peut pas atterrir.

121. Dr Christine Coker, « Planning in Hostage Rescue Missions, US Operation Eagle Claw and UK Operation Barras », *Military Technology*, vol. 30, n° 9, 2006, p. 67.

122. *Ibid.*

Le 9 septembre, 16 jours après la prise d'otages, les négociations avaient abouti à une impasse et la mission de sauvetage a reçu le feu vert. L'assaut a été donné le matin suivant, à 6 h 15, juste avant le lever du soleil. Moins d'une minute après le débarquement, les otages avaient été sécurisés par les SAS, et à 7 h, les otages et les soldats blessés pendant l'assaut étaient à bord du Chinook d'extraction, en route vers le navire auxiliaire de la flotte royale SIR PERCIVAL pour s'y réfugier en sûreté et recevoir des soins médicaux. À 10 h 45, le dernier groupe d'assaut avait quitté le secteur des rebelles et la mission était jugée un succès – tous les otages étaient en sécurité, quelques parachutistes avaient été blessés et un membre des SAS avait perdu la vie.

Cette étude de cas est importante parce qu'elle met en évidence la flexibilité stratégique dont disposaient le gouvernement et l'armée du Royaume-Uni pour réagir efficacement et rapidement à la crise. Comme on a fini par le constater, la seule option tactique viable était un assaut aérien contre les positions rebelles. Puisque le Royaume-Uni possédait déjà une unité d'opérations spéciales d'aviation avec le 7^e Escadron de la RAF, un plan d'action directe a pu être élaboré avec confiance. Dans les circonstances, on peut poser la question suivante : un équipage d'aéronef Chinook conventionnel n'aurait-il pas été en mesure de soutenir efficacement la mission? L'élément clé est la compétence de l'équipage d'aéronef en tactiques d'opérations spéciales, tant les tactiques d'aviation que celles des forces soutenues comme les SAS. Dans le cas présent, il avait été déterminé que l'effet de surprise constituerait un avantage bref, mais essentiel pour sécuriser les otages dès les premiers moments de l'assaut. Comme le souligne la Dre Christine Coker, les SAS s'entraînent et travaillent régulièrement avec les équipages d'opérations spéciales d'aviation¹²³. Par conséquent, les équipages de Chinook connaissaient et maîtrisaient déjà la technique de corde de descente rapide. Les SAS et l'équipage d'aéronef ont ainsi pu se concentrer sur l'entraînement quant aux circonstances précises de l'environnement tactique plutôt que sur la technique d'insertion. Essentiellement, cela signifiait que les acteurs clés étaient prêts à exécuter la mission dès le départ et qu'il ne leur restait qu'à prendre connaissance du plan et à s'entraîner en conséquence. Il ne fallait donc qu'un temps de préparation minimal avant que l'équipe soit en mesure d'exécuter la mission. Au bout du compte, la présence d'une capacité d'OSA formée s'est révélée fondamentale pour que la mission de sauvetage se déroule avec confiance et rapidité.

Résumé

Les deux études de cas ont démontré, à l'aide d'exemples opposés, en quoi les opérations spéciales d'aviation peuvent être un élément critique pour faciliter le déroulement des opérations spéciales. Dans le cas de l'opération *Eagle Claw*, l'absence d'hélicoptères, et plus particulièrement d'équipages d'aéronef, prêts pour la mission a mis en évidence les difficultés considérables associées à la mise sur pied d'une capacité d'opérations spéciales possédant des compétences de mission complexes après qu'une crise a eu lieu. L'armée américaine a vite appris sa leçon. Après la catastrophe de Desert One, un deuxième plan de sauvetage a été élaboré. Cette fois, les planificateurs ont décidé de former une équipe d'intervention en aviation à partir de personnel de la 101^e Division aéroportée (assaut aérien) de l'armée américaine. Ce groupe d'intervention, appelé TF158, se composait d'hélicoptères de reconnaissance OH-6, du nouvel hélicoptère d'assaut moyen UH-60 Blackhawk et de l'hélicoptère de transport lourd CH-47C Chinook. Les otages ont finalement été libérés en janvier 1981, ce qui a entraîné l'annulation de la deuxième opération de sauvetage. Le groupe TF158 n'a toutefois pas été démantelé et a conservé les aptitudes d'aviation spécialisée qu'il avait acquises. L'unité deviendrait par la suite ce que l'on connaît aujourd'hui sous le nom de 160^e régiment d'aviation des forces d'opérations spéciales (SOAR). En revanche, l'opération *Barras* a illustré à quel point une opération spéciale peut être mise sur pied rapidement lorsque des unités prêtes, formées et intégrées existent.

123. *Ibid.*, p. 69.

L'équipage d'OSA de la RAF a non seulement rendu la mission de sauvetage britannique possible, il a aussi facilité une intervention rapide à 17 jours du début de la crise. Dans les deux cas, les opérations spéciales d'aviation ont joué un rôle critique dans la capacité des gouvernements nationaux à recourir aux opérations spéciales pour créer un effet stratégique.

5. Les opérations spéciales d'aviation canadiennes : Être ou ne pas être?

Introduction

Les sections précédentes ont cerné le rôle stratégique et l'importance des FOS dans l'environnement de sécurité mondial d'aujourd'hui et de demain. De plus, les études de cas que nous venons de présenter ont démontré que les OSA jouent souvent un rôle essentiel pour faciliter les opérations spéciales. La création du Commandement – Forces d'opérations spéciales du Canada en 2006, ainsi que de ses composantes dont le 427 EOSA, reconnaissait que le Canada était conscient de l'importance stratégique des FOS et des OSA dans l'environnement opérationnel contemporain. Où en sommes-nous aujourd'hui relativement à la mise sur pied de compétences solides en OSA? Les OSA canadiennes ne représentent pas une capacité entièrement nouvelle, puisqu'elles existent, dans un rôle limité à la lutte antiterroriste nationale, depuis le début des années 90. Néanmoins, malgré l'admission il y a quatre ans qu'une capacité d'OSA plus robuste était nécessaire, le COMFOSCAN n'est toujours pas en mesure de mettre sur pied une force d'OSA suffisante. Par conséquent, la section ci-dessous traitera de l'état actuel des OSA canadiennes et des capacités dont ces dernières devraient être dotées. Cet examen sera suivi d'une exploration des options possibles pour atteindre les exigences d'une capacité d'OSA canadiennes efficace et viable.

État actuel

Depuis 2006, la capacité générale du 427 EOSA à fournir du soutien critique aux opérations spéciales canadiennes a été (et demeure) relativement limitée. Bien que l'auteur admette volontiers qu'une capacité d'OSA mature et durable ne peut pas être créée dans de brefs délais, comme l'illustre l'exemple de l'opération *Eagle Claw* présenté à la section précédente, il existe des restrictions intrinsèques qui continuent de nuire aux aptitudes de l'escadron à élaborer et mettre sur pied les capacités d'OSA désirées. C'est en grande partie parce que le statut de l'unité a été simplement changé d'escadron d'hélicoptère tactique conventionnel à escadron d'opérations spéciales, de toute évidence avec peu de considérations autres qu'un changement à la relation de commandement¹²⁴. Par conséquent, à l'exception de la petite capacité de contre-terrorisme national en place, l'organisation, la formation et l'équipement de l'unité reflétaient les exigences conventionnelles contemporaines de l'époque. Un bref examen de l'état actuel de l'organisation, de la formation, de l'équipement et de la gestion du personnel du 427 EOSA, de même que de la façon dont ces facteurs influencent la croissance et le développement des capacités d'OSA, se trouve ci-dessous.

L'établissement actuel du 427 EOSA n'a pas subi de changements majeurs depuis 1996, alors qu'une troisième escadrille opérationnelle (responsable de soutenir la Force opérationnelle interarmées 2 dans son rôle de lutte antiterrorisme nationale) a été ajoutée. Autrement, l'établissement est celui d'un escadron d'hélicoptère utilitaire hérité de la guerre froide, conçu selon la doctrine comme ressource divisionnaire conventionnelle de la Force aérienne¹²⁵. Cette organisation comptait deux

124. Conformément au transfert du pouvoir de commandement (TPC), la Force aérienne a transféré le commandement opérationnel du 427 EOSA à COMFOSCAN en février 2006.

125. L'ancienne doctrine conventionnelle de force terrestre et d'aviation tactique, pour laquelle le 427^e Escadron avait été conçu au départ, demandait qu'un escadron d'hélicoptère utilitaire (à l'origine équipé de CH135 Twin Huey, remplacé dans les années 90 par le CH146 Griffon) soit commandé à l'échelon divisionnaire, alors que chacune des brigades de la division disposerait d'un escadron d'hélicoptère de reconnaissance (équipé du CH136 Kiowa) comme soutien.

escadrilles opérationnelles de huit hélicoptères chacune ainsi que des quartiers généraux, du soutien logistique et des escadrilles de maintenance des aéronefs¹²⁶. La dotation et l'équipement de l'unité étaient conçus pour que toute l'organisation puisse être déployée dans l'espace de combat et y opérer, se déplacer et s'y maintenir tout en conservant la capacité de déployer en avant ses deux escadrilles opérationnelles pendant de courtes périodes. Même si cette organisation était efficace pour le type d'opération en fonction duquel elle avait été conçue, le soutien qu'elle pouvait offrir aux opérations spéciales était limité.

Un des principaux facteurs limitatifs ou stressants que l'établissement actuel impose à la capacité de mise sur pied des OSA est le manque critique de groupes professionnels de soutien. Bien que ce problème ne soit pas propre aux opérations spéciales ou au 427 EOSA, il est amplifié par la nature des opérations actuelles. L'unité n'est plus déployée dans son ensemble, et il est devenu habituel de déployer plusieurs petits détachements simultanément. Chacun de ces détachements a besoin de soutien pendant le déploiement pour des fonctions comme le renseignement, les transmissions et communications, l'approvisionnement, chauffeurs de matériel roulant (Chauf MR), etc. La structure de dotation de soutien actuelle a été conçue pour faciliter le déploiement de la totalité ou d'une partie de l'unité à n'importe quel moment donné. L'appui à de multiples détachements requiert, dans de nombreux cas, un nombre accru des métiers de soutien essentiels puisqu'il est impossible de profiter de l'efficacité qui serait réalisée si toutes les sous-unités de l'escadron opéraient à partir d'une base unique ou à proximité les unes des autres.

De plus, la nature de la nouvelle mission et des rôles du 427 EOSA, combinés à l'établissement du personnel hérité, ont compliqué substantiellement la capacité de l'escadron à mettre sur pied et à soutenir des opérations avec une quantité adéquate de personnel aérien. Cette situation est causée en partie par la diversité des aptitudes désormais requises des aviateurs de l'unité. La mission du 427 EOSA est de : « [f]ournir au COMFOSCAN des forces d'aviation d'opérations spéciales flexibles et à haut niveau de préparation, capables de conduire des opérations spéciales à l'échelle de la gamme complète de conflits, au pays et à l'étranger¹²⁷. » Les rôles actuellement attribués à l'escadron sont le contre-terrorisme, l'action directe, la reconnaissance spéciale, et le soutien à la défense, à la diplomatie et à l'armée¹²⁸. Tant la mission que les rôles affectés ont des facettes nationales et internationales intrinsèques qui exigent, dans de nombreux cas, des aptitudes différentes de celles des équipages d'aéronef. À titre d'exemple, les exigences de formation pour que les équipages d'aéronef acquièrent des aptitudes de contre-terrorisme maritime national requièrent des ressources et un temps considérables. Quant à la préparation nécessaire à la conduite de missions de contre-terrorisme ou d'actions directes à l'étranger, dans un environnement présentant une grande menace, elle est tout aussi exigeante et intensive. Vu les besoins majeurs en ressources et en temps, les équipages d'aéronef sont incapables d'acquérir et de maintenir des compétences adéquates relativement aux deux types d'ensemble d'aptitudes. Même s'il y a une base commune pour tous les équipages d'OSA, la diversité des missions et les exigences de formation qui en découlent ont mené à une division des

126. Canada, ministère de la Défense nationale, « 427 SOA Sqn Establishment Report » (1^{er} avril 2010).

127. Canada, MDN, *Commandement des forces d'opérations spéciales du Canada*, p. 11.

128. *Ibid.*, p. 9. Les opérations contre-terroristes (CT) font référence aux mesures offensives et défensives prises pour prévenir, dissuader, déjouer et éliminer le terrorisme ainsi que pour y réagir. Le COMFOSCAN remplit cette mission au pays et à l'étranger. Les mesures contre-terroristes sont principalement offensives, comme libérer un(des) otage(s), récupérer du matériel de nature délicate ou procéder à des frappes contre l'infrastructure, mais englobent aussi des mesures d'intervention en cas d'urgence et des mesures de dissuasion. L'action directe (DA) fait référence à des frappes et à d'autres mesures offensives de courte durée et à petite échelle menées par les forces d'opérations spéciales pour saisir, détruire, capturer, exploiter, récupérer ou endommager des cibles désignées. La reconnaissance spéciale (RS) correspond à la conduite des missions visant à recueillir ou à vérifier une information d'importance au plan stratégique ou opérationnel. La diplomatie en matière de défense et l'assistance militaire englobent les opérations qui contribuent à la construction d'une nation en fournissant une assistance aux États sélectionnés au moyen de la prestation de conseils militaires spécialisés, d'instruction et d'assistance.

rôles opérationnels au sein de l'escadron, division qui s'opère généralement en fonction des volets national et international.

Pour compliquer davantage la possibilité de mettre sur pied un équipage d'OSA, le système de formation des équipages d'aéronef dont dépend le 427 EOOSA pour produire des pilotes et mécaniciens de bord (Méc B) qualifiés est conçu pour satisfaire aux besoins des unités d'aviation conventionnelles. Autrement dit, les diplômés de ce système de formation, lorsqu'ils se joignent à une unité d'aviation conventionnelle, sont considérés en principe comme étant « prêts au combat ». Cependant, lorsqu'ils arrivent au 427 EOOSA, ils doivent continuer leur formation afin d'acquérir les compétences de base en OSA avant d'être jugés prêts à mener des opérations spéciales. Actuellement, cette formation doit être menée par le 427 EOOSA. Puisqu'il s'agit d'une exigence fonctionnelle relativement nouvelle, qui découle des missions et rôles révisés de l'unité, la structure du personnel ne comprend pas un nombre suffisant de pilotes et mécaniciens de bord instructeurs pour accomplir cette tâche. Cela illustre une fois de plus que l'établissement du personnel n'a pas été conçu pour faire face aux demandes actuelles.

De la même façon, l'aéronef actuellement employé n'a jamais été conçu ou envisagé pour remplir les rôles d'OSA maintenant attribués au 427^e Escadron, à l'exception des tâches nationales de contre-terrorisme. Il s'agit de l'hélicoptère CH146 Griffon, une version militarisée de l'hélicoptère Bell 412. C'est un hélicoptère biturbine léger polyvalent, capable de transporter jusqu'à dix passagers à des vitesses de 220 kilomètres/heure, d'une autonomie de 656 kilomètres¹²⁹. Bien qu'il s'agisse d'un appareil adéquat pour les opérations spéciales nationales, il est généralement reconnu qu'il est grandement limité au moment de soutenir le vaste éventail de rôles requis des OSA¹³⁰. Son plus grand inconvénient est sa capacité de transport limitée, qui réduit considérablement son utilité pour assurer la mobilité des FOS.

Le deuxième principe des FOS est : « La qualité est préférable à la quantité¹³¹. » Ce principe est fort pertinent en ce qui concerne la sélection du personnel et le processus de gestion actuellement en place pour les OSA. Actuellement, des quatre unités qui forment le COMFOSCAN, seul le 427 EOOSA n'a pas de processus officiel de présélection et de sélection du personnel. Bien que l'examen détaillé de la présélection et de la sélection du personnel pour les OSA canadiennes dépasse la portée du présent article, les désavantages du processus actuel valent la peine d'être soulignés¹³². Comme mentionné précédemment, les FOS sont spécialement choisies, formées et organisées pour mener des opérations à haut risque ou controversées sur le plan politique. L'argument qui justifie la sélection du personnel des FOS, et qui est tout aussi applicable aux OSA, est que le coût d'un échec des opérations spéciales est beaucoup plus élevé que le coût d'assurer le choix du personnel le plus compétent pour la tâche¹³³. Cet argument a été tout particulièrement mis en évidence par l'étude de cas sur l'opération *Eagle Claw* dans la section précédente. Actuellement, les membres du personnel du 427 EOOSA ne sont pas tous des volontaires, et la majorité des besoins en dotation sont assujettis au processus de gestion du personnel en vigueur dans la Force aérienne. En gros, sans processus officiel de sélection, très peu de mesures peuvent être prises pour garantir la compétence

129. Canada, ministère de la Défense nationale, « CH-146 Griffon : caractéristiques », Aviation royale canadienne, <http://www.rcacf-arc.forces.gc.ca/v2/equip/ch146/specs-fra.asp> (consulté le 9 juillet 2012).

130. Bernard Brister, « Mobilité des opérations spéciales canadiennes : acquérir les bons outils », *Revue militaire canadienne*, vol. 9, n° 2 (s.d.), p. 53, <http://www.journal.forces.gc.ca/v09/no2/07-brister-fra.asp> (consulté le 9 juillet 2012).

131. Collins, *Green Berets, Seals and Spetsnaz*, p. xiii.

132. Pour un examen plus approfondi de cette question, voir : Major T. A. Morehen, « A Selection Process for SOF Aviation in Canada » (projet de recherche de maîtrise en études sur la défense, Collège des Forces canadiennes, 27 avril 2009) <http://www.cfc.forces.gc.ca/259/290/295/286/morehen.pdf> (consulté le 9 juillet 2012).

133. *Ibid.*, p. 33.

du personnel affecté au 427^e Escadron. Bien que l'on convienne qu'il faut du temps pour élaborer un processus de sélection adéquat pour les OSA, en l'absence d'un tel processus, les OSA canadiennes ne parviendront pas à réaliser le plein potentiel attendu d'elles.

Il est évident qu'en raison de la manière dont on a fait du 427 EOSA un escadron d'opérations spéciales, il reste toujours des obstacles à la mise sur pied d'une capacité d'OSA flexible et robuste. Un bref survol des problèmes que présente la nature désuète de l'établissement du personnel actuel du 427^e Escadron révèle des lacunes qui devront être corrigées à long terme pour faciliter un développement et une croissance continus. Néanmoins, sous les auspices de l'examen stratégique des Forces canadiennes, le COMFOSCAN devrait avoir l'occasion de faire le point sur ses exigences générales en matière de structure de force et possiblement de rectifier certaines des faiblesses de l'établissement. Tout comme la structure actuelle de la force, le CH146 n'a pas été conçu pour être employé dans toute la gamme des opérations spéciales, et par conséquent, la capacité des OSA à s'acquitter pleinement des tâches qui leur sont affectées continuera d'être entravée jusqu'à ce qu'un appareil plus adéquat soit mis à leur disposition. De plus, l'absence d'un processus officiel de présélection et de sélection du personnel ralentira la mise sur pied de capacités d'OSA crédibles et expérimentées. Qu'est-ce que cela signifie pour le présent et l'avenir rapproché? En gros, que la capacité stratégique d'OSA au sein du COMFOSCAN demeurera limitée tant que les problématiques déjà mentionnées n'auront pas été réglées, une situation qui nuira à la flexibilité du gouvernement canadien au moment de lancer une intervention militaire à l'étranger en cas de crise ou d'urgence controversée sur le plan politique.

Situation désirée

Maintenant que l'état actuel des OSA canadiennes et des obstacles à leur croissance continue ont été évalués, de quelles capacités devrions-nous nous doter afin d'assurer la concrétisation de leur effet stratégique à l'avenir? Les FOS, bien qu'elles aient des exigences spécialisées, ont toujours besoin de l'aviation pour remplir leurs rôles doctrinaux de base que sont la puissance de feu aérienne, la reconnaissance et la mobilité¹³⁴. Cela suggère le besoin d'une force d'OSA capable d'offrir un soutien adéquat aux trois rôles. Autrement dit : « pour être efficace, la communauté des opérations spéciales d'aviation hélicoptérée a besoin... d'une gamme d'aéronefs convenablement équipés pour satisfaire aux besoins particuliers des Forces d'opérations spéciales du Canada (...)»¹³⁵ Par conséquent, afin de mettre sur pied une capacité idéale pour l'avenir, il faudrait que les OSA canadiennes soient en mesure de remplir les trois rôles doctrinaux de l'aviation en soutien aux FOS. Toutefois, vu les ressources disponibles, cette structure de force idéale n'est pas réaliste pour le Canada, et la priorité devrait être mise sur la mobilité tactique lors du développement des OSA canadiennes. Cette priorité assurerait que les FOS possèdent, au minimum, les facilitateurs stratégiques nécessaires pour fonctionner efficacement au pays et à l'étranger. Dans le but d'explorer ces idées, le concept d'une force d'opérations spéciales d'aviation équilibrée sera approfondi, de même que le besoin critique de mobilité tactique.

Dans le contexte de la structure de force, l'équilibre peut être défini comme la combinaison d'éléments de force qui fournira la plus grande flexibilité afin d'exécuter le plus de tâches possible dans toute la gamme des situations de conflit. À titre d'exemple, une force composée d'un seul type d'aéronef fournirait probablement une capacité considérable, mais pour un ensemble très limité de tâches. À l'inverse, une structure de force de taille comparable, mais composée d'aéronefs diversifiés, pourrait accomplir un plus vaste éventail de tâches, mais aurait une capacité limitée à les soutenir. À

134. Canada, MDN, B-GA-441-001/FP-002, *Doctrine de l'aviation au niveau tactique*, p. 1-1.

135. Jim Dorschner, « Instructions non comprises : Réflexions sur l'instauration d'une capacité d'opérations spéciales d'aviation (OSA) », *Revue militaire canadienne*, vol. 9, n° 3 (2009), p. 92, <http://www.journal.forces.gc.ca/v9/no3/13-dorschner-fra.asp> (consulté le 9 juillet 2012).

cet égard, les OSA ne sont pas différentes de l'aviation tactique conventionnelle : l'équilibre découle de la recherche de la bonne variété d'aéronefs afin d'accomplir le mieux possible les tâches affectées¹³⁶.

La façon la plus simple de déterminer l'équilibre approprié serait d'examiner ce que d'autres ont jugé être une structure de force fonctionnelle et flexible, et ainsi profiter de leur expérience précieuse. En ce qui concerne la structure de la force d'OSA, il n'y a à peu près que le 160^e SOAR des États-Unis qui a démontré un degré d'équilibre notable. Chacun des quatre bataillons du régiment se compose « d'une combinaison stratégique d'hélicoptères légers, moyens et lourds, tous de conception modifiée pour satisfaire aux exigences de mission uniques de l'unité¹³⁷. » Les hélicoptères légers sont des AH-6 (attaque) et des MH-6 Little Bird¹³⁸. Les hélicoptères moyens sont des MH-60 Black Hawk, et les lourds sont des MH-47 Chinook. Dans le cas du 160^e SOAR, chacun des trois rôles doctrinaux de l'aviation peut être efficacement appuyé par des ressources qui font partie intégrante de l'unité. Les AH-6 fournissent une capacité de reconnaissance et de puissance de feu aérienne. De plus, certains des MH-60L Black Hawk sont modifiés pour transporter différents ensembles d'armes et aussi jouer un rôle de puissance de feu. Néanmoins, la majeure partie des capacités du régiment (MH-6, MH-60 Black Hawk et MH-47 Chinook) sont axées sur différents degrés de mobilité. Le résultat d'ensemble est une unité d'OSA très adaptable, capable de fournir un soutien robuste aux FOS.

À l'inverse, le 7^e Escadron de la RAF, au Royaume-Uni, opère uniquement des hélicoptères de transport lourd Chinook, et l'Australie, uniquement des hélicoptères de transport moyen S-70A Black Hawk¹³⁹ dans un rôle exclusif aux OSA. Même avec ce qui est considéré comme une force équilibrée, le 160^e SOAR emploie des ressources qui servent principalement à assurer la mobilité. Si on se fonde sur ces exemples des alliés du Canada, il faudrait conclure qu'une mobilité tactique efficace est la tâche prioritaire pour une organisation dédiée aux OSA. C'est aussi ce que suggèrent les deux études de cas présentées à la section précédente. Lors de l'opération de sauvetage des otages en Iran, l'exigence critique en matière d'OSA était de fournir la mobilité tactique pour l'équipe d'assaut de la force Delta, de Desert One vers l'ambassade puis vers le champ aérien d'évacuation avec les otages rescapés. Lors de l'opération *Barras*, l'exigence essentielle de soutien en aviation était le transport et l'insertion de la force d'assaut des SAS. Dans les deux situations, l'exigence de mobilité tactique était déterminante pour l'atteinte de l'effet stratégique global de l'opération.

Cet argument est également appuyé par l'expérience opérationnelle récente. Par exemple, en évaluant les besoins en mobilité des opérations spéciales canadiennes dans un article récent, Bernard Brister souligne que les opérations en Iraq ont fait ressortir que l'efficacité globale d'une force opérationnelle spéciale est essentiellement liée à la capacité de cette force à assurer ses propres déplacements selon ses exigences. Dans de telles circonstances, les pays ont l'option de se fier à des partenaires de coalition pour fournir du soutien en mobilité aux FOS. Il ne s'agit toutefois pas d'une option viable puisque les opérations récentes en Afghanistan et en Iraq ont démontré qu'il n'est pas possible de garantir que le soutien en aviation arrivera en temps opportun, en présumant qu'il arrive¹⁴⁰, puisque la demande générale de soutien en aviation est élevée et que la disponibilité des

136. Thierry Gongora et Slawomir Wesolkowski, « À quoi une force d'hélicoptères tactiques équilibrée ressemble-t-elle? Comparaison internationale », *Revue de la Force aérienne du Canada*, vol. 1, n° 2, été 2008, p. 14, http://www.rcmf-arc.forces.gc.ca/CFAWC/eLibrary/Journal/Vol1-2008/Iss2-Summer_f.asp (consulté le 9 juillet 2012).

137. États-Unis, ministère de la Défense, « The 160th Special Operations Aviation Regiment (Airborne): Fact Sheet », ministère de la Défense des États-Unis, <http://www.soc.mil/160th/160th.html> (ce site n'est plus accessible).

138. Il s'agit de versions militaires modifiées d'un modèle plus connu, l'hélicoptère Hughes 500.

139. Australie, Force de défense australienne, *Capability Fact Book*, Canberra : ministère de la Défense, avril 2003, p. 23, <http://www.defence.gov.au/publications/cfb.pdf> (consulté le 9 juillet 2012).

140. Brister, « Mobilité des opérations spéciales canadiennes », p. 54.

OSA dans le théâtre est limitée. Par ailleurs, il est probable qu'un pays de la coalition ne fournirait ses OSA pour appuyer la FOS d'un allié que si l'opération correspondait à ses propres priorités et intérêts nationaux¹⁴¹. Il s'agit d'un enjeu critique qui nuit aux FOS canadiennes puisqu'elles ont dû composer avec cette circonstance particulière lors d'opérations en Afghanistan.

Étant donné que le Canada n'a pas été en mesure de fournir une mobilité tactique aux FOS à l'étranger, il est peu probable qu'il puisse mettre une force d'OSA équilibrée sur le terrain dans un avenir rapproché. Les Forces canadiennes sont souvent comparées à la Force de défense australienne puisqu'elles sont très semblables quant à leur taille et aux ressources dont elles disposent. Les Britanniques, par contre, ont une structure de force et une base de ressources de plus grande envergure, se situant entre celles du Canada et de l'Australie et celles des États-Unis. Jusqu'à maintenant, le Royaume-Uni et l'Australie se sont concentrés uniquement sur la mobilité tactique avec leurs OSA spécialisées. Il semble donc logique que, pour le Canada, la notion d'une force d'OSA équilibrée ne fait pas partie des possibilités du point de vue des ressources globales. Il n'y a qu'à comparer la structure de force du 160^e SOAR et du 427 EOSA pour le constater. En termes de taille relative, l'ensemble du 427 EOSA peut se comparer à un des quatre bataillons du 160^e SOAR. De plus, comme on l'a déjà souligné, le 160^e SOAR opère des avions considérablement modifiés, différents de ceux employés par les forces conventionnelles d'aviation. Cela signifie que le 160^e SOAR a besoin de maintenance et de soutien logistique spécialisés pour ses flottes. Actuellement, la petite flotte de CH146 Griffon du 427 EOSA n'a subi que des modifications mineures, pour la plupart sous la forme de trousseaux modulaires de mission. Les avions n'ont donc pas besoin de maintenance particulière ou spécialisée. Le 427 EOSA peut ainsi profiter d'un certain degré de synergie avec le reste de la flotte des CH146 en ce qui concerne la formation de base des équipages d'avions et mécaniciens, ainsi que d'une chaîne d'approvisionnement commune. Par conséquent, peu importe le type d'avion que le 427 EOSA emploiera à l'avenir, la flexibilité en matière de soutien et de formation que procure l'opération d'une plateforme commune au reste de la Force aérienne ne doit pas être sous-estimée.

Cela suggère-t-il donc qu'il est impossible d'obtenir, en pratique, un soutien en aviation équilibré pour les opérations spéciales? L'expérience et les exemples historiques semblent démontrer que cet équilibre ne peut être accompli que par l'emploi de forces d'aviation conventionnelles dans certains rôles. Par exemple, lors de l'opération *Barras*, l'appui-feu aérien était certainement une exigence essentielle au succès de la mission, vu la nécessité de neutraliser les systèmes d'armement lourd des rebelles qui pourraient s'en prendre aux Chinooks pendant l'assaut. Dans ce cas, la tâche a été exécutée avec succès par des hélicoptères d'attaque Lynx conventionnels du Army Air Corp du Royaume-Uni. Cet exemple démontre qu'il existe des moyens acceptables et efficaces de remédier à l'absence de capacités intégrantes appuyant les trois rôles doctrinaux de l'aviation au sein d'une organisation d'OSA.

En résumé, il est évident, à partir des exemples et de l'expérience des alliés, que la mobilité tactique doit être la priorité lors du développement des capacités d'OSA canadiennes. L'idéal d'une force équilibrée semblable à celle du 160^e SOAR des États-Unis n'est pas réalistement atteignable ni d'une nécessité absolue dans le contexte canadien. Ce qui est critique, par contre, c'est la croissance continue d'une organisation d'OSA crédible et compétente, capable d'offrir une mobilité tactique efficace aux FOS canadiennes. C'est seulement dans ces conditions que le COMFOSCAN pourra compter sur une capacité d'OSA fournissant les moteurs stratégiques nécessaires pour assurer un soutien flexible aux opérations spéciales canadiennes.

141. *Ibid.*

Options possibles

Étant donné que la mise sur pied d'une capacité d'OSA pertinente sur le plan stratégique devrait être axée sur la fourniture d'un transport efficace pour les FOS, il existe plusieurs options possibles compte tenu des flottes d'hélicoptères actuelles et des projets d'acquisition d'équipement en cours. Le CH148 Cyclone, un hélicoptère moyen-porteur qui doit remplacer le Sea King dans un avenir rapproché, en est une. Il y a aussi le projet du CH147F Chinook, qui prévoit la livraison de 15 hélicoptères de transport lourd à compter de 2013. De plus, le Canada opère actuellement six CH147D Chinook en Afghanistan pour combler l'écart de capacité jusqu'à la livraison des nouveaux aéronefs. Chacun de ces aéronefs, en nombre adéquat et avec une organisation appropriée, a le potentiel d'améliorer concrètement la mobilité des FOS.

Le statu quo, qui serait de continuer à fonctionner avec le CH146 Griffon seulement, n'est pas viable à long terme. Sa capacité de transport est inadéquate pour soutenir efficacement la mobilité des FOS. Bien que ses caractéristiques soient bien adaptées à un rôle de contre-terrorisme national, elles ont une valeur limitée lors d'un déploiement dans un environnement présentant une menace grave, où les FOS ont souvent besoin d'une capacité de charge et d'un rayon d'action supérieurs à ceux du Griffon. Par conséquent, maintenir le statu quo ne suffira pas pour que les OSA canadiennes soient consolidées en une véritable capacité stratégique habilitante.

La solution idéale serait d'équiper le 427 EOSA d'un hélicoptère de transport moyen ou lourd. Cela est toutefois peu susceptible de se produire à court terme vu la disponibilité des fonds d'acquisition d'équipement et les priorités d'acquisition actuelles du ministère. De plus, les projets d'acquisition précédemment mentionnés ne concernent que les besoins des forces conventionnelles et, dans le cas du CH148 Cyclone, ne comprennent pas d'exigences pour les tâches de mobilité tactique. En présumant que le manque de financement des acquisitions sur plusieurs exercices continue, le gouvernement du Canada et le commandement des FC seront obligés d'ordonner leurs besoins en structure de force par priorité. Si les OSA se voient attribuer une priorité stratégique dans de telles circonstances, il serait possible de rediriger certains des aéronefs vers la fourniture d'une mobilité stratégique. L'inconvénient de cette solution est qu'une force conventionnelle serait alors privée de ressources.

Un moyen de corriger ce problème serait d'allouer les six Chinooks modèle D à l'OSA. Il faudra se pencher plus attentivement sur le coût d'une telle mesure puisqu'il n'y a actuellement aucun plan annoncé pour le rapatriement de ces hélicoptères une fois la mission en Afghanistan terminée. Le Chinook modèle D est aussi un aéronef considérablement différent du modèle F, et par conséquent, comme précédemment mentionné, les coûts de maintenance, de formation et des pièces seraient plus élevés qu'avec une flotte unique. Bien qu'équiper le 427 EOSA d'un hélicoptère de transport moyen à lourd serait idéal, la réalité financière suggère qu'il y a peu de chances que cela soit une option viable à court terme.

Ce qui est possible, et qui pourrait être gérable avec les ressources actuellement prévues, serait d'intégrer des équipages d'aéronef qualifiés en OSA à d'autres unités. À titre d'exemple, lors de l'activation du nouvel escadron Chinook, un certain nombre d'équipages de l'unité pourraient être formés et qualifiés en OSA. Cette option entraînerait une hausse des coûts de formation sur plusieurs exercices puisqu'une qualification en OSA exige le maintien d'un état constant de grande disponibilité opérationnelle et l'acquisition d'aptitudes qui dépassent de loin les compétences conventionnelles. Toutefois, ce facteur pourrait être atténué si le 427 EOSA conservait la responsabilité de diriger la planification, la coordination, la liaison, etc., pour les missions d'OSA. Ainsi, seules les qualifications

de l'équipage d'aéronef et les compétences de vol deviendraient des tâches supplémentaires pour les équipages Chinook désignés. Cela permettrait d'obtenir un rendement stratégique exponentiel avec un investissement en formation relativement modeste.

Chaque option suggérée ci-dessus devra être étudiée en profondeur afin de déterminer si elle est viable en fonction des attributions de ressources actuellement prévues. En outre, il ne s'agit pas d'un examen exhaustif de toutes les possibilités qui s'offrent pour développer une capacité d'OSA mature et robuste. Nous espérons que ce bref survol de certaines solutions potentielles suffira à provoquer des réflexions et débats au sein des communautés des FOS et dans l'ensemble de la Force aérienne.

Résumé

Même s'il a été reconnu comme composante critique des FOS canadiennes, le 427 EOSA n'a toujours qu'une capacité limitée à fournir une capacité d'OSA véritablement robuste. C'est en partie en raison de problèmes intrinsèques découlant de l'établissement du personnel et de la flotte d'aéronefs hérités, qui n'ont pas été conçus pour remplir les rôles et tâches désormais attendus de l'unité. De plus, la gestion du personnel constitue toujours une préoccupation. Au point où nous en sommes, le modèle de gestion risque de nuire aux efforts d'établir une communauté d'OSA efficace et crédible tant qu'un processus adéquat de présélection et de sélection du personnel ne sera pas mis en place. À l'exception de la flotte d'aéronefs, ces problématiques peuvent être abordées directement et corrigées s'il y a un désir collectif de faire progresser le développement des OSA. Il est aussi évident, à partir de l'expérience des alliés et de l'expérience opérationnelle du Canada, que les efforts continus de développement des OSA doivent être axés sur la concrétisation du rôle de transport. C'est cet aspect, une fois réalisé, qui permettra véritablement aux OSA canadiennes de jouer leur rôle stratégique de soutien aux FOS de manière solide et crédible.

6. Conclusion

...Je suis membre d'une des forces opérationnelles pouvant être déployées le plus rapidement au monde – prête à partir n'importe où sans préavis, en tout temps, capable d'arriver à la cible à 30 secondes près¹⁴².

Auteur inconnu, *Night Stalker's Creed*

L'environnement de sécurité a changé considérablement au cours des 20 dernières années. De la fin de la guerre froide aux événements tragiques du 11-sept, la communauté internationale peine à comprendre les circonstances du monde contemporain et à s'y adapter. Une constante est que notre monde est toujours un endroit dangereux. Les conséquences négatives de tendances comme la mondialisation, les États défaillants ou en voie de le devenir, et les acteurs non étatiques transnationaux tels que les groupes criminels et terroristes ont créé un environnement dans lequel les interventions militaires traditionnelles, dans lesquelles s'affrontent des forces conventionnelles, ne sont plus pratiques ni appropriées. Les théories et réflexions stratégiques élaborées progressivement sur les FOS, combinées à l'emploi récent de telles forces lors d'opérations en Afghanistan et en Iraq, appuient cette constatation. Par conséquent, les FOS sont de plus en plus pertinentes et sont souvent l'option de choix pour les actions militaires stratégiques jugées nécessaires par les gouvernements pour influencer ou projeter leurs politiques nationales à l'étranger. L'armée canadienne n'est pas

142. Pushies, *Night Stalkers*, p. 69.

aveugle à cette évolution et a pris des mesures pour s'adapter au nouvel environnement en créant le COMFOSCAN ainsi que ses composantes, notamment les OSA.

Cependant, comme d'autres organisations, les FOS ne sont seulement aussi efficaces que la somme de leurs parties. Les deux exemples historiques de l'opération *Eagle Claw* et de l'opération *Barras* ont clairement démontré qu'il est essentiel que les OSA soient intégrées aux FOS et qu'il peut y avoir des conséquences graves si elles ne le sont pas. Ces leçons sont tout aussi valides aujourd'hui que par le passé et confirment le besoin d'OSA canadiennes en tant que capacité pertinente et stratégique pour les FOS, maintenant et pour l'avenir. Malgré cette constatation, les capacités d'OSA canadiennes ont toujours besoin d'être développées avant de pouvoir efficacement faciliter les opérations spéciales. Les lacunes institutionnelles intrinsèques et les restrictions actuelles en matière d'équipement devront être abordées. Il faudra également mettre la priorité sur la mise sur pied à court terme d'une capacité d'OSA assurant la mobilité des FOS canadiennes. C'est uniquement une fois que ces problématiques auront été résolues adéquatement que les OSA canadiennes commenceront à réaliser leur plein potentiel en tant que force pertinente sur le plan stratégique.

Abréviations

CIA	Agence centrale de renseignement
COMFOSCAN	Commandement – Forces d'opérations spéciales du Canada
É.-U.	États-Unis
FOS	forces d'opérations spéciales
MDN	ministère de la Défense nationale
OSA	opérations spéciales d'aviation
RAF	Royal Air Force
SOAR	Régiment d'opérations spéciales d'aviation
USAF	United States Air Force (Force aérienne des États-Unis)

Chapitre 3 – La protection des ressources spatiales du Canada : l’absence de politique nationale

Major Walter S. F. Norquay

Résumé

Le Canada dépend des ressources spatiales, et cela le place dans une position précaire si l’on songe aux menaces pesant sur ses opérations spatiales. L’économie et la sécurité de notre pays dépendent fondamentalement des systèmes spatiaux; par conséquent, le Canada devrait posséder une politique nationale pour garantir son accès à ce domaine vital. D’autres pays présents dans l’espace sont conscients des menaces et ont élaboré leur propre politique stratégique de sécurité à l’égard de l’espace, alors que le Canada ne l’a pas fait. Plusieurs ministères sont en train de dresser un programme spatial pour leurs domaines de responsabilité, mais il n’existe aucune ligne directrice ou politique pour unifier, façonner et synchroniser leurs efforts. Dans le présent document, nous comptons prouver qu’à l’heure actuelle, le Canada ne possède aucune politique stratégique sur l’espace pour défendre les systèmes qu’il y a déployés et qu’en l’absence de menace ou de crise immédiate, il n’est pas susceptible d’en élaborer une.

Notre étude est divisée en quatre sections. Tout d’abord, nous parlerons du contexte où fonctionnent les systèmes spatiaux afin de donner une idée des risques pour les opérations spatiales. Ensuite, nous examinerons le régime des traités internationaux sur l’espace, puis nous nous pencherons sur les exemples de trois grands pays présents dans l’espace. Troisièmement, nous analyserons la politique du Canada en ce qui concerne la sécurité, la défense et l’espace. Nous viserons par là à définir la politique de sécurité spatiale du Canada et nous étudierons les activités du gouvernement du Canada et celles des ministères et organismes qui s’intéressent ensemble à la sécurité dans l’espace. Enfin, nous réfléchirons à notre situation actuelle en la comparant à ce qui s’est passé dans le contexte de dossiers de sécurité antérieur ayant concerné, notamment, le débat nucléaire, la défense contre les missiles balistiques et la vente proposée de Radarsat.

Table des matières

Résumé	81
1. Introduction	83
2. Les menaces	84
Introduction.....	84
Les menaces naturelles.....	84
Les menaces passives d'origine humaine	86
Les menaces actives d'origine humaine	87
Résumé	88
3. Contexte international	89
Introduction	89
Le droit international	89
Les régimes nationaux.....	91
Les États-Unis	92
La Russie.....	93
La République populaire de Chine.....	94
Résumé.....	94
4. La situation du Canada	95
Introduction.....	95
La politique fédérale actuelle.....	97
Le gouvernement du Canada	98
L'Agence spatiale canadienne	101
Le ministère des Affaires étrangères et du Commerce international	103
Sécurité publique Canada.....	104
Le ministère de la Défense nationale	106
Les politiques canadiennes : qu'en est-il?	108
5. Les options du Canada	111
Introduction.....	111
Le nucléaire	111
La défense antimissiles balistiques	112
Radarsat.....	113
Leçons retenues.....	115
Résumé.....	120
6. Conclusion	120
Abréviations	122

1. Introduction

L'espace est devenu un élément intégrant de l'infrastructure mondiale qui facilite le fonctionnement d'une société moderne de l'information. Les systèmes qui sont maintenant en orbite procurent des services fondamentaux, notamment dans les domaines des communications, de l'observation de la Terre, de la localisation géographique et de la synchronisation. Ce sont des services qui favorisent la rapide circulation des connaissances et des biens qui stimulent les économies modernes. Ils nous procurent aussi de précieuses connaissances sur ce qui se passe sur notre planète. Les interventions en cas de catastrophes naturelles, le suivi des systèmes météorologiques, l'acheminement des nouvelles et, finalement, le fonctionnement d'une force armée dépendent tous désormais des capacités axées sur l'espace. Celui-ci offre l'avantage de pouvoir se soustraire aux limites et aux obstacles inhérents aux systèmes terrestres. L'espace est perçu par les militaires comme étant le point d'observation par excellence qui élimine en fin de compte les effets du terrain et d'où la synchronisation des actions est possible. Ces avantages qui caractérisent les opérations dans l'espace ont un prix, cependant : en effet, l'espace est un environnement où il est difficile de fonctionner, surtout dans la zone des orbites terrestres.

L'espace est naturellement un environnement hostile. La vie sur la Terre est protégée des dangers venant de l'espace par l'atmosphère et le champ magnétique de la planète. Les objets mis sur orbite sont à l'extérieur de cette barrière protectrice et doivent donc fonctionner avec une protection naturelle minimale. Le vent et les éruptions solaires qui produisent une pluie constante de particules chargées, les radiations ambiantes dans l'espace et l'impact des météorites, voilà autant d'éléments risquant d'influer sur les systèmes en orbite. Ces conditions, bien qu'elles compliquent les choses, vont tout simplement de pair avec le travail dans l'espace. Les opérations dans l'espace sont déjà difficiles, mais l'être humain vient empirer les choses avec ses activités orbitales.

En outre, l'activité humaine dans l'espace a considérablement accru la menace pesant sur les systèmes spatiaux. En déployant des objets dans l'espace, il crée des débris orbitaux qui menaceront les missions à venir. Les satellites morts, soit parce que leur vie utile a pris fin ou qu'ils sont tombés en panne, demeurent souvent en orbite et ajoutent à la multitude des débris déjà présents dans l'espace. Ces systèmes tels qu'ils sont actuellement constituent une menace suffisamment préoccupante qui s'aggrave quand ils entrent en collision avec d'autres systèmes inertes ou encore actifs; c'est ce qui s'est produit en 2009 quand les satellites Iridium et Cosmos se sont heurtés et qu'ils ont ainsi engendré d'autres nuages de débris qui ont ensuite menacé l'environnement. Même conscients de ces menaces, les pays ont trouvé des moyens de compliquer encore plus la circulation en orbite en déployant des armes antisatellites (ASAT). La menace que celles-ci représentent va au-delà d'une attaque contre les systèmes visés : en effet, leur utilisation donnerait lieu à d'autres débris et à des conséquences pour tous les systèmes placés sur les orbites touchées.

Face à ces menaces, on est en train de constituer un corpus juridique axé sur des traités rédigés sous la gouverne des Nations Unies (ONU). Avec le temps, il est devenu évident que les lois ayant été élaborées sont vagues ou silencieuses sur des aspects clés tels que la militarisation de l'espace. Par conséquent, certains pays ont commencé à combler les lacunes en appliquant à l'espace des normes et des concepts internationaux existants, ou tout simplement en créant leur propre régime de sécurité dans l'espace. Les pays qui ne se dotent pas de leur propre orientation en la matière risquent d'être exclus du processus décisionnel lorsqu'il s'agira de définir dans l'avenir des normes et des lois qui régiront les opérations dans l'espace.

Le Canada dépend des ressources spatiales, et cela le place dans une position précaire si l'on songe aux menaces pesant sur ses opérations spatiales. L'économie et la sécurité de notre pays dépendent fondamentalement des systèmes spatiaux; par conséquent, le Canada devrait posséder une politique nationale pour garantir son accès à ce domaine vital. D'autres pays présents dans l'espace sont conscients des menaces et ont élaboré leur propre politique stratégique de sécurité à l'égard de l'espace, alors que le Canada ne l'a pas fait. Cela ne veut pas dire qu'aucun travail n'a été fait sur ce plan. Plusieurs ministères sont en train de dresser un programme spatial pour leurs domaines de responsabilité, mais il n'existe aucune ligne directrice ou politique pour unifier, façonner et synchroniser leurs efforts. Dans le présent document, nous comptons prouver qu'à l'heure actuelle, le Canada ne possède aucune politique stratégique sur l'espace pour défendre les systèmes qu'il y a déployés et qu'en l'absence de menace ou de crise immédiate, il n'est pas susceptible d'en élaborer une.

Dans le présent document, nous mettrons l'accent sur les systèmes spatiaux en orbite, et non sur le segment terrestre du dispositif spatial canadien. Bien qu'essentiel, ce dernier segment sera considéré comme étant protégé par des mesures physiques normalisées. Mentionnons ici les méthodes de sécurité ordinaires telles que l'érection de clôtures et le déploiement de policiers. Ici, nous nous préoccupons du fait qu'il n'existe aucune politique gouvernementale unique pour assurer la protection du segment spatial.

2. Les menaces

Introduction

L'exécution des opérations dans l'espace est extrêmement difficile en raison des lois de la physique s'appliquant aux satellites en orbite. Parallèlement, « en raison de son éloignement et de la difficulté d'y accéder, l'espace représente un sanctuaire relativement sûr pour les opérations mondiales »¹. Pour cette raison et vu les avantages qu'il y a à utiliser l'espace comme un point de déploiement pour divers systèmes, un certain nombre d'acteurs s'y intéressent. Tous ceux qui ont une présence dans l'espace doivent être prêts à faire face aux menaces qui s'y trouvent s'ils veulent en tirer des avantages. En ce qui concerne les opérations dans l'espace, les craintes sont fondées sur trois principales catégories de menaces pour les satellites. Quand ils sont en orbite, les « satellites sont vulnérables aux dangers naturels, aux accidents dus aux activités d'autres utilisateurs de l'espace et, peut-être aussi, à des interventions délibérées visant à procurer un avantage militaire stratégique ou tactique »². Dans la discussion qui suit sur les menaces, nous examinerons donc trois catégories de menaces : les menaces naturelles, les menaces passives d'origine humaine et les menaces actives d'origine humaine visant à neutraliser des systèmes spatiaux.

Les menaces naturelles

L'espace est un environnement hostile qu'il nous faut comprendre pour que l'utilisation des satellites soit efficace. Il est essentiel de comprendre les menaces naturelles présentes dans cet environnement et d'en atténuer les effets. Les paragraphes qui suivent offrent une explication de base sur les menaces grâce à des définitions simples et à quelques exemples. Avant d'aller plus loin, il convient de souligner que le présent document met l'accent sur les systèmes en orbite autour de la

1. Stephen James, « Space Is Becoming Crucial: We Need to Pick Up the Pace [the Canadian-American Defence Relationship: Where Next?] », *Policy Options*, vol. 23, no 3, avril 2002, p. 66.

2. Nancy Gallagher, *A Reassurance-based Approach to Space Security*, Ottawa, Affaires étrangères et Commerce international Canada, 2009, p. 7, http://www.international.gc.ca/arms-armes/assets/pdfs/a_reassurance_based_approach_to_space_security.pdf (consulté le 5 octobre 2012).

Terre et servant le Canada et sa population. Trois principales catégories d'orbites sont utilisées aux fins des opérations spatiales : les orbites terrestres basses (LEO), les orbites terrestres moyennes (MEO) et les orbites terrestres géosynchrones. Les orbites terrestres basses vont jusqu'à 3 100 milles marins [5 741 kilomètres] au-dessus de la surface de la Terre et servent en général aux systèmes de navigation et d'observation de la Terre. Les orbites terrestres moyennes, définies tout simplement comme étant situées entre les autres orbites, sont idéales pour des applications telles que la navigation. Les orbites terrestres géosynchrones se trouvent à 22 300 milles marins [41 300 kilomètres] de la surface de la Terre et offrent une période de 24 heures faisant en sorte que les satellites semblent être immobiles par rapport à l'équateur terrestre. Les orbites terrestres géosynchrones sont utilisées pour les communications et les alertes en cas d'attaque par missiles³. Bien qu'elles permettent avantageusement d'assurer certains services, toutes ces orbites exposent aussi les systèmes à un certain nombre de menaces naturelles.

On ne songe généralement pas aux aspects naturels de l'espace quand on pense au vide spatial. Or, c'est quelque chose dont doit tenir compte tout pays qui mène n'importe quelle sorte d'opérations dans l'espace. Ces aspects comprennent la température, les rayonnements, le vent solaire et les météorites. Un satellite doit pouvoir résister à des températures allant de 200 à 350 degrés Kelvin (de -73 à +77 degrés Celsius) dans le cours des opérations. Les satellites en orbite doivent pouvoir résister à ces températures extrêmes et fonctionner malgré elles pendant toute leur durée de vie. Les systèmes doivent aussi pouvoir encaisser un barrage constant de rayonnements électromagnétiques prenant la forme de la lumière visible, de rayons ultraviolets et X, de rayons infrarouges, d'ondes radioélectriques et d'autres rayons du spectre électromagnétique. Le vent solaire, qui est un flux de particules de haute énergie engendré par le soleil, peut lui aussi avoir des effets sensibles sur les systèmes électroniques des satellites. Sa densité et sa vitesse dépendent de l'intensité de l'activité solaire (éruptions et taches solaires). Enfin, la menace que représentent les météorites et les débris spatiaux naturels préoccupe toujours quiconque mène des activités dans l'espace. Les collisions risquent d'avoir des effets graves sur l'intégrité physique et le fonctionnement des systèmes⁴. Chacune de ces menaces peut influencer sur les opérations dans l'espace.

Ces menaces naturelles vont de pair avec le travail dans l'espace. Tous les intervenants dans l'espace devront prendre leurs effets en compte, comme le Canada le sait très bien. En 1994, l'activité solaire a crû et désemparé les satellites de communications canadiens Anik E1 et E2. Les commandes de vol ont été endommagées, mais les techniciens ont finalement pu reprendre la maîtrise des satellites⁵. Anik E1 et E2 constituaient un volet important de l'infrastructure des télécommunications du Canada, et des systèmes de remplacement auraient été coûteux, car il aurait fallu recourir à des services de rechange et à de nouveaux satellites. Après avoir pris conscience des menaces naturelles inhérentes à l'espace même, il importe maintenant d'examiner l'effet des activités humaines sur l'environnement spatial. Penchons-nous tout d'abord sur la question des débris. Par suite des effets naturels sur les systèmes artificiels « assujettis à l'influence des rayons ultraviolets extrêmes et à l'impact des atomes d'oxygène et des micro-particules, les surfaces des objets spatiaux commencent à s'éroder »⁶. Ces effets naturels ne représentent que le tout premier aspect du problème des débris.

3. Steven R. Petersen, *Space Control and the Role of Antisatellite Weapons*, Maxwell Air Force Base Alabama, Air University Press, 1991, p. 1.

4. École d'études aérospatiales des Forces canadiennes, *Space Indoctrination Handbook 5th Ed.* Winnipeg, École d'études aérospatiales des Forces canadiennes, 1996, p. 1-2/3.

5. James Fergusson et Stephen James, *Report on Canada, National Security and Outer Space*, Calgary, Institut canadien de la défense et des affaires étrangères, 2007, p. 69.

6. Agence spatiale européenne, « Space Debris Environment », http://www.esa.int/SPECIALS/Space_Debris/SEMQQ8VXP0.html (consulté le 11 octobre 2012).

Les menaces passives d'origine humaine

Au-delà des menaces naturelles présentes dans l'espace même, il faut considérer d'autres éléments dus aux opérations spatiales proprement dites. Plus précisément, les vestiges d'activités antérieures constituent un danger grandissant et coûteux pour les opérations actuelles et à venir. Qu'il s'agisse de corps de fusée, de satellites ayant cessé de fonctionner ou des débris connexes, ces éléments mettent désormais en péril toutes les activités dans l'espace; c'est là un danger qui empire et qui découle du lancement des systèmes spatiaux.

Les données publiées par l'Agence spatiale européenne montrent l'évolution du problème des débris dans l'espace au cours des 50 dernières années. Environ 6 000 satellites ont été mis en orbite, mais seulement 800 fonctionnent encore, la majorité des satellites inertes demeurant toutefois en orbite. Les satellites actifs représentent 8 p. 100 de tous les objets dont on suit le déplacement. Proportionnellement, 36 p. 100 de ces objets sont des satellites hors d'usage, des fusées vides et d'autres éléments ayant servi à des missions. Les autres objets (56 p. 100) sont issus de collisions et d'explosions survenues en orbite⁷. Il convient de souligner que ces statistiques concernent les objets dont la taille permet de les suivre avec les technologies actuelles. Chaque action dans l'espace s'est accompagnée de la production d'un nombre incalculable d'objets plus petits qui constituent toujours un danger. Pour situer les choses en perspective, disons que « même un éclat de peinture filant à une vitesse orbitale peut fissurer le pare-brise de la navette spatiale »⁸. Le problème ne fait que s'aggraver à mesure que les opérations se poursuivent.

Plus il y aura d'opérations dans l'espace, plus il y aura de débris. Ce n'est là qu'un des facteurs qui contribuent à l'accroissement du nombre d'objets en orbite. À mesure que ce nombre grandit, les chances que se produise une collision qui créera en fin de compte d'autres débris, même plus petits, augmentent elles aussi. Cette multiplication des débris fait ensuite croître la probabilité d'autres collisions entre les débris existants. En fait, « la NASA [National Aeronautics and Space Administration] a montré que, sur les orbites terrestres basses, les collisions entre débris deviendront la principale source d'autres débris au cours des 50 prochaines années »⁹. Si ce phénomène se poursuit sans que l'on y fasse quelque chose, l'accès à l'espace sera compromis¹⁰. En pareille situation, toutes les ressources spatiales et les pays qu'elles soutiennent en souffriraient. Afin d'illustrer la facilité avec laquelle cela pourrait se produire, mentionnons ici que plusieurs satellites complets sont entrés en collision dans le passé.

Le 10 février 2009, par exemple, une collision a eu lieu entre le satellite de communications Iridium 33 des États-Unis (É.-U.) et le satellite de communications russe désactivé COSMOS 2251. L'impact a transformé deux objets spatiaux stables en des nuages de débris dont le nombre, établi en mars 2009, se situait à quelque 823, et ce chiffre continue de croître¹¹. L'accident, qui a été important pour les deux pays concernés, est maintenant une source de préoccupations pour tous les pays exploitant des systèmes sur les orbites connexes. Cet exemple illustre simplement à quel point le problème des débris peut rapidement échapper à tout contrôle. Chacun des nouveaux objets risque, si l'on n'en suit pas la course, de créer d'autres débris s'il en heurte d'autres. Des évaluations faites aux É.-U. révèlent que les débris issus de ce seul incident menaceront les opérations pendant des

7. *Ibid.*

8. Robert L. Hotz, « Harmless Debris on Earth is Devastating in Orbit », <http://online.wsj.com/article/SB123568403874486701.html#printMode> (consulté le 11 octobre 2012).

9. Jessica West, sous la dir. de, *Space Security 2009*, Kitchener (Ontario), Pandora Press, 2009, p. 27.

10. *Ibid.*

11. National Aeronautics and Space Administration, « Satellite Collision Leaves Significant Debris Clouds », *Orbital Debris Quarterly News*, vol. 13, numéro 2, avril 2009, p. 1, <http://www.orbitaldebris.jsc.nasa.gov/newsletter/pdfs/ODQNv13i2.pdf> (consulté le 11 octobre 2012).

décennies. Il s'est agi d'un accident, et ce n'était que la quatrième collision connue entre deux objets spatiaux catalogués¹². Il annonce cependant les problèmes possibles dans l'avenir.

Sur le plan positif, cet accident et d'autres comme lui ont accru la compréhension des menaces que représentent les collisions et les débris dans l'espace. Cela a mis davantage en exergue l'importance de surveiller les objets spatiaux pour faire en sorte que l'on en suive la course et que les collisions éventuelles soient repérées d'avance. Par suite de la collision entre les satellites Iridium et COSMOS, le US Joint Space Operations Center « fait maintenant des évaluations parallèles à l'égard de tous les vaisseaux spatiaux opérationnels en orbite autour de la Terre, peu importe le pays qui les possède »¹³. Pareille mesure atteste une compréhension plus sérieuse du problème des débris. Ce qui suscite les préoccupations, c'est que l'espace « est occupé par un nombre grandissant de nouveaux propriétaires ou de satellites inertes ou sur le point de cesser de fonctionner; en outre, personne ne se soucie d'enrayer le problème, au point qu'il risque de devenir ingérable »¹⁴. La solution actuelle semble résider dans la coopération si l'on veut gérer ces menaces passives d'origine humaine, car il n'existe aucune frontière nationale sur les orbites terrestres. L'action (ou l'inaction) d'un pays peut avoir des conséquences pour tous les autres.

Les menaces actives d'origine humaine

La menace active pour les opérations spatiales est différente, mais seulement pour ce qui est de l'intention. Il y a bien sûr l'effet sur le système visé, mais tout comme dans le cas des collisions dont nous venons de parler, les conséquences pourraient être bien plus vastes et toucher tous les usagers de l'espace. Le problème clé allant de pair avec l'idée de neutraliser des systèmes spatiaux se résume encore une fois à la question des débris. La destruction d'un seul système risquerait d'engendrer les mêmes périls dans l'espace qu'une collision entre deux satellites. Dans ce contexte, il s'agit maintenant d'étudier le concept des systèmes ASAT, leur utilité véritable et les répercussions possibles de leur utilisation.

Nous emploierons ici le sigle « ASAT » pour décrire les systèmes servant à endommager ou à paralyser des systèmes orbitaux. Ces armes se divisent en trois grandes catégories : les armes cinétiques, les armes à énergie dirigée et les armes électromagnétiques ou à rayonnements. Les engins cinétiques visent à détruire la cible en la frappant avec une force suffisante. Comme il s'agit là essentiellement d'une collision dans l'espace, de tels systèmes peuvent engendrer un nombre important de débris en détruisant la cible. Les armes à énergie dirigée font appel à une lumière très intense (laser) ou à des fréquences radio pour aveugler ou endommager physiquement un satellite. Enfin, les armes électromagnétiques créent des rayons ou des impulsions électromagnétiques pour détruire les dispositifs électroniques non protégés¹⁵. Mis à part l'effet immédiat sur les appareils électroniques, ces derniers engins, qui causent aussi ce que l'on appelle une explosion nucléaire à haute altitude (HAND), laissent des rayonnements durables qui continuent d'avoir un effet sur d'autres systèmes, après l'attaque originale¹⁶. Dans chaque cas, ces systèmes créent des débris ou influent d'autres façons sur les opérations spatiales ultérieures. Même quand les effets ne sont pas fragmentaires, un satellite désemparé constitue une menace aussi grande que celle que le véhicule COSMOS 2251 était pour le satellite Iridium 33.

12. *Ibid.*, p. 2.

13. Leonard David, « Space Junk Getting Messier in Orbit », <http://www.space.com/missionlaunches/space-debris-getting-messier-100223.html> (consulté le 11 octobre 2012).

14. J. Vernikos, « Space Assets Under Attack », *Defense & Foreign Affairs Strategic Policy*, vol. 37, no 3, 2009, p. 12.

15. Michel Bourbonnière, *LOAC and the Neutralization of Satellites or IUS in Bello Satellitis*, Ottawa, Affaires étrangères et Commerce international Canada, 2003, p. 15.

16. West, p. 142.

Les É.-U. et la Russie sont conscients de ces réalités. Comme ces pays « souhaitent tous deux protéger leurs systèmes militaires respectifs dans l'espace, ils ont décidé de mettre au point des systèmes antisatellites coûteux et ultra-modernes pour limiter les dommages que pourraient subir d'autres satellites¹⁷ ». Ce faisant, ils ont montré la voie à suivre dans le domaine des technologies ASAT qui restreignent l'étendue des effets. Il demeure cependant qu'ils ont les moyens de neutraliser un satellite si cela devient nécessaire. Partant, d'autres pays sentiront peut-être le besoin d'acquérir une capacité comparable; c'est ainsi que, récemment, la Chine a exécuté des essais avec des systèmes ASAT. Le 11 janvier 2007, elle a lancé un tel engin contre un de ses vieux satellites¹⁸. En montrant qu'elle possédait une capacité ASAT, la Chine a aussi mis en exergue la principale préoccupation relative à de tels systèmes. « La prise à partie du Feny-Yun IC chinois ... a, à elle seule, fait croître de 25 p. 100 le nombre d'objets détectables dans l'espace »¹⁹. Par une seule intervention, la Chine a grandement augmenté les risques de collisions inter-débris en ajoutant un nuage de 300 000 éléments qui ont pollué des « orbites aussi basses que 200 kilomètres (124 milles) et aussi hautes que 3 800 km (2 360) milles²⁰. Cette nuée de débris aura des effets pendant des années, et les autorités chinoises ont commencé à reconnaître qu'elle pourrait menacer leurs propres activités.

Au lendemain de la collision entre les satellites COSMOS et Iridium, la Chine s'inquiétait des effets des débris. « Les autorités chinoises craignent que les nouveaux débris ne heurtent leurs satellites météorologiques et de surveillance maritime, circulant non loin de là. Au moins 17 satellites de communications commerciaux traversent directement le centre même du nuage de débris ...²¹ » Cette prise de conscience se produit au moment où la Chine mise davantage sur les effets spatiaux pour assurer tant sa sécurité que pour sa prospérité. En ce qui concerne les menaces pour les opérations des satellites, les craintes au sujet de pays tels que la Chine ne sont sans doute pas justifiées. La véritable menace vient de pays qui comptent peu sur les opérations dans l'espace ou qui ne s'en préoccupent guère. Théoriquement, « si un État se fiche des dommages collatéraux et qu'il peut lancer une charge utile ou une arme, en particulier une arme nucléaire, contre un objectif situé à des milliers de kilomètres de son territoire, il peut aussi s'attaquer à des satellites »²². À mesure que le coût de l'accès à l'espace diminue et que les obstacles technologiques à cet égard sont abaissés, la menace risque de devenir moins prévisible. Cela dit, « on n'a jamais signalé de cas où des engins ASAT avaient été utilisés au cours d'un conflit international. Quoi qu'il en soit, la technologie ASAT a été mise à l'essai.²³ » Si un pays se sent suffisamment menacé, même un pays qui comprend les effets, « il risque d'y avoir un conflit entre la durabilité de l'environnement spatial et la sécurité contre les menaces posées par des objets dans l'espace »²⁴.

Résumé

L'espace est un environnement impitoyable qui pose des défis sans pareils à quiconque veut y utiliser des satellites. L'activité humaine dans l'espace accentue les difficultés encore plus. Quiconque veut exécuter des opérations dans l'espace doit prendre ces aspects en considération. Qu'il s'agisse d'affronter les effets du vent solaire, des rayonnements ou des météorites, il importe de préparer les systèmes spatiaux en conséquence. La principale difficulté qui gêne les systèmes en orbite réside

17. James Fergusson, « Out of Sight, Out of Mind: Canada, Outer Space & National Security », *Fraser Forum*, mai 2004, p. 16.

18. A. Frey, « Defense of US Space Assets: A Legal Perspective », *Air & Space Power Journal*, vol. 22, n° 4, hiver 2008, p. 76.

19. Agence spatiale européenne.

20. Frey, p. 78.

21. Hotz.

22. Fergusson, « Out of Sight », p. 16.

23. Bourbonnière, p. 14.

24. West, p. 31.

dans la quantité grandissante de débris issus des missions spatiales elles-mêmes. « Qu'ils soient inertes ou actifs, ces satellites en orbite, ou les débris qui en proviennent, présentent un danger pour les autres vaisseaux spatiaux...²⁵ » Quiconque exploite un satellite doit être conscient des menaces existantes pour les systèmes spatiaux et pouvoir y faire face. Il importe aussi de songer à l'effet que les sous-produits des systèmes d'aujourd'hui auront sur les besoins des générations à venir quand elles voudront utiliser l'espace. Ce raisonnement nous amène aussi à nous interroger sur l'incidence que les activités de sécurité dans l'espace pourraient avoir sur l'environnement orbital. L'essai d'un système ASAT par la Chine et la collision entre les satellites Iridium et COSMOS ont clairement montré l'effet qu'un seul incident risque d'avoir pour tous les intervenants dans l'environnement spatial. Reste à savoir quelle partie de cet environnement nous sommes prêts à sacrifier dans l'avenir pour garantir notre sécurité aujourd'hui. C'est là une question à laquelle réfléchissent divers pays, individuellement et collectivement.

3. Le contexte international

Introduction

L'espace est une ressource appartenant à l'ensemble de la planète, de sorte qu'il n'est le bien d'aucun pays en particulier. Comme il s'agit d'un environnement partagé, il importe que les pays en viennent à s'entendre sur la façon d'y fonctionner. En théorie, pareille entente permet aux intervenants dans l'espace d'y atteindre leurs objectifs, sans gêner les activités d'un autre et sans que celles-ci gênent les leurs. Le droit international moderne, dans la mesure où il s'applique à l'espace, est coordonné par l'intermédiaire du Bureau des affaires spatiales des Nations Unies (UNOOSA). Aux fins de la présente discussion, il importe de comprendre le cadre international, ses origines et ses limites afin de bien saisir les implications pour le Canada. Il convient de souligner que nous mettrons ici l'accent sur l'État-nation. Le corpus juridique international qui existe aujourd'hui oblige l'État-nation à répondre de ses actes dans l'espace. Il est entendu que cela pourrait changer en fonction de l'évolution du rôle des organisations comme l'Union européenne (UE) et des intérêts commerciaux dans l'espace²⁶. Après avoir passé le droit international en revue, nous examinerons les activités de quelques utilisateurs bien connus ou nouveaux de l'espace, en particulier les États-Unis, la Russie et la Chine.

Le droit international

Le droit spatial international repose sur une série de traités administrés sous la gouverne de l'ONU et il constitue actuellement le seul régime juridique international en ce qui concerne l'espace. L'instrument fondamental est le Traité de 1967 sur l'espace extra-atmosphérique (TEEA), car il a défini les concepts clés de l'exploration spatiale. Les principes primordiaux énoncés dans le Traité stipulent que l'espace est l'apanage de l'humanité tout entière et qu'il « ne peut faire l'objet d'appropriation nationale »²⁷. Par ailleurs, le TEEA interdit expressément le déploiement d'armes de destruction massive (ADM) dans l'espace. Ultérieurement, des traités et des déclarations de principes sont venus compléter les idées fondamentales formulées dans le TEEA²⁸ : ce sont l'Accord sur le sauvetage des astronautes, la Convention sur la responsabilité, la Convention sur l'immatriculation et l'Accord sur la Lune.

25. Vernikos, p. 12.

26. Le droit international de l'espace oblige chaque État à répondre de ses actions et de leurs incidences sur d'autres pays. Ce cadre devra peut-être évoluer en fonction des intérêts commerciaux. L'entreprise Virgin Galactic, membre du groupe Virgin, vend des vols suborbitaux, de sorte que son entrée en scène dans le domaine spatial marque sans doute le début d'un contexte juridique sensiblement plus complexe.

27. Brian MacDonald, (sous la dir. de), *Space Strategy: Three Dimensions*, Toronto, Canadian Institute of Strategic Studies, 1989, p. 95.

28. *Ibid.*

L'Accord sur le sauvetage des astronautes (1968) oblige les pays signataires à faire savoir quand des astronautes et des vaisseaux spatiaux sont en détresse et à fournir leur aide pour leur porter secours. Il contient aussi des dispositions sur le retour des engins spatiaux et du personnel des vaisseaux à leur pays d'origine²⁹. La Convention de 1972 sur la responsabilité s'inscrit dans le prolongement du TEEA et de l'Accord sur le sauvetage des astronautes, en mettant l'accent sur la responsabilité pour les dommages causés par des objets spatiaux. La convention rend l'État de lancement responsable des dommages causés « aux personnes ou aux biens se trouvant dans l'atmosphère »³⁰. Fait intéressant, le Canada n'a pas accepté que la Convention ne prévoise aucun arbitrage exécutoire et il s'est donc abstenu de la signer. En 1975, il y a adhéré en précisant qu'en fin de compte, la Convention marquait le franchissement d'un pas dans la bonne direction³¹. Ensuite, la Convention de 1974 sur l'immatriculation obligeait les pays à fournir à l'ONU des détails sur tout objet mis sur orbite terrestre ou lancé dans l'espace. Ces détails seraient ensuite versés dans les dossiers conservés par l'ONU³². C'est là, de toute évidence, un prolongement de la Convention sur la responsabilité, car il serait difficile de faire valoir celle-ci sans un document fourni par l'État de lancement. Le dernier document est l'Accord sur la Lune, qui a tenté de définir un cadre juridique au sujet de l'utilisation de la Lune et de ses ressources. Malheureusement, le libellé du traité est si large qu'il engendre l'« ambiguïté au sujet du droit et des obligations des États et n'établit aucune règle en bonne et due forme »³³. En mars 2010, seuls quatre États avaient signé le traité, et il y avait par ailleurs 13 autres parties au traité³⁴. La France mise à part, les pays en question sont des intervenants mineurs dans l'espace. Quant au Canada, il est partie à quatre des cinq traités.

Le seul traité auquel le Canada n'est pas partie est l'Accord sur la Lune; il en est ainsi pour les raisons exposées plus haut. En ratifiant ces traités ou en y adhérant, le Canada a défini sa politique nationale fondamentale relativement à l'espace. Pour ce qui est précisément de la défense des systèmes spatiaux, le document clé demeure pour le Canada le TEEA, mais celui-ci est limité. Depuis la signature du TEEA, une « norme puissante » a été adoptée par la collectivité internationale contre le déploiement d'armes dans l'espace. Presque chaque année, une résolution en ce sens est adoptée à l'unanimité par l'Assemblée générale des Nations Unies, mais quelques pays tels que les É.-U. s'abstiennent de voter³⁵. Le problème tient au fait que le TEEA lui-même n'a pas une portée aussi grande que les résolutions. « À l'heure actuelle, la seule restriction juridique contre le déploiement d'armes dans l'espace est [que] ... le TEEA interdit la présence d'armes de destruction massive dans l'espace, sur la Lune ou sur d'autres corps célestes...; [cependant] il n'interdit pas les systèmes d'armes qui sont en cours de mise au point ... »³⁶. Le TEEA est un produit de l'époque où il a été rédigé.

Le TEEA a été élaboré pendant la guerre froide; à cette époque, deux superpuissances munies d'importants programmes spatiaux se souciaient suffisamment de la dissuasion mutuelle et du maintien d'un équilibre stratégique³⁷. Le TEEA reflétait donc les compromis nécessaires dans un

29. *Ibid.*, p. 96.

30. James Fergusson et Stephen James, *Appréciation de l'espace 2000*, Ottawa, Direction du développement de l'espace, Quartier général de la Défense nationale, 2000, F-7.

31. Brian MacDonald, p. 97.

32. Fergusson et James, *Appréciation de l'espace 2000*, F-7.

33. Brian MacDonald, p. 99.

34. Bureau des affaires spatiales des Nations Unies, « OOSA Treaty Database », <http://www.oosa.unvienna.org/oosatdb/showTreatySignatures.do> (consulté le 11 octobre 2012).

35. Jonathan Dean, « Defenses in Space: Treaty Issues », voir *Future Security in Space: Commercial, Military, and Arms Control Trade-Offs*, (sous la dir. de) James Clay Moltz, Monterey (CA), Center for Nonproliferation Studies, Monterey Institute of International Studies, 2002, p. 5.

36. Paul Webster, « The Ultimate High Ground: The US is Weaponizing Space. Canada is Firmly Opposed ... But Not Necessarily », *The Walrus*, vol. 1, n° 5, juin 2004, p. 54. <http://walrusmagazine.com/articles/2004.06--weapon-in-space/3/> (consulté le 11 octobre 2012).

37. Gallagher, p. 15-16.

tel contexte. Ces réalités faisaient du Traité un document efficace à l'époque, mais il ne contient pas les directives qui s'imposent aujourd'hui. Le 13 juin 2002, les É.-U. se sont retirés du Traité sur les missiles antimissiles balistiques (ABM) qu'ils avaient conclu avec la Russie, ce qui a compliqué la question de la présence d'armes dans l'espace. Avec l'annulation de ce traité, il n'y en a plus aucun interdisant expressément le déploiement d'armes dans l'espace, sauf les ADM mentionnées dans le TEEA³⁸. Faute d'un droit international bien défini en la matière, le concept des armes spatiales et de la défense contre elles est examiné à la lumière des régimes existants.

L'espace constitue une ressource à la fois nationale et internationale, car aucun pays ne le possède, mais nombreux sont ceux qui en reconnaissent la valeur stratégique. Si nous songeons aux régimes internationaux existants comparables, ceux du Droit de la mer et du Droit des conflits armés (DCA) sont les plus pertinents. L'espace orbital n'est pas une destination des satellites, mais plutôt un milieu où ils circulent. Par définition, une orbite est la trajectoire d'un corps en mouvement. C'est un environnement fluide, contrairement à l'Antarctique ou aux fonds marins, qui sont statiques. Cela se rapproche bien des concepts inclus dans le Droit de la mer et, en particulier, dans celui de la haute mer : personne ne la possède, les navires y demeurent souverains, et la responsabilité des actes posés par des intérêts privés ou commerciaux y incombe à l'État de lancement³⁹. Ces notions se retrouvent dans le TEEA; cependant, il n'existe actuellement aucun fondement pour le droit au passage sécuritaire ou le droit à l'auto-défense⁴⁰. Ces idées découlent peut-être d'un prolongement des concepts existants dans le DCA. Au-delà des lois de la physique, un acte d'agression commis dans l'espace ne se définit tout simplement pas autrement que par ce mot.

Le DCA donne une idée de ce que seraient les pratiques acceptables en cas de conflit dans l'espace. Selon certains, si le DCA était appliqué, il autoriserait une attaque contre des systèmes spatiaux militaires si « l'avantage militaire ainsi acquis l'emportait sur les dommages collatéraux »⁴¹. D'après un tel raisonnement, le concept des systèmes ambivalents devient une source d'inquiétude⁴². Il s'agit là de systèmes pouvant servir à des fins tant civiles que militaires. Par exemple, certains systèmes d'observation de la Terre et de communications assurent un service au public, mais ils peuvent aussi servir à procurer un avantage militaire au pays qui les possède. Le concept de l'utilisation ambivalente pourrait faire de ces systèmes des cibles légitimes aux termes du DCA. Si tel est le cas, tous les pays devront peut-être considérer ces systèmes comme étant des cibles éventuelles et agir en conséquence. À mesure que les lois et les coutumes internationales évoluent, un certain nombre de pays élaborent leur propre régime au sujet de l'espace. Leurs activités ont d'importantes conséquences pour la sécurité dans l'espace.

Les régimes nationaux

Dans les paragraphes qui suivent, nous examinerons les activités d'un certain nombre de pays présents dans l'espace pour illustrer la complexité grandissante du dossier de la sécurité dans cet environnement. Notre intention est de cerner brièvement en quoi consiste l'activité de ces pays dans ce domaine et leur point de vue sur la façon de garantir leur droit à l'espace. Dans n'importe quelle discussion de ce genre, nous pouvons esquisser, en commençant par l'acteur principal, un tableau global du domaine et définir le contexte des actions d'autres acteurs. Pour ce qui est des dépenses, le budget des É.-U. réservé à l'espace équivalait à 75 p. 100 de tous les crédits publics (et non commerciaux)

38. Dean, p. 4.

39. Fergusson et James, *Appréciation de l'espace 2000*, F-5-F-6.

40. Gallagher, p. 20.

41. *Ibid.*

42. *Ibid.*

du monde dans ce domaine, en 2008⁴³. Étant donné cet investissement disproportionné, les É.-U. représentent le tout premier pays dont il convient d'examiner les opérations spatiales et les concepts de sécurité dans l'espace.

Les États-Unis

Les É.-U. ont admis qu'ils misent beaucoup sur les systèmes spatiaux et ils sont bien conscients des menaces existantes. Sur le plan économique, ils perçoivent l'espace comme étant un atout essentiel à leur fonctionnement. Ce constat résulte de problèmes techniques qui ont démontré à quel point le pays dépend de l'espace. Dans un cas survenu en 1996, une erreur a été transmise par un seul satellite de positionnement mondial (GPS) pendant seulement six secondes. Il en est résulté une panne de plus de 100 réseaux cellulaires dans l'Est des États-Unis. En 1998, la perte d'un seul satellite a privé les pagettes, les banques et les bureaux de presse de la capacité d'envoyer des données⁴⁴. D'un point de vue militaire, les É.-U. savent qu'une « dégradation grave ou la perte de systèmes spatiaux de communications et de renseignement auraient des effets considérables et grandissants sur les ressources et les opérations américaines à l'échelle mondiale, ce qui fait de la prévention d'une telle éventualité une priorité encore plus pressante »⁴⁵. Afin de protéger davantage les intérêts américains, la Politique spatiale nationale de 2006 définit l'opposition américaine à « tout nouveau régime juridique ou autre qui limiterait l'accès des É.-U. à l'espace ou son utilisation par eux... »⁴⁶. Comprenant la nécessité d'être prêtes à intervenir, les forces armées américaines ont élaboré des concepts fondamentaux qui traduisent les principes déterminants régissant les opérations militaires dans l'espace. Ces principes incluent la sécurité spatiale dans le champ d'application des concepts juridiques internationaux.

Deux concepts doctrinaux sont devenus fondamentaux dans la discussion sur la puissance spatiale aux É.-U. Il s'agit de la connaissance de la situation dans l'espace (CSE) et du contrôle de l'espace. La première se rapporte à la surveillance de l'espace pour se faire une idée complète « des objets, des activités et de l'environnement », de manière à procurer aux commandants les fondements de leur planification⁴⁷. Au cœur de la CSE, il y a la nécessité pour les commandants de comprendre l'espace de combat avant de passer à l'action⁴⁸. Grâce à la CSE et à la capacité d'agir, il est possible d'acquérir le contrôle de l'espace, c'est-à-dire de mener « les opérations voulues pour garantir aux États-Unis et à leurs alliés la liberté d'action dans l'espace et, quand cela s'impose, de priver leur adversaire de cette liberté d'action »⁴⁹. Cette notion de maîtrise de l'espace découle du concept naval du contrôle de l'espace maritime, l'objectif poursuivi étant le même dans les deux cas. « Tout comme les États-Unis, avec le concours de leurs alliés, défendent les lignes de communications maritimes pour favoriser la liberté de transit en haute mer, ils peuvent jouer le même rôle en défendant les lignes

43. Wolfgang Rathgeber, *Space Policies, Issues and Trends in 2008/2009*, Vienne (Autriche), ESPI European Space Policy Institute, 2009, p. 14.

44. Peter L. Hays, « Military Space Cooperation: Opportunities and Challenges », voir *Future Security in Space: Commercial, Military, and Arms Control Trade-Offs*, (sous la dir. de) James Clay Moltz, p. 32-43, Monterey (CA), Center for Nonproliferation Studies, Monterey Institute of International Studies, 2002, p. 39-40.

45. Lincoln P. Bloomfield Jr., « A Space Doctrine for Soldier, Scientist, and Citizen: What It Will Take to Secure the Space Domain », *High Frontier: The Journal for Space & Missile Professionals*, vol. 5, n° 4, août 2009, p. 18.

46. Gallagher, p. 12.

47. Département de la Défense des États-Unis, *Air Force Doctrine Document 2-2.1 Counterspace Operations*, Washington (DC), United States Air Force, 2004, p. 54.

48. « On s'attend à ce que le satellite Sapphire canadien de surveillance accroisse la capacité de suivre les satellites en orbite géostationnaire; ce satellite fournira des données au Réseau de surveillance spatiale des É.-U. Ceux-ci décrivent cette capacité comme étant la connaissance de la situation spatiale qui, à leurs yeux, a acquis une plus grande importance après que les Chinois eurent intercepté un de leurs satellites dans l'espace en 2007. Les pays membres de l'Union européenne (UE) ont déjà évoqué la possibilité de mettre au point un système indépendant de surveillance de l'espace qui ferait fond sur les capacités nationales existantes de quelques membres de l'Union. » West, p. 127.

49. Département de la Défense des États-Unis, *Air Force Doctrine Document 2-2.1*, p. 54.

d'information dans l'espace et protéger la liberté de transit en orbite⁵⁰. » Ce concept du contrôle de l'espace a aussi stimulé la mise au point de capacités nouvelles.

Les É.-U. dépensent des fonds considérables par rapport au reste du monde et mettent au point d'importantes capacités spatiales nouvelles. Un certain nombre des systèmes expérimentaux pourraient être considérés comme étant des armes spatiales. Hormis les crédits affectés à la défense antimissiles, le budget de 2009 prévoyait des fonds pour les satellites manœuvrables, les opérations de proximité, la CSE localisée ainsi que la recherche-développement sur des lasers à haute énergie⁵¹. Ces systèmes sont censés contribuer à la défense des États-Unis et de leurs alliés, mais ils risquent d'avoir l'effet opposé. On craint en effet que les É.-U. continuent à sous-évaluer la réaction d'autres pays, y compris des alliés clés, face à leurs actions. Cette crainte existe même quand les conseillers juridiques américains estiment que les mesures adoptées sont autorisées aux termes des lois actuelles sur l'espace⁵². Plus précisément, face aux « efforts que les É.-U. déploient pour parvenir à la dominance spatiale complète », d'autres pays, y compris la Russie et la Chine, ne garantiront pas qu'ils ne s'en prendront pas à des satellites « à moins que les É.-U. ne s'engagent formellement » à expliquer comment ils utiliseront leurs forces spatiales⁵³. La domination américaine risque d'amorcer une spirale de méfiance classique.

La Russie

Pendant la guerre froide, les É.-U. et l'ancienne Union soviétique possédaient des capacités militaires spatiales semblables. Avec l'effondrement de l'URSS, la Russie a pris du retard sur les É.-U., mais elle demeure une importante puissance spatiale⁵⁴. Au chapitre des satellites militaires, elle ne le cède qu'aux É.-U. et elle met l'accent sur les capacités stratégiques plutôt que sur le soutien des opérations tactiques⁵⁵. En outre, elle a conservé des capacités de lancement considérables et elle se classe au premier rang mondial pour ce qui est du nombre total de mises en orbite⁵⁶. Ces ressources et ces capacités, conjuguées aux partenariats internationaux qu'elle a conclus, par exemple le partenariat Union européenne-Russie « sur la mise au point et les utilisations des lanceurs »⁵⁷, lui ont garanti un rôle en tant qu'acteur dominant nourrissant un intérêt marqué pour l'évolution du régime spatial international.

Comme la Russie continue de s'intéresser à l'espace et qu'elle y reconnaît la domination des É.-U., elle travaille sur le plan diplomatique pour garantir sa sécurité. Signalons en particulier le traité qu'elle a proposé avec la Chine sur la prévention du placement d'armes dans l'espace extra-atmosphérique, sur la menace de l'utilisation de la force ou sur le recours à celle-ci contre des objets dans cet environnement (PPWT). Le traité en question irait jusqu'à interdire « tout genre d'acte hostile qui gênerait le fonctionnement normal d'un objet spatial »⁵⁸. De par son titre même, cette proposition remet directement en question les concepts et les systèmes envisagés par les É.-U., systèmes qui, selon la Russie et la Chine, auraient un effet « très déstabilisateur »⁵⁹. Bien que la Russie dispose d'une puissance militaire importante dans l'espace, elle perçoit en partie sa sécurité comme reposant sur des entités et des instruments internationaux.

50. Fergusson et James, *Report on Canada*, p. 40.

51. Rathgeber, p. 42.

52. Bloomfield, p. 17.

53. Gallagher, p. 12.

54. West, p. 104.

55. *Ibid.*, p. 108.

56. Rathgeber, p. 53.

57. West, p. 75.

58. Gallagher, p. 10.

59. *Ibid.*, p. 11.

La République populaire de Chine

La politique officielle de la République populaire de Chine (RPC) en ce qui concerne l'espace affirme que les activités y étant menées et les technologies s'y rapportant doivent « avoir des fins exclusivement pacifiques »⁶⁰. Bien sûr, cette orientation de son programme spatial ne nie pas l'importance militaire de l'espace. En 2009, la Chine a publié un livre blanc sur la modernisation de ses forces armées et elle y a décrit l'orientation de ses activités militaires dans l'espace. Elle emploie l'expression « défense active » pour définir le cœur de sa stratégie spatiale militaire; son intention est de garantir la sécurité « spatiale et électromagnétique » du pays. Parallèlement, le livre blanc précise bien que le régime spatial international actuel axé sur le TEEA est insuffisant et il traduit l'idée que la République populaire de Chine appuie le PPWT⁶¹. En définitive, la Chine favorise le PPWT pour sa propre sécurité et non pour protéger l'environnement spatial. En ce qui concerne sa position favorable au traité, il convient de souligner que, dans sa version actuelle, ce dernier n'interdit pas « l'essai ou la possession d'armes ASAT productrices de débris » autres que celles basées dans l'espace⁶². Où cela situe-t-il la Chine pour ce qui est de la sécurité dans l'espace?

Comme nous l'avons montré plus haut, la Chine comprend les dangers que les débris représentent pour les opérations spatiales, mais elle demeure disposée à mettre à l'essai des systèmes ASAT qui engendrent d'importantes quantités de débris. La Chine souscrit à l'idée de démilitariser l'espace, mais parallèlement, le PPWT proposé n'interdit pas les systèmes ASAT basés au sol. Le programme spatial chinois est défini comme favorisant la paix, mais la République populaire de Chine ne fait pas la distinction entre ses activités militaires et civiles risquant de déboucher sur des utilisations ambivalentes (militaires et civiles)⁶³. Ces observations peignent l'image d'un pays conscient qu'il ne saurait faire concurrence à un pays tel que les É.-U. au chapitre des capacités spatiales. Par conséquent, la Chine se doit absolument, pour garantir sa sécurité, de limiter les capacités de ses adversaires dans le domaine des systèmes ASAT spatiaux. Parallèlement, elle s'est dotée d'une menace ASAT crédible; bien qu'elle soit peut-être asymétrique et nuisible à l'environnement spatial, cette capacité demeure un atout de dissuasion crédible. À mesure que les É.-U. mettront de nouvelles technologies au point, la Chine et la Russie trouveront des moyens de leur faire contrepoids. En fin de compte, ce sera peut-être cette relation entre les États-Unis, la Russie et la Chine qui déterminera l'avenir du droit spatial.

Résumé

« L'étymologie du mot *satellite* en révèle l'origine latine, à savoir le mot *satellitis* qui, dans son tout premier sens remontant à l'antiquité, voulait dire *garde du corps*⁶⁴. » Pourtant, la discussion que les puissances spatiales mènent dans les forums internationaux est axée sur la menace qui pèse sur ces « gardes du corps » ou qui en provient. Le corpus juridique concernant ces systèmes et leur rôle est périmé ou tout simplement inopérant. On peut bien décourager la présence d'armes dans l'espace, mais à strictement parler, elle n'est pas illégale (hormis celle des ADM). Des concepts similaires à ceux fondant le droit de la mer et le droit des conflits armés montrent peut-être dans quel sens le droit de l'espace évoluera dans l'avenir, mais ils n'ont jamais été validés, ou ils n'ont jamais fait l'objet d'un accord. En définitive, c'est l'interaction entre divers pays qui pourrait façonner *de facto* le droit des opérations spatiales. Les pays mal préparés ou ne s'intéressant pas à la question risquent de se voir imposer des règles à la rédaction desquelles ils n'auront pas participé.

60. West, p. 92.

61. *Ibid.*, p. 61.

62. Gallagher, p. 11.

63. West, p. 92.

64. Bourbonnière, p. 1.

4. La situation du Canada

Introduction

Dans la Section 2, nous avons parlé de l'espace circumterrestre en mettant particulièrement l'accent sur les menaces naturelles et d'origine humaine pesant sur les opérations spatiales. Dans la Section 3, nous nous sommes penchés sur les politiques spatiales internationales actuelles en nous intéressant notamment au travail fait par l'intermédiaire de l'ONU, puis nous avons examiné la présence particulière de plusieurs pays clés dans l'espace. La présente section porte sur les efforts que font le gouvernement et les décideurs canadiens dans le domaine spatial. Nous ferons valoir que malgré la longue histoire de ses apports dans ce domaine et du fait qu'il dépend des systèmes spatiaux à l'ère moderne, le Canada ne possède aucune politique nationale exprimant en détail ses besoins et ses intentions à l'égard de l'espace. Sans une telle politique, on ne sait pas au juste comment il se garantira un accès continu à cette ressource limitée et à cet environnement de plus en plus encombré.

L'histoire de la présence du Canada dans l'espace remonte à loin; elle a commencé peu après que l'URSS eut lancé dans l'espace le premier satellite artificiel jamais créé par l'être humain, le Spoutnik. C'est en satellisant Alouette I, en 1962, que le Canada a fait ses débuts dans l'espace; il est ainsi devenu le troisième pays à mettre un satellite en orbite. Ce faisant, il s'est aussi fixé une norme de réussite : « À une époque où la durée de vie des satellites se mesurait en mois, Alouette I a continué à travailler jusqu'à sa désactivation, dix ans plus tard. » Des systèmes ultérieurs mis au point par le Canada ont aidé à accroître « sa réputation internationale et sa crédibilité dans l'espace »⁶⁵. Par la suite, les lancements d'un certain nombre de systèmes ont aussi constitué des premières mondiales. Mentionnons le premier satellite national de communications et le premier satellite de radiodiffusion en direct. Après coup, le pays s'est taillé une réputation bien méritée dans les domaines de la robotique spatiale, de l'aéronautique, de l'observation terrestre et de la télédétection. En outre, il a beaucoup apporté à de nombreux domaines, « notamment l'astrophysique, les sciences de la vie et la dynamique de l'atmosphère »⁶⁶. Le succès du Canada dans le contexte de ces activités spatiales s'est expliqué en partie par l'intervention de l'État dès le début, dans ce qui continue à façonner le programme spatial du pays.

En 1967, le gouvernement a commandé un rapport qui s'est intitulé *Upper Atmosphere and Space Programs in Canada* et qui a examiné les incidences que les nouvelles capacités spatiales auraient sur le Canada. Le document, que l'on a communément appelé *rapport Chapman* d'après le nom du président de la commission l'ayant rédigé, John Chapman, a fait valoir qu'il fallait réorienter le programme spatial canadien en l'axant sur les communications et sur le recensement des ressources naturelles du pays. Les auteurs fondaient leur raisonnement sur le fait que l'infrastructure spatiale serait essentielle à l'avenir du pays, tout comme le chemin de fer l'avait été auparavant. La même année, le Conseil des sciences a publié un rapport indépendant qui a fait complément au *rapport Chapman* et qui a lui aussi milité en faveur de la réorientation de la technologie spatiale du Canada. Outre qu'il reprenait les points évoqués dans le rapport Chapman, le deuxième rapport soulignait la nécessité des retombées industrielles et de la coopération internationale et réclamait la création d'une agence de coordination⁶⁷. Les idées formulées dans ces deux rapports sont devenues le fondement même de l'activité du Canada dans l'espace et elles constituent encore aujourd'hui la base conceptuelle du programme spatial de notre pays.

65. W. M. Evans, « The Canadian Space Program - Past, Present, and Future [A History of the Development of Space Policy in Canada] », *Journal aéronautique et spatial du Canada*, vol. 50, n° 1, mars 2004, p. 21.

66. Agence spatiale canadienne, *La Stratégie spatiale canadienne : Pour servir et inspirer les Canadiens*, Ottawa, Agence spatiale canadienne, 2005, p. 10.

67. Evans, p. 21.

Une recherche dans le registre des objets extra-atmosphériques géré par l'UNOOSA révèle que le Canada est actuellement responsable de 30 satellites⁶⁸ lancés depuis 1972⁶⁹. Un examen des systèmes inscrits dans le registre sous la rubrique « fonction de l'objet spatial » met en lumière l'influence que le *rapport Chapman* a eue sur la fonction même des systèmes spatiaux canadiens. Comme on peut le voir d'après la date d'inscription dans le registre de l'UNOOSA, les satellites sont en grande majorité décrits comme étant des systèmes de télécommunications ou de radiodiffusion en direct. Même aujourd'hui, c'est encore le cas d'une majorité des satellites canadiens actifs⁷⁰. Ces systèmes représentent un atout fondamental pour les Canadiens et, quand ils sont complétés par les systèmes d'autres pays, ils jouent un rôle clé dans la société moderne.

Dans le cas du Canada, les avantages que procure l'espace sont encore plus importants. Les besoins accrus du Canada relativement à l'espace résultent directement de la taille de sa masse terrestre. En raison de la taille du pays, la courbure de la Terre constitue en elle-même un obstacle naturel⁷¹. Aucun pays à la surface de la Terre n'est parfaitement plat, mais à cause de la taille du Canada (tant dans l'axe Est-Ouest que dans l'axe Nord-Sud), la courbure de la planète a un effet sensible. La valeur de l'espace réside dans la hauteur d'une orbite circumterrestre. Depuis une orbite soigneusement choisie et avec un satellite judicieusement configuré, on annule les contraintes inhérentes à la courbure de la Terre.

Les moyens et les commodités offerts par l'espace sont des éléments dont une société du savoir ne saurait se passer. Peu importe qu'il s'agisse du fonctionnement des milieux internationaux de la finance, de la surveillance des axes principaux de la navigation mondiale, de la synchronisation des systèmes essentiels, ou de la télédétection d'événements à la surface de la Terre, l'espace joue un rôle clé pour le Canada⁷². L'espace constitue donc pour le pays un atout précieux sur trois plans déterminants : la télédétection, les communications par satellite et la navigation et la synchronisation par satellite. Tout d'abord, la télédétection est vitale, car elle permet de surveiller les conditions environnementales. Les prévisions météorologiques établies de nos jours pour l'ensemble du pays ne seraient pas possibles sans le point de vue obtenu depuis l'espace. En outre, la capacité de surveiller les déplacements des radeaux glaciels, les incendies de forêt ou les dommages causés aux récoltes serait extrêmement limitée sans les satellites. La précision de la cartographie moderne n'existerait pas non plus dans les vastes espaces inhabités du pays. Enfin, du point de vue de la sécurité et des forces armées, les satellites offrent un moyen sans pareil de recueillir des renseignements, de surveiller les côtes et les frontières et même de faire des vérifications concernant les armements, autant de fonctions qui seraient impossibles sans eux⁷³.

Les communications par satellite constituent le deuxième domaine où l'espace joue un rôle essentiel. Les satellites sont des atouts clés des réseaux de communications mondiaux et revêtent une importance incroyable pour le Canada. À preuve, « c'est au Canada que l'on enregistre le plus fort taux d'utilisation des transpondeurs spatiaux par habitant dans le monde, exception faite des États-Unis⁷⁴. Les communications par satellite permettent de diffuser l'information n'importe où

68. Bureau des affaires spatiales des Nations Unies, « Online Index of Objects Launched into Outer Space », <http://www.oosa.unvienna.org/oosa/osoindex.html> (consulté le 11 octobre 2012).

69. La Convention sur l'immatriculation des objets lancés dans l'espace extra-atmosphérique n'est entrée en vigueur qu'en 1976. C'est le pays d'immatriculation et/ou de lancement qui déclare la mise en orbite d'un objet.

70. Union of Concerned Scientists, « UCS Satellite Database », http://www.ucsusa.org/nuclear_weapons_and_global_security/space_weapons/technical_issues/ucs-satellite-database.html (consulté le 11 octobre 2012).

71. Fergusson et James, *Report on Canada*, p. 6.

72. Fergusson, « Out of Sight », p. 16.

73. Fergusson et James, *Report on Canada*, p. 54. Les exemples sont tirés du Tableau 4.9.

74. *Ibid.*, p. 54–55. Les exemples sont tirés du Tableau 4.10.

dans le pays, quelle que soit l'infrastructure. Par exemple, elles facilitent la prestation de services médicaux ou pédagogiques spécialisés, là où, dans le passé, cela n'aurait pas été possible. Les communications par satellite garantissent aussi une liaison en période d'urgence ou en cas de catastrophe naturelle. Ces utilisations s'ajoutent à la transmission massive, tout aussi importante, des communications téléphoniques et informatiques et des signaux radio et de télévision. Cette même capacité d'acheminer l'information rapidement, indépendamment des moyens terrestres, fait des communications spatiales un élément essentiel des opérations militaires⁷⁵.

Le troisième et dernier domaine clé où l'espace est essentiel aux intérêts du Canada est celui de la navigation et de la synchronisation par satellite. Il s'agit là de services issus principalement du réseau GPS américain actuel. Les satellites de ce réseau recourent à un signal horaire synchronisé et très précis pour calculer l'emplacement d'un objet à la surface de la Terre. En raison de l'exactitude du signal horaire dans l'ensemble de la flotte mondiale de satellites, on utilise souvent ce signal quand un chronométrage exact et uniforme s'impose. Aujourd'hui, par exemple, pour les communications et les activités financières partout dans le monde, on se fie sur l'heure GPS pour synchroniser les opérations individuelles. Sur un plan plus ordinaire, le GPS facilite l'enchaînement des activités quotidiennes. Il intervient dans la navigation et le pistage (ex. : animaux, parcs de véhicules, ou colis) et il accroît l'exactitude des travaux de cartographie et de topographie, ce qui le rend indispensable à toute société moderne⁷⁶.

Le domaine de la navigation et de la synchronisation est particulier dans le contexte canadien, car le pays ne possède actuellement aucune capacité nationale sur ce plan. En d'autres mots, ces services essentiels lui sont fournis par un autre pays. Par conséquent, le fonctionnement de tout pays qui compte sur ces services est étroitement lié aux actes et aux intérêts des États-Unis. Il ne faut pas en déduire que ces derniers se serviraient du GPS pour influencer sur le Canada, mais il importe de reconnaître qu'il existe là un lien de dépendance. Une panne du service GPS, comme celle que nous avons déjà mentionnée et qui a causé en 1996 une erreur de synchronisation, aurait des conséquences tout aussi importantes pour le Canada. Il y aura peut-être dans l'avenir d'autres sources de synchronisation et de localisation pour atténuer les risques. Ce pourrait être le Système russe de navigation et de géopositionnement satellitaire (GLONASS), une fois qu'il aura été restauré, ou le projet européen Galileo, une fois qu'il aura été achevé⁷⁷. Il convient de souligner ici que le Canada participe à la réalisation de ce dernier projet⁷⁸. Le Canada ferait tout simplement preuve de prudence en se ménageant un accès à une source de rechange pour un tel service fondamental.

La politique fédérale actuelle

À ce stade-ci, il importe de comprendre que le Canada est une société moderne de l'information qui dépend beaucoup des technologies spatiales pour fonctionner. En raison du niveau d'intégration des capacités axées sur l'espace, une perte des services susmentionnés aurait d'importantes conséquences économiques, industrielles et sociales. La difficulté en ce qui concerne les systèmes spatiaux tient au fait qu'on ne les voit pas au cours des activités quotidiennes. C'est pourquoi on en oublie souvent l'importance et l'omniprésence. « Dans l'ensemble, les systèmes spatiaux sont devenus l'épine dorsale invisible et peu connue de la société moderne de l'information⁷⁹. » En jumelant cette idée à l'analyse des dangers qui menacent les opérations spatiales, analyse que nous avons faite dans

75. *Ibid.*, p. 55. Les exemples sont tirés du Tableau 4.11.

76. *Ibid.*, p. 56.

77. *Ibid.*, p. 55.

78. Agence spatiale canadienne, *Agence spatiale canadienne – Rapport ministériel sur le rendement – Renseignements détaillés*, Ottawa, Agence spatiale canadienne, 2009, p. 92-93.

79. Fergusson, « Out of Sight », p. 16.

les sections précédentes, nous pouvons maintenant étudier la politique spatiale fondamentale du Canada. Dans le cadre de cette discussion, il importe particulièrement d'analyser la politique que le Canada applique actuellement pour défendre ses services spatiaux et son accès à l'espace.

Le gouvernement du Canada

Pour explorer la politique-cadre du Canada sur les activités spatiales, nous commencerons par étudier les directives du gouvernement du Canada en la matière. Nous mettrons ici l'accent sur l'orientation politique adoptée pour guider les ministères, les organismes et la bureaucratie dans les travaux qu'ils font dans le domaine spatial. Nous savons que divers ministères et organismes contribuent à l'élaboration de la stratégie de l'État, mais c'est en définitive la sanction de ce dernier qui fait de la stratégie une directive valide. Si nous partons d'un point de vue général, il est essentiel de prendre conscience de la position actuelle du Canada par rapport aux traités internationaux sur l'espace. L'attitude de notre pays face à ces traités définit un aspect clé de toute politique-cadre nationale qu'il pourrait adopter au sujet de l'espace.

Dans la Section 3 du présent document, nous avons parlé des cinq traités de l'ONU sur l'espace et exposé la position du Canada en ce qui les concerne. Ces traités constituent un cadre international qui précise les contraintes et les restrictions juridiques auxquelles les activités du Canada dans l'espace sont assujetties. Quand nous avons analysé les traités, nous avons vu clairement que le TEEA est l'instrument fondamental qui définit les limites de la politique du Canada pour ce qui est de défendre ses systèmes spatiaux; ce traité « a formulé le paramètre fondamental sur lequel repose toute loi afférente à l'espace extra-atmosphérique, à savoir que celui-ci doit être utilisé pour le bien de l'humanité tout entière et qu'il ne doit faire l'objet d'aucune appropriation nationale »⁸⁰. Ce document-guide international sur l'espace ne dit pas grand-chose sur la défense des systèmes spatiaux. Il a ses limites, en partie parce qu'il date d'une époque où il y avait essentiellement dans l'espace deux pays dont la politique était axée sur la dissuasion mutuelle⁸¹. En fin de compte, il n'existe « aucune ligne directrice précise pour définir la limite du droit au passage sécuritaire à des fins pacifiques et là où le droit à la légitime défense commence ». Certains pays présents dans l'espace ont aussi souligné que la seule interdiction expresse vise la « mise en orbite d'armes de destruction massive »⁸². Le Canada a adopté une interprétation plus générale.

Le Canada a affirmé très clairement qu'il ne souscrirait absolument pas au déploiement d'armes dans l'espace. Plus récemment, soit en 2004 pendant des débats sur la question de savoir si le Canada devrait participer au programme américain national de défense contre les missiles, M. Paul Martin, alors premier ministre, a déclaré clairement en chambre que le Canada ne serait pas partie à la militarisation de l'espace. En outre, le négociateur en chef du Canada dans ce dossier, M. Jim Wright, a déclaré devant un comité du Sénat, en février 2004, que « le Canada fait une nette distinction entre une présence militaire dans l'espace et le déploiement d'armes dans cet environnement » et que la politique du gouvernement visait à faire en sorte que l'espace demeure « un environnement exempt d'armes »⁸³. Au-delà de la ratification, ces déclarations confirment que le Canada souscrit actuellement à la teneur des traités. Par conséquent, ceux-ci constituent un fondement pour ses principes sur l'utilisation de l'espace. Toute politique élaborée au Canada sur l'espace doit aller dans le sens de ces traités. Dès lors, la discussion a pour objet de définir quelles politiques ou stratégies du gouvernement indiquent actuellement comment il garantira l'accès du pays à l'espace maintenant et

80. Brian MacDonald, p. 95.

81. Gallagher, p. 15.

82. *Ibid.*, p. 20.

83. Webster, « The Ultimate High Ground », p. 49.

dans l'avenir. Pour ce faire, nous examinerons la Stratégie de défense *Le Canada d'abord* (SDCD) et la Stratégie spatiale du Canada.

La SDCD a été annoncée par le Premier ministre Stephen Harper, le 12 mai 2008, et la publication du document même a eu lieu le 19 juin 2008. La Stratégie avait pour objet de donner au ministère de la Défense nationale (MDN) et aux Forces canadiennes (FC) une nouvelle orientation axée sur trois grandes priorités, à savoir renforcer les capacités nationales, respecter les engagements pris au chapitre de la défense de l'Amérique du Nord et contribuer d'une façon sensible à la sécurité internationale⁸⁴. Les mesures conçues pour satisfaire à ces priorités étaient réparties entre quatre piliers, présentés dans la SDCD comme étant le fondement des capacités militaires du pays. Les piliers étaient le personnel, l'équipement, la disponibilité opérationnelle et l'infrastructure⁸⁵. Dans l'ensemble, le document offrait un plan de réinvestissement dans la Défense et des lignes directrices générales au Ministère, tout en traçant la voie à suivre dans l'avenir. La Stratégie annonçait aussi que la Défense investirait dans « les secteurs canadiens de l'industrie, de la connaissance et de la technologie ». Les produits de la SDCD devaient contribuer au développement de ces secteurs au cours des 20 ans sur lesquels le plan portait⁸⁶. En définissant cette orientation, que disait la Stratégie sur l'espace?

En deux mots, disons que la SDCD passe l'espace sous silence en tant que dossier ou domaine dont il y a lieu de se préoccuper. Cela ne veut pas dire que le concept de l'espace n'est pas présent du tout, mais le sujet est à peine effleuré et implicite quand d'autres activités sont mentionnées. Pour trouver la notion de l'espace dans le document, il faut la chercher consciemment. Dans le texte, on lit, par exemple, que la SDCD permettra aux FC de « relever l'ensemble des défis reliés à la défense et à la sécurité maintenant et pour l'avenir »⁸⁷. Cet énoncé semble désigner l'espace comme faisant partie des nombreux défis qui se poseront aux FC dans l'avenir, mais seulement si le lecteur est au courant des opérations spatiales. Dans la section intitulée « Des visées précises », la SDCD indique qu'il faut au Canada « les capacités essentielles ... pour contrer les menaces conventionnelles et asymétriques, y compris le terrorisme, les mouvements insurrectionnels et les cyberattaques »⁸⁸. Ici encore, la mention des attaques conventionnelles et asymétriques pourrait renvoyer aux programmes spatiaux du Canada ou de ses partenaires, mais la menace pesant sur l'espace n'est pas évoquée explicitement.

La SDCD ne contient qu'un passage explicite sur les capacités spatiales, et l'on n'y trouve rien faisant de l'espace un domaine de préoccupation. Elle ne parle directement de l'espace qu'une seule fois, soit quand elle évoque la nécessité « [d'acquérir] des radars et des satellites pour améliorer les capacités de surveillance [de la Défense], spécialement dans l'Arctique »⁸⁹. Il s'agit certes là d'une orientation valable pour ce qui est d'accroître la visibilité de l'Arctique ou, plus généralement, d'assurer la surveillance terrestre, par exemple, mais cet extrait révèle aussi comment on perçoit l'espace. À l'heure actuelle, on le voit comme étant un moyen de poursuivre d'autres intérêts ou de dissiper d'autres problèmes, mais non comme un sujet de préoccupation en soi. Fondamentalement, en mettant l'accent sur la terre, la SDCD ne fournit au Canada ni les lignes directrices ni la stratégie dont il a besoin pour aborder la question de la défense de l'accès à ses systèmes spatiaux. La SDCD a fait progresser les FC dans un certain nombre de domaines, mais l'espace et, aspect plus important, la défense de l'espace n'en font pas partie.

84. George MacDonald, *The Canada First Defence Strategy – One Year Later*, Calgary (Alberta), Institut canadien de la défense et des affaires étrangères, 2009, p. 1.

85. Bureau du Conseil privé, *Stratégie de défense Le Canada d'abord*, Ottawa, Bureau du Conseil privé, 2008, p. 14.

86. *Ibid.*, p. 20.

87. *Ibid.*, p. 4.

88. *Ibid.*, p. 7.

89. *Ibid.*, p. 18.

Le Cadre de la politique spatiale canadienne, par ailleurs, est fermement axé sur la présence du Canada dans l'espace. Le gouvernement du Canada l'a adoptée en 1994 pour guider la mise en œuvre du Programme spatial canadien. Son libellé reconnaît l'importance stratégique de l'espace pour l'économie et les intérêts du Canada. Le Cadre met l'accent sur les retombées sociales, économiques, régionales et industrielles que l'espace peut procurer au pays. Afin de concrétiser tout cela, le gouvernement a élaboré un programme de capacités spécialisées afin de tirer des avantages maximums dans les domaines correspondant le mieux « aux besoins et aux objectifs que visait la politique » du Canada. Les quatre domaines en question sont la robotique, la télédétection, les communications et la science. En ce qui concerne d'autres domaines nécessitant beaucoup de ressources ou ne s'inscrivant pas dans les créneaux choisis, par exemple les lancements et la navigation par satellite, le Canada devait y accéder par l'intermédiaire de partenariats internationaux⁹⁰. Le Cadre avait pour objet de créer un secteur spatial apte à répondre aux besoins du Canada et à soutenir la concurrence sur la scène commerciale. Comparativement à la *SDCD*, que dit la politique-cadre sur la défense des ressources spatiales?

Tout comme la *SDCD* a peu parlé de l'espace, le Cadre de la politique spatiale canadienne n'a pas dit grand-chose sur la défense, encore moins sur la défense de l'espace. L'accent que le Cadre met sur l'industrie, la science et les capacités spécialisées en font un outil judicieusement construit pour développer les intérêts et les capacités du Canada. Son élément clé est un document pratique qui définissait la voie que le Canada devait suivre pour mettre à profit l'espace et la technologie, sans pour autant perdre ses intérêts de vue. Cependant, le Cadre ne reconnaît pas l'existence dans l'espace de menaces risquant d'avoir des incidences sur une ou sur l'ensemble des capacités du pays y étant présentes. En fin de compte, le Cadre de la politique spatiale canadienne a fait progresser l'Agence spatiale canadienne (ASC) dans un certain nombre de domaines, mais la défense et, aspect primordial, la défense des activités spatiales du Canada n'en font pas partie. Comme les implications de la protection ou de la défense de l'espace relèvent profondément de la sécurité nationale, il importe d'examiner la politique de sécurité nationale du Canada.

Le document intitulé *Protéger une société ouverte : la politique canadienne de sécurité nationale* a été rédigé en 2004 et il adoptait « une approche intégrée en matière de sécurité à l'échelle de la fonction publique »⁹¹. Ce faisant, il a décrit dans un seul contexte les menaces de haut niveau et les réactions que le gouvernement du Canada devait y opposer. La politique intégrée ainsi formulée définissait huit menaces pour les Canadiens et leur pays, à savoir le terrorisme, la prolifération des armes de destruction massive, les États en déroute ou en voie de déliquescence, l'espionnage étranger, les catastrophes naturelles, la vulnérabilité de l'infrastructure essentielle, le crime organisé et les pandémies⁹². Dans l'ensemble de la politique, l'espace n'était mentionné qu'une fois, et le texte réaffirmait alors « l'opposition de longue date du Canada à l'arsenalisation de l'espace », en particulier dans le contexte du rôle du pays dans le système américain de défense contre les missiles balistiques⁹³. Hormis cette unique mention de l'espace, les menaces qui y existent et son effet sur la société ont été passés sous silence dans le document. Même quand on a examiné l'infrastructure essentielle (un domaine de préoccupation), on a passé outre à l'espace. Les auteurs ont cependant précisé que le gouvernement du Canada se devait de commencer à élaborer une stratégie de protection des infrastructures essentielles qui ferait intervenir tous les paliers de gouvernement, l'industrie et les partenaires internationaux. Les progrès accomplis quant aux mesures décrites à cet égard dans la politique de sécurité nationale ont fait l'objet d'un document de suivi l'année suivante.

90. Agence spatiale canadienne, « Le Cadre de la politique spatiale canadienne », <http://www.asc-csa.gc.ca/fra/industrie/politique.asp> (consulté le 26 janvier 2010; site désactivé depuis).

91. Bureau du Conseil privé, *Protéger une société ouverte : la politique canadienne de sécurité nationale*, Ottawa, Bureau du Conseil privé, 2004, p. vii.

92. *Ibid.*, p. 6-8.

93. *Ibid.*, p. 49.

Le gouvernement du Canada a rédigé le rapport *Protéger une société ouverte : un an après* afin de rendre compte des progrès accomplis dans le cadre de projets lancés en vertu du document *Protéger une société ouverte : la politique de sécurité nationale du Canada*⁹⁴. Tout comme la politique initiale avait à peine fait allusion à la protection des ressources spatiales, le rapport de suivi a lui aussi tu le sujet. Dans ce dernier rapport, la seule mention du mot « espace » se trouve dans le terme « cyberspace ». La décision du Canada de ne pas contribuer au système américain de défense contre les missiles balistiques n'a pas été mentionnée dans le rapport, tout comme cela avait été le cas dans la politique originale. Le seul passage d'intérêt dans cette discussion sur la protection des systèmes spatiaux a été une mise à jour sur l'infrastructure essentielle, bien qu'encore une fois, l'espace n'y fût pas mentionné expressément. On y disait simplement que le gouvernement progressait dans l'élaboration d'une stratégie nationale sur la protection des infrastructures essentielles. Sécurité publique et Protection civile Canada (aujourd'hui appelé Sécurité publique Canada) a produit un énoncé de principes sur la stratégie proposée, énoncé qui a été utilisé dans des discussions tenues à tous les niveaux et dans l'ensemble de l'appareil gouvernemental⁹⁵. La question de l'infrastructure essentielle allait continuer de relever de Sécurité publique Canada, mais le document *Protéger une société ouverte : un an après* a été la dernière évaluation directe des progrès accomplis dans le contexte de la politique de sécurité nationale.

Les trois politiques nationales actuelles, qui effleurent à peine le thème de la protection des systèmes spatiaux, n'ont aucun lien entre elles et n'offrent aucune ligne directrice sur la défense de ces systèmes. La *SDCD* explique l'axe que le Canada suivra au cours des 20 prochaines années en matière de défense, mais elle passe essentiellement sous silence la protection de ses ressources spatiales. À l'opposé, le Cadre de la politique spatiale canadienne énonce les objectifs clairs de la participation du pays dans l'espace, mais il ne traite pas de la protection de ses capacités. Enfin, la politique de sécurité nationale ne donne aucun détail sur l'infrastructure spatiale, qu'elle soit considérée comme une infrastructure essentielle ou autre. Il existe essentiellement une lacune stratégique nationale rendue évidente par l'absence d'une seule politique définitive ou d'un seul renvoi à l'approche que le pays adopterait pour garantir l'accès des Canadiens aux services axés sur l'espace. Ce point a été mis en exergue par l'ancien astronaute et chef de l'Agence spatiale canadienne Marc Garneau quand il s'est dit préoccupé par la vente du système canadien Radarsat-2 et de la technologie connexe à une entreprise américaine. Tout compte fait, le Canada n'a aucune politique spatiale nationale⁹⁶ et, de ce fait, il importe d'examiner le travail fait dans les divers ministères sur ce plan.

L'Agence spatiale canadienne

L'ASC a élaboré et approuvé la Stratégie spatiale canadienne en 2003 et elle en a fait sa ligne directrice interne pour la gestion du programme spatial du pays. La Stratégie visait à réunir en un seul document les renseignements dont les planificateurs, les intervenants et les partenaires avaient besoin sur l'orientation stratégique du Canada concernant l'espace⁹⁷. En février 2005, le gouvernement du Canada a approuvé la Stratégie pour qu'elle serve à « orienter la prise de décisions à l'ASC et centre l'alignement de toutes les activités de programmes associées à l'espace en fonction de son résultat stratégique et de ses priorités à long terme »⁹⁸. La Stratégie s'inscrivait beaucoup dans la foulée du Cadre de la politique spatiale. Ses principaux axes étaient désormais appelés observation de la Terre, sciences de l'espace, communications et éducation. Tout comme le Cadre, le document

94. Bureau du Conseil privé, *Protéger une société ouverte : un an après*, Ottawa, Bureau du Conseil privé, 2005, p. 2.

95. *Ibid.*, p. 22-23.

96. Société Radio-Canada, « Sale of MDA Units Leaves Canada's Space Ambitions in the Air: Garneau », <http://www.cbc.ca/technology/story/2008/01/11/tech-md-a-space.html> (consulté le 11 octobre 2012).

97. Agence spatiale canadienne, *La Stratégie spatiale canadienne*, p. 5.

98. Agence spatiale canadienne, *Agence spatiale canadienne, Rapport ministériel de rendement, 2008-2009*, Ottawa, Agence spatiale canadienne, 2009, p. 4.

mettait fondamentalement l'accent sur le développement et le soutien du secteur spatial canadien. Cela dit, outre qu'il avait des idées en commun avec le Cadre, il ajoutait à la vision du Programme spatial canadien et en précisait les paramètres.

La vision de l'ASC formulée dans la Stratégie est élargie et prévoit un rôle dans lequel l'Agence fera profiter de l'espace le reste de l'appareil gouvernemental. Plus précisément, elle fera en sorte que « l'espace [devienne] un outil entièrement intégré au gouvernement du Canada qui permettra aux ministères et aux organismes fédéraux de remplir leurs mandats ...⁹⁹ ». Du point de vue de la défense, la Stratégie va jusqu'à définir des « résultats visés » en matière de sécurité et de politique étrangère. L'ASC estime que son rôle consiste aussi à soutenir la surveillance aux fins de la sécurité et de la souveraineté nationales et à l'appui d'initiatives menées un peu partout dans le monde en vertu de la politique étrangère du Canada¹⁰⁰. Là s'arrêtent la vision et la stratégie élargies pour ce qui est de la défense. La sécurité continue d'y être définie exclusivement en fonction de l'application des systèmes spatiaux, mais même là, la question n'est abordée que brièvement. La protection du segment spatial du Canada semble demeurer en dehors du mandat de l'ASC.

Les documents-guides de l'ASC mettent fortement l'accent sur la commercialisation, le renforcement de l'industrie et les retombées technologiques. Selon certains, cela s'expliquerait par le fait que l'Agence relève d'Industrie Canada¹⁰¹, car le portefeuille de l'Industrie du gouvernement exerce sans doute une influence considérable sur la prise des décisions et le processus d'approbation au sein de l'ASC. Même si l'on admet cette relation, il reste encore à savoir quels sont les meilleurs moyens de protéger l'industrie canadienne, y compris ses intérêts et les ressources spatiales sur lesquelles elle compte. Ces considérations ne sont pas claires dans la Stratégie. En allant au-delà des documents sur la Stratégie et en consultant les rapports ministériels sur le rendement, nous obtenons un point de vue plus approfondi sur les activités de l'ASC. Ce qui est clair dans celui de 2008-2009, c'est que certaines menaces pesant sur les opérations spatiales sont prises en considération.

Les débris dans l'espace constituent le thème prédominant du *Rapport sur le rendement*; dans le document, on les présente comme étant une source d'inquiétude pour les opérations spatiales qui « amène aussi les pays ayant des objectifs communs à renforcer leur collaboration »¹⁰². Le rapport parle par ailleurs clairement de l'accroissement considérable de l'utilisation de l'espace, en précisant qu'un nombre grandissant de pays sont présents dans l'espace, « près d'un millier de satellites [devant] être lancés au cours de la prochaine décennie »¹⁰³. Le document ne détaille pas beaucoup les efforts déployés actuellement pour régler ces questions, mais il importe de dire que celles-ci font partie des considérations étudiées par l'ASC. On peut se faire une meilleure idée des activités de l'ASC en se renseignant sur les missions énumérées dans le *Rapport ministériel sur le rendement* de 2009.

Le *Rapport sur le rendement* présente un certain nombre de missions attestant que l'ASC s'intéresse, dans ses activités, à la protection des ressources spatiales. Cela confirme que certaines questions concernant ce thème sont étudiées. Aucune des missions énumérées n'est de nature exclusivement défensive; on décrit plus judicieusement les missions comme étant ambivalentes, mais cela ne nie pas leur valeur défensive. Mentionnons en particulier le satellite d'étude de l'injection, du transport, de l'accélération et de la perte de particules énergétiques dans la ceinture de radiation extérieure (ORBITALS), le satellite de surveillance des objets circumterrestres (NEOSSat) et les missions du

99. *Ibid.*, p. 7.

100. Agence spatiale canadienne, *La Stratégie spatiale canadienne*, p. 7.

101. Fergusson et James, *Report on Canada*, p. 65.

102. Agence spatiale canadienne, *Rapport ministériel sur le rendement de l'Agence spatiale canadienne, 2008-2009*, p. 16.

103. *Ibid.*, p. 8.

Centre canadien des opérations des satellites (CANSOC). L'ORBITALS est un satellite qui étudie la physique dans l'espace, notamment en ce qui concerne la météo et les rayonnements dans l'espace proche de la Terre. Cette mission intéresse tous les utilisateurs de l'espace, car les connaissances acquises aideront à réduire au minimum les effets de la météo spatiale dans l'avenir. La deuxième mission (NEOSSat) est une entreprise conjointe de l'ASC et du MDN. Elle a pour objet de suivre les astéroïdes à l'intérieur du système solaire et les satellites décrivant des orbites terrestres élevées, pour mettre à jour les détails sur ces orbites¹⁰⁴. Le NEOSSat constitue un excellent exemple de ce que la coopération entre des organismes gouvernementaux permet d'accomplir. Un dernier exemple qui se dessine à l'horizon est celui du Centre canadien des opérations de satellites. La valeur de ce dernier réside dans le fait qu'il procure au Canada une installation pour « l'ensemble des opérations et de la gestion des missions satellitaires »¹⁰⁵. Bien que ce soit encore un concept à l'étude¹⁰⁶, sa mise en œuvre doterait le pays d'une capacité qui pourrait unifier les opérations spatiales de l'ensemble du gouvernement.

Quand on examine les activités de l'ASC, il est clair qu'elle possède les connaissances et la capacité voulues pour aider à assurer la défense des systèmes spatiaux canadiens. Ce qui lui manque, c'est un mandat précis qui définirait son rôle à cet égard. Depuis la création de l'Agence, sa mission a consisté à « promouvoir l'exploitation et l'usage pacifiques de l'espace »¹⁰⁷. Cette ligne de conduite a été fructueuse pour elle et pour le Canada, et il en a été ainsi tant que l'espace a été une nouvelle frontière. Maintenant que celui-ci devient congestionné et que les pays se font concurrence pour l'occuper, la nécessité de défendre les systèmes spatiaux devient une dimension essentielle des opérations spatiales. Cette tâche n'incombe pas uniquement à l'ASC. Dans la structure actuelle des portefeuilles, la défense de l'espace relève d'un certain nombre d'entités gouvernementales.

Le ministère des Affaires étrangères et du Commerce international

Le ministère des Affaires étrangères et du Commerce international (MAECI) est le visage du Canada dans le monde. Il existe pour projeter l'influence de notre pays. Son mandat consiste notamment à « faire en sorte que la politique étrangère du Canada reflète les valeurs authentiquement canadiennes et préserve les intérêts nationaux du Canada ». Pour cela, le Ministère « travaille avec [ses] partenaires, tant au gouvernement qu'à l'extérieur, pour améliorer [...] la sécurité du Canada ...¹⁰⁸ ». C'est aussi en vertu de cette responsabilité que le Ministère intervient dans l'espace et dans la défense de l'espace, tout comme dans tout autre domaine d'intérêt du Canada. Il s'agit d'un ministère tourné vers l'extérieur : par conséquent, quel rôle joue-t-il dans l'élaboration d'une politique sur la défense des systèmes spatiaux de notre pays?

En vertu de son mandat, le MAECI n'élaborerait pas lui-même une politique spatiale nationale, mais ses activités dans les tribunes internationales et ses recherches en font un acteur important dans le contexte de la formulation de la politique nationale. Le Canada prend part depuis longtemps à la création du droit de l'espace, et le MAECI a été la voix du Canada lors de la négociation des traités internationaux sur l'espace. Il s'est concentré avec succès sur les domaines où le Canada pouvait apporter la plus grande contribution, mais aussi sur ceux qui revêtaient un grand intérêt pour le pays. À titre d'exemple, citons la promotion des principes sur les sources d'énergie nucléaire dans l'espace; dans ce contexte, le Canada a assumé un rôle de chef de file par suite de l'écrasement

104. Agence spatiale canadienne, *Rapport ministériel sur le rendement de l'Agence spatiale canadienne – Renseignements détaillés*, p. 104-105.

105. *Ibid.*, p. 89.

106. *Ibid.*, p. 6-7.

107. Agence spatiale canadienne, *La Stratégie spatiale canadienne*, p. 3.

108. Ministère des Affaires étrangères et du Commerce international, « À propos du ministère », http://www.international.gc.ca/about-a_propos/index.aspx?lang=fra&view=d (consulté le 11 octobre 2012).

du satellite COSMOS 954 à propulsion nucléaire en sol canadien¹⁰⁹. Les travaux menés dans le secteur des traités et des accords internationaux sur l'espace sont importants. En les paraphant, notre pays définit en fin de compte sa politique spatiale nationale et celle qu'il entend faire valoir sur la scène internationale. Cela dit, il faut bien comprendre que les accords internationaux reposent sur le compromis et que, par conséquent, ils risquent de ne pas traduire toutes les vues d'un pays dans un domaine donné et de se confiner plutôt à une position minimale acceptable. Bien que les accords internationaux influent effectivement sur la politique du Canada, son acceptation de ces accords ne remplace pas la nécessité pour lui d'élaborer une politique nationale.

Le MAECI a présenté une politique spatiale nationale élaborée à titre d'essai. Le travail qu'il a accompli dans le passé sur les traités internationaux concernant l'espace ne représente qu'un aspect. En 2005, il a publié l'*Énoncé de politique internationale du Canada*, intitulé *Fierté et influence : notre rôle dans le monde*; ce document renseigne jusqu'à un certain point sur les intérêts internationaux du Canada. Pour ce qui est de l'espace, il met l'accent sur deux aspects : l'arsenalisation de l'espace et l'utilisation de celui-ci aux fins de la surveillance. Ce dernier aspect est abordé dans le contexte du rôle terrestre incombant au Canada aux fins de la défense de toute l'Amérique du Nord avec les États-Unis. Par ailleurs, « la politique canadienne d'opposition à la militarisation de l'espace¹¹⁰ » décrit un rôle traditionnel qui remonte au travail accompli sur des traités antérieurs et est axé sur la limitation des armements et le désarmement¹¹¹. En définitive, l'énoncé de politique le plus récent n'offre aucune orientation claire sur l'espace, en dehors de ces préoccupations traditionnelles.

En prenant conscience du contenu de l'énoncé de politique, nous devons bien préciser que le MAECI va au-delà de son libellé et qu'il envisage les grandes questions relatives à l'espace et à la défense de l'espace. Ainsi, il a commencé à promouvoir « des mesures multilatérales pour gérer toute une gamme de questions pressantes sur la sécurité spatiale, par exemple l'annonce des lancements, la réduction de la quantité de débris et les créneaux orbitaux¹¹² ». Ces activités supplémentaires aideront à faire progresser la discussion sur ces aspects clés et à créer un corpus de connaissances sur ces questions. En outre, le Ministère a formulé des idées stratégiques et mené des discussions de fond par l'intermédiaire de son Programme de recherche et d'information sur la sécurité internationale, qui, à la faveur de l'apport d'entités universitaires et de centres de réflexion, a permis d'élaborer des notions fondamentales dans un certain nombre de domaines, y compris la sécurité spatiale¹¹³. Ce travail est important lorsqu'il s'agit d'enrichir les connaissances sur les questions et de rendre le MAECI capable de se pencher sur les dimensions internationales de l'espace. Les activités du MAECI pourraient contribuer à l'élaboration d'une politique nationale, mais elles ne sauraient se substituer à une telle politique.

Sécurité publique Canada

C'est Sécurité publique Canada qui est chargé au premier chef de la sécurité intérieure au pays. Son rôle consiste à unifier et à coordonner les efforts des « organismes fédéraux qui s'occupent de la sécurité nationale, de la gestion des urgences, de l'application de la loi, des services correctionnels, de la prévention du crime et des services frontaliers »¹¹⁴. Dans ce rôle, le ministre de la Sécurité publique

109. MacDonald, *Space Strategy*, p. 108-109.

110. Ministère des Affaires étrangères et du Commerce international, *Énoncé de politique internationale du Canada [Fierté et influence : notre rôle dans le monde]*, Ottawa, Ministère des Affaires étrangères et du Commerce international, 2005, p. 8-9.

111. Fergusson et James, *Report on Canada*, p. 64.

112. *Ibid.*, p. 65.

113. Ministère des Affaires étrangères et du Commerce international, « Programme de recherche et d'information dans le domaine de la sécurité internationale (PRISI) » <http://www.international.gc.ca/arms-armes/isrop-prisi/index.aspx?lang=fra&view=d> (consulté le 11 octobre 2012).

114. Sécurité publique Canada, « Qui nous sommes »

définit la politique et les mécanismes servant à protéger le pays, ce qui comprend l'élaboration de la politique sur l'infrastructure canadienne et la protection de cette dernière. Nous avons mis en lumière ci-dessus l'importance des systèmes spatiaux ou de l'infrastructure spatiale. Cela étant, quel est le rôle de Sécurité publique Canada lorsqu'il s'agit de protéger ces systèmes?

Afin de répondre à cette question, il faut revenir à la politique de sécurité nationale dont nous avons parlé plus haut et reconnaître que l'espace ne se définit pas comme une question de sécurité. La politique n'aborde jamais le dossier des opérations spatiales, sauf quand elle traite des infrastructures essentielles. À l'époque où la politique a été élaborée, celles-ci n'étaient pas mentionnées expressément, sauf en tant que sujet à approfondir pour élaborer une stratégie nationale de protection des infrastructures essentielles. Cette stratégie n'a toujours pas été publiée, mais un document provisoire de Sécurité publique Canada intitulé *Aller de l'avant avec la Stratégie nationale et le plan d'action sur les infrastructures essentielles (2008)* montre, par le fait que la version définitive n'a jamais été réalisée, que l'espace en tant que domaine n'est pas pris en compte dans les infrastructures essentielles. Les secteurs énumérés dans le document provisoire sont l'énergie et les services publics, les technologies des communications et de l'information, les finances, les soins de santé, l'alimentation, l'eau, les transports, la sécurité, le gouvernement et la fabrication¹¹⁵. La responsabilité de chacun de ces secteurs est ensuite confiée à un ministère fédéral responsable qui s'occupe au premier chef, au nom de l'État, de favoriser « une approche nationale collective en matière de protection des infrastructures essentielles »¹¹⁶. Le document provisoire n'aborde la protection des systèmes spatiaux qu'en plaçant le secteur des technologies des communications et de l'information sous la coupe d'Industrie Canada. Eu égard à la complexité et aux implications des opérations et de la protection dans l'environnement spatial, on ne cerne qu'une partie des services axés sur l'espace en se limitant ainsi aux communications. La perte de systèmes ou de moyens spatiaux aurait d'énormes conséquences pour tous les secteurs énumérés, vu la vaste gamme de services dépendant de l'espace. Cela ne veut pas dire que d'autres aspects ne sont pas pris en compte, mais que l'éventail des ressources spatiales est trop vaste pour ne pas constituer un domaine de préoccupation expressément étudié.

Pour ce qui est de l'infrastructure spatiale, il reste à Sécurité publique Canada un rôle de « coordination et de facilitation », en cas d'incident. Ce qui manque, c'est une mention de tous les services et éléments d'infrastructure spatiaux essentiels au pays¹¹⁷. Il importe de reconnaître que les communications ne sont pas le seul domaine qui soit axé sur l'espace et qu'il faut gérer comme un tout l'ensemble des services spatiaux. Si l'on ne comprend pas cela à fond, Sécurité publique Canada ne réussira pas à exécuter son mandat au chapitre de la gestion des urgences. Aspect intéressant, il convient d'accorder au cyberspace autant d'attention dans la politique de sécurité nationale et dans les documents connexes, car c'est un domaine de préoccupation tout aussi vaste. Dans cet esprit, Sécurité publique Canada exploite le Centre canadien de réponse aux incidents cybernétiques qui surveille et coordonne les mesures prises par le Canada en cas de cyberattaque contre les infrastructures essentielles¹¹⁸. Une fonction semblable remplie à l'appui de l'infrastructure spatiale constituerait un prolongement logique, mais seulement si l'espace devient une infrastructure essentielle en soi. Tant que ce ne sera pas le cas, le rôle que Sécurité publique Canada jouera pour protéger les systèmes spatiaux sera limité.

115. Sécurité publique Canada, *Aller de l'avant avec la Stratégie nationale et le plan d'action sur les infrastructures essentielles – Document de consultation provisoire*, Ottawa, Sécurité publique Canada, 2008, p. 23.

116. *Ibid.*, p. 15.

117. Ferguson, *Report on Canada*, p. 61.

118. Sécurité publique Canada, « Centre canadien de réponse aux incidents cybernétiques », <http://www.securitepublique.gc.ca/prg/em/ccirc/index-fra.aspx> (consulté le 24 février 2010).

Le ministère de la Défense nationale

Le ministère de la Défense nationale a joué un rôle important dans l'espace dès les tout débuts. Avec le temps, cependant, le gouvernement s'est concentré davantage sur l'espace, tout en accordant une priorité moindre aux avantages militaires qu'il présentait. On peut dire que le MDN est à l'origine du programme spatial canadien. En fait, le satellite Alouette a été construit grâce aux travaux du Centre de recherches sur les télécommunications de la défense (CRTD), qui faisait alors partie du MDN. La diminution de la participation du MDN s'est produite au cours d'un certain nombre d'années, à partir de la fin des années 1960. Au fil des années, « les programmes spatiaux du Canada ont été cédés à des organismes du secteur privé civil... hormis quelques militaires qui sont restés au sein du Commandement de la défense aérospatiale de l'Amérique du Nord (NORAD)¹¹⁹ ». Le MDN a commencé à délaisser l'espace quand le Centre de recherches sur les télécommunications de la défense lui a été retiré pour être plutôt intégré, sous le nom de Centre de recherches sur les communications, dans le ministère des Communications nouvellement formé et dirigé par des civils¹²⁰. Ce fait et des changements ultérieurs ont clairement indiqué que la participation du Canada dans l'espace relèverait principalement du secteur civil. Cette réduction des programmes militaires s'est poursuivie jusqu'aux années 1980, période où la part militaire ne représentait « que 10 p. 100 de tous les crédits affectés à l'espace par le gouvernement canadien »¹²¹. Comme nous l'avons vu dans les sections précédentes, l'espace est devenu un environnement de plus en plus congestionné et convoité. Le Canada a profité des avantages offerts par l'espace grâce à un nombre grandissant de systèmes et de services, et il est donc dans l'intérêt national de préserver l'accès de notre pays à cet environnement.

Par conséquent, « l'intérêt pour l'espace grandit au MDN »¹²². Le Ministère prend maintenant conscience de l'importance économique, scientifique et militaire de l'espace »¹²³. « L'espace présente aussi un intérêt grandissant pour les Forces canadiennes... », car les pays qui ne l'utilisent pas seront laissés derrière et ne pourront pas l'exploiter pour répondre à leurs propres besoins; en fin de compte, ils auront beaucoup de mal à demeurer interopérables avec leurs partenaires, en particulier les États-Unis¹²⁴. En outre, le MDN a compris que la menace pèse non seulement sur les opérations militaires, mais aussi sur l'infrastructure intérieure du Canada. Vu cette préoccupation grandissante à l'égard des opérations spatiales, le Ministère a mis à jour sa Politique spatiale et une Stratégie spatiale connexe. Au moment où nous rédigeons le présent document, ces deux instruments en étaient encore au stade de l'ébauche, mais la Direction – Développement de l'espace nous a donné la permission de nous en servir ici.

La *Politique spatiale de la Défense nationale (2009)*¹²⁵ est un document important, car elle aborde les questions fondamentales qui influent sur les opérations spatiales. Les auteurs prennent en outre bien soin de décrire clairement le rôle du Ministère par rapport à celui d'autres éléments du gouvernement. Dès le départ, le document met en exergue l'importance de l'environnement spatial pour les FC et la population canadienne. Il attire aussi l'attention sur un certain nombre de menaces dont il faut tenir compte, y compris l'environnement spatial lui-même, les collisions et les débris et la vulnérabilité des systèmes aux attaques. Face au contexte actuel, le MDN s'est fixé trois objectifs : se garantir l'accès à l'espace; exploiter les capacités sans pareilles qu'offre l'espace; protéger les systèmes spatiaux essentiels. Aspect intéressant, la protection des systèmes spatiaux se limite expressément à

119. James, « Space is Becoming Crucial », p. 65.

120. Evans, p. 22.

121. James, « Space Is Becoming Crucial », p. 65.

122. *Ibid.*, p. 65.

123. *Ibid.*, p. 65.

124. James, « Space is Becoming Crucial », p. 66.

125. Ministère de la Défense nationale, *Politique spatiale de la Défense nationale, 2009 - ÉBAUCHE* (DD Espace, version 5), p. 1.

ceux qui sont « essentiels à la Défense nationale, qu'il s'agisse des systèmes nationaux ou alliés... »¹²⁶. Pour atteindre ces objectifs, le Ministère définit dans sa politique une série de moyens dont il a besoin et dont certains peuvent aussi servir à protéger les ressources spatiales du Canada.

Dans la politique spatiale, les deux principales capacités qui contribueront à la protection des ressources dans l'espace sont la connaissance de la situation spatiale et le commandement et le contrôle. Tout d'abord, la première capacité procurera aux FC les moyens de surveiller les objets en orbite circumterrestre, qu'ils soient naturels ou artificiels, et d'éviter les collisions. Cet atout les rendrait aussi conscientes des « interférences d'origine humaine » et permettrait d'identifier les acteurs concernés. En deuxième lieu, les FC se doteraient d'un « système complet de commandement et de contrôle » et de l'infrastructure connexe voulue pour poursuivre, gérer et contrôler les systèmes en orbite. Cette capacité nécessiterait un partenariat avec les autres utilisateurs gouvernementaux¹²⁷.

Mise à part la discussion sur les menaces et les capacités, les auteurs de la politique sont conscients du cadre plus grand dans laquelle elle doit s'appliquer, tout en mettant les efforts du MDN en exergue. Le libellé de la politique précise explicitement qu'elle est au cœur des efforts du MDN dans l'espace et que toutes les initiatives se rapportant à l'espace seront régies par elle. Par ailleurs, il y est clairement déclaré que les capacités spatiales du MDN « seront conformes à la politique et au droit international pertinent, y compris les traités et les accords internationaux sur l'espace ratifiés par le Canada ou entérinés autrement par lui dans le cadre de sa politique officielle... »¹²⁸. La politique précise également que la coopération interministérielle est essentielle aux efforts que le MDN déploie pour maximiser la valeur « des missions polyvalentes », mais aussi pour faire en sorte que les aspects relatifs à la défense nationale et à la sécurité fassent partie de toute discussion. La politique élargit en outre la notion de coopération en incluant les partenaires internationaux du Canada, en particulier les États-Unis (y compris le NORAD), l'Organisation du Traité de l'Atlantique Nord (OTAN) et les alliés de toujours, par exemple « le Royaume-Uni, l'Australie et la Nouvelle-Zélande »¹²⁹. La Stratégie spatiale de la Défense nationale ajoute des volets particuliers aux concepts énoncés dans la politique.

La *Stratégie spatiale de la Défense nationale*¹³⁰ réaffirme tout d'abord l'importance des services axés sur l'espace, la nature inhospitalière de l'environnement et la menace que représente la facilité avec laquelle un nombre grandissant d'acteurs peuvent y accéder. Elle fait ensuite le lien avec la *SDCD* et avec la Politique spatiale de la Défense nationale. La réussite de la mission des FC dépend fondamentalement de l'accès à des capacités axées sur l'espace. L'accent est mis sur la façon dont nos ressources spatiales contribuent à nos opérations terrestres et, là encore, la Stratégie ne mentionne aucunement la nécessité de protéger les systèmes spatiaux dans le contexte de la *SDCD*¹³¹. Cela dit, l'essentiel de la stratégie réside dans la façon dont elle attribue les tâches et activités clés. C'est là que les interventions du MDN dans l'espace au cours des deux ou trois prochaines années sont définies et que sont formulées les idées sur la défense des ressources spatiales.

Le Ministère croit qu'il faut renforcer l'infrastructure et les capacités de l'ASC de manière qu'elle ne confine plus seulement aux lancements et qu'elle se consacre à la gestion des ressources spatiales. À cette fin, le MDN fera fond sur la relation existante entre les ministères, laquelle est définie dans une série de protocoles d'entente, et il la mettra à jour pour faire valoir cette orientation

126. *Ibid.*, p. 3.

127. *Ibid.*, p. 4-5.

128. *Ibid.*, p. 2.

129. *Ibid.*, p. 7-8.

130. Ministère de la Défense nationale, *Stratégie spatiale de la Défense nationale – ÉBAUCHE*, DD Espace, version 4.4, p. 1.

131. *Ibid.*, p. 2.

stratégique pour l'Agence et lui¹³². Parallèlement à la nécessité de renforcer l'infrastructure spatiale, la Stratégie affirme que les FC ont besoin d'un Centre canadien des opérations spatiales dont le rôle serait « de répartir, contrôler et protéger » les capacités du Canada¹³³. Outre que le commandement et le contrôle des ressources spatiales s'imposent, il faut prendre conscience du domaine spatial. La Stratégie décrit le besoin pour le Canada de se doter de moyens pour réunir l'information sur la météorologie spatiale et sur l'état des systèmes et pour créer des services de détection, de poursuite et d'analyse. Cela aussi se ferait de concert avec d'autres ministères de l'État et avec des alliés¹³⁴.

La Stratégie spatiale de la Défense nationale aborde aussi la question de la garantie de l'accès aux services axés sur l'espace. Le Ministère collaborera avec ses partenaires américains pour veiller à ce que les renseignements sur les menaces pesant sur les ressources spatiales soient diffusés. Par ailleurs, la Stratégie souligne l'existence d'une menace active de la part d'autres pays qui « déploient des moyens offensifs dans l'espace » et elle précise qu'il faudra doter les satellites nationaux essentiels « de moyens de défense ». Dans l'esprit de sa conclusion logique, la Stratégie prévoit aussi que le MDN devra envisager « des mesures de protection actives » destinées à priver d'autres parties d'accéder à l'espace. Cette notion se limiterait à des mesures « temporaires, réversibles et localisées »¹³⁵.

Tout en insistant vigoureusement sur la protection des éléments de l'infrastructure canadienne, la Stratégie se limite aux grands dossiers intéressant les FC, ce qui montre la nécessité d'adopter une approche pangouvernementale. Aucune organisation en particulier n'est chargée d'adopter une approche holistique de la défense des éléments de l'infrastructure spatiale canadienne. Dans sa politique et sa stratégie, le MDN précise bien qu'une approche pangouvernementale ciblée des activités spatiales s'impose, y compris la défense de l'infrastructure nationale. Dans leurs documents, les Forces canadiennes le reconnaissent en soulignant la nécessité de coopérer avec d'autres organismes, d'autres ministères et nos alliés. L'élément qui manque semble se rapporter au mandat. Les objectifs de la Politique spatiale de la Défense nationale sont expressément axés sur le MDN, et cela est sans doute intentionnel. La Politique laisse cependant des questions en suspens, et celles-ci soulignent le besoin de faire appel à d'autres ministères. Il ne faut pas comprendre par là que le MDN ne s'intéresse pas à la protection des ressources des autres ministères et des entreprises commerciales. L'ancien Directeur – Développement de l'espace, le colonel François Malo, déclare que tel n'est tout simplement pas le cas : « [...] le mandat des forces armées est de protéger le territoire national, ce qui comprend maintenant l'environnement spatial utilisé par les systèmes civils, commerciaux et militaires canadiens »¹³⁶. À la lumière des politiques canadiennes, que peut-on conclure au sujet de la protection des ressources spatiales?

Les politiques canadiennes : qu'en est-il?

L'examen des politiques et des stratégies du Canada se rapportant à l'espace montre clairement que le pays n'a actuellement aucune stratégie nationale complète sur l'espace. Par extension, le gouvernement n'a aucune politique ou stratégie fondamentale sur la protection de ses ressources spatiales ou de l'accès national à des services axés sur l'espace appartenant à l'industrie et à des alliés. Dans des documents, le gouvernement perçoit l'espace comme un moyen de remédier à d'autres difficultés principalement terrestres, mais non comme un problème en soi. Ce qui est clair, c'est que certains ministères de l'État participent à la définition du rôle du Canada dans l'espace, mais

132. *Ibid.*, p. 5-6.

133. *Ibid.*, p. 7.

134. *Ibid.*, p. 8.

135. *Ibid.*, p. 9.

136. Malo, « Schriever V: Lessons Learned », p. 31.

qu'ils le font exclusivement en se confinant à leur domaine de responsabilité. Il ne s'agit pas ici de condamner ou d'approuver ces activités, car elles sont importantes en soi, mais de souligner tout simplement l'absence d'une seule orientation nationale dans le dossier de l'espace. Comme il y a des vides entre les initiatives, la discussion est muette sur des questions clés telles que celles concernant la sécurité des ressources spatiales nationales (y compris les systèmes commerciaux) et l'accès garanti à ces dernières. Le Canada n'est pas le seul à ne pas avoir de stratégie globale. Même les États-Unis, dont on peut dire qu'ils sont le pays le plus avancé dans ce domaine, ont eu du mal à élaborer une stratégie spatiale véritablement globale qui aborde tous les aspects de l'espace en tant que ressource stratégique¹³⁷. Les É.-U., contrairement au Canada, possèdent une stratégie nationale qui aborde la question de la protection de leurs ressources spatiales.

Il est clair qu'il s'agit là d'un aspect que le gouvernement canadien doit envisager. Pour employer un terme emprunté au jargon militaire, disons que l'espace est devenu un centre de gravité (CG), qui est à la fois un atout national et une faiblesse¹³⁸. Un centre de gravité se définit comme étant « les caractéristiques, les capacités, ou la situation géographique dont un pays, une alliance, une force militaire ou toute autre entité tire sa liberté d'action, sa puissance ou sa volonté de combattre »¹³⁹. Les sociétés de l'information et leurs forces armées dépendent de plus en plus de l'espace, qui leur procure des avantages importants, mais cette dépendance constitue aussi un talon d'Achilles. La protection de ce dernier est absolument vitale au bien-être du pays tout entier et aussi à la réussite de toute force armée moderne.

« Nous ne pouvons nous permettre d'être privés des avantages de l'espace, ne serait-ce qu'une seule journée, car l'économie mondiale en dépend. » L'infrastructure et les économies subiraient les pires effets de la perte des services spatiaux, car il faudrait des mois ou des années pour remplacer les ressources perdues¹⁴⁰. Une approche pangouvernementale est nécessaire pour amener la question de la protection de l'espace au cœur du débat, mais il faut tout d'abord reconnaître l'existence de la menace et susciter la volonté véritable de lui faire face.

Telles qu'elles existent actuellement, les politiques spatiales du Canada ne protégeront pas ses intérêts dans l'espace tant que leur portée n'ira pas au-delà des effets des satellites pour prendre aussi en considération tout l'environnement spatial. Le gouvernement du Canada n'a aucune ligne directrice explicite ou cadre sur les mesures particulières à prendre pour garantir la sécurité de ces systèmes et des fonctions vitales qu'ils soutiennent. Le problème, c'est que l'espace est un domaine de préoccupation qui « est loin des yeux et, partant, loin du cœur »; l'ensemble du gouvernement doit donc repenser toute sa stratégie à cet égard¹⁴¹. Voilà qui n'est pas peu demander, étant donné la dynamique de la politique canadienne actuelle, l'état de l'économie et l'indifférence générale de la population canadienne. Les conséquences de la perte de ressources spatiales ne préoccupent tout simplement pas le public, non plus que le gouvernement, dès lors. À moins que quelque chose ne provoque un changement, le dossier de l'espace demeurera « enfoui dans la bureaucratie gouvernementale elle-même, son accès au Cabinet sera restreint et le message le concernant sera dilué »¹⁴². Si l'on admet la nécessité d'un déclencheur pour inciter le gouvernement à repenser sa stratégie spatiale, d'où viendrait-il?

137. Joan Johnson-Freese, *Space as a Strategic Asset*, New York, Columbia University Press, 2007, p. ix.

138. James, « Space is becoming crucial », p. 67.

139. Ministère de la Défense nationale, B-GJ-005-500/FP-000 *Le processus de planification opérationnelle des FC (PPO)*, Ottawa, MDN/DND Canada, 2008, p. 2-1, http://www.cfc.forces.gc.ca/JCSPDL/Readings/B-GJ-005-500-FP-000_f.pdf (consulté le 11 octobre 2012).

140. Malo, p. 31.

141. Fergusson et James, *Report on Canada*, p. 59.

142. *Ibid.*, p. 60.

Dans les pires circonstances, ce déclencheur pourrait être la destruction ou l'endommagement de l'infrastructure d'un pays. Des attaques telles que celles lancées contre New York, Washington et des régions rurales de la Pennsylvanie, le 11 septembre 2001, peuvent avoir un effet profond sur les gouvernements. Ces attentats ont incité ceux des É.-U. et du Canada à changer leur perception des menaces intérieures. Si l'on remonte plus loin dans l'histoire, on voit que l'attaque japonaise contre Pearl Harbor a eu un effet semblable sur le gouvernement américain; elle a provoqué une réaction de sa part et elle a, en fin de compte, entraîné l'entrée des États-Unis dans la Seconde Guerre mondiale. Les É.-U. ont tiré des leçons du passé et pris conscience de la menace pesant sur les opérations spatiales. « Dès 2001, la Commission to Assess United States National Security Space Management and Organization a souligné, dans son rapport, que la dépendance du pays à l'égard des systèmes spatiaux l'exposait grandement au risque d'un « Pearl Harbor dans l'espace » ...¹⁴³. » Les É.-U. envisagent l'espace comme un environnement où il faut se soucier des menaces tout autant que sur terre, et ils réagissent en conséquence. La menace pesant sur les ressources spatiales est réelle, et le Canada dépend tout autant que les É.-U. des services axés sur l'espace.

Le Canada doit concentrer les efforts divergents de ses ministères en partie sur les mesures à prendre pour empêcher que les ressources spatiales nationales et les services qui en dépendent soient perturbés. Une attaque contre des systèmes spatiaux, nationaux ou partagés, ou une panne importante de ces ressources, aurait un effet important et immédiat sur le pays. En outre, les dommages collatéraux dus aux nouveaux débris qui résulteraient d'un tel événement auraient des conséquences à plus long terme pour tous les pays utilisant l'espace dans l'orbite en question et dans les orbites inférieures. Ces problèmes ne s'arrêtent pas au ciblage actif de systèmes spatiaux; il faut aussi songer aux collisions accidentelles avec des débris existants ou d'autres satellites et aux effets naturels de l'environnement spatial. Si l'effet de n'importe quel dommage semblable causé à des éléments spatiaux dont le Canada dépend est suffisamment énorme, la population, les entreprises, l'industrie et, finalement, le gouvernement s'intéresseront au problème, mais à ce moment-là, les solutions équivaldront à des réactions.

Sans une déclaration définitive précisant les intentions du gouvernement du Canada au sujet de l'espace, il est extrêmement difficile pour les divers ministères et organismes d'harmoniser leurs efforts. En outre, faute de rôles clairement définis dans ce domaine ou de chefs désignés, des volets stratégiques et des actions clés seront oubliés ou entravés, car on ne saura pas au juste qui assumera les pouvoirs. Souvent, les pays ne réagissent que si une crise se produit ou si un problème les interpelle directement. À cet égard, le Canada offre un excellent exemple. En 1978, le satellite soviétique COSMOS 954 est retombé sur la Terre en répandant des débris et des matières radioactives dans tout le Nord canadien. Ce n'est qu'alors que le Canada a pris des mesures au sujet des sources spatiales d'énergie nucléaire, et il a assumé un rôle de chef de file international dans ce domaine¹⁴⁴. Il est à espérer qu'un tel événement ne sera pas nécessaire pour que le pays élabore une politique spatiale nationale exhaustive. En songeant à l'avenir de la politique spatiale du Canada, peu importe le déclencheur qui en motivera la formulation, on trouvera sans doute les meilleures réponses en réfléchissant au passé. Il ne s'agit pas ici de fournir une réponse définitive, mais plutôt de définir la portée maximale d'une telle politique au chapitre de la protection des intérêts nationaux dans l'espace.

143. West, p. 107.

144. MacDonald, *Space Strategy*, p. 101.

5. Les options du Canada

Introduction

Il est extrêmement difficile de prédire avec une quelconque certitude l'orientation que suivront les politiques d'un pays. Les conséquences politiques d'événements imprévus, tels qu'une récession, une catastrophe naturelle ou un attentat terroriste, peuvent pousser les gouvernements dans des directions non envisagées auparavant. Au-delà de la réaction à de tels événements, il existe des idées ou des concepts qui sont relativement constants dans toutes les politiques d'un pays. Ils se manifestent souvent dans les actions antérieures des gouvernements et ils peuvent aider à définir les limites probables de leurs politiques à venir. Le débat nucléaire tenu au Canada en 1963 et celui qui a porté sur la défense contre les missiles balistiques (DMB) en 2003 nous serviront à explorer les grandes considérations relatives à la défense et à la sécurité qui se manifestent maintenant. Nous aborderons aussi les questions se posant au sujet du programme Radarsat de l'ASC, car elles montrent l'effet que certaines alliances peuvent avoir sur la définition de la politique du Canada en matière de défense et de sécurité et l'influence de la mondialisation. Nous étudierons ces situations à la lumière des cinq idées de Douglas Bland qui définissent l'intérêt national du Canada et nous appliquerons ensuite les résultats à l'environnement spatial. Cette démarche nous aidera à définir des aspects clés et les limites probables de la politique spatiale canadienne.

Le nucléaire

« L'élection de 1963, au cours de laquelle les Conservateurs de [John] Diefenbaker ont été vaincus par les Libéraux de [Lester B.] Pearson, a essentiellement été un référendum sur la façon dont Diefenbaker avait géré la question des armes nucléaires¹⁴⁵. » Dans le dossier nucléaire, le résultat final au Canada n'a pas été un débat sur les armes mêmes, mais plutôt sur la manière dont le gouvernement gérait la relation avec les États-Unis. Le débat a commencé à la fin des années 1950, quand le gouvernement canadien a acheté des CF104 Starfighter, des chasseurs CF101 Voodoo, des fusées Honest John et des systèmes de missile BOMARC-B pour les Forces canadiennes. Chacun de ces systèmes était conçu pour emporter des ogives nucléaires. À l'époque, on estimait que le Canada avait besoin de ces systèmes d'armes nucléaires pour respecter ses engagements pris envers l'OTAN et le NORAD et aider ainsi à défendre l'Amérique du Nord et l'Europe contre les Soviétiques¹⁴⁶.

La nécessité pour le Canada de posséder des forces nucléaires était perçue comme étant si importante que le Président des États-Unis, John F. Kennedy, est intervenu directement dans les discussions. Il craignait que les défenses du NORAD soient affaiblies si le Canada n'était pas lui aussi doté d'une capacité nucléaire pour enrayer une attaque déclenchée par-delà le pôle Nord¹⁴⁷. Pour le gouvernement canadien, la pression exercée par les É.-U. s'ajoutait à celle qui venait de la bureaucratie elle-même. « Diefenbaker a écrit plus tard que les bureaucrates l'avaient forcé à accepter le BOMARC et que l'establishment de la Défense avait conspiré avec son équivalent américain pour l'obliger à déployer des armes nucléaires¹⁴⁸. » À mesure que la pression s'intensifiait, la situation empirait pour le Premier ministre, car des dissensions se manifestaient aussi au sein de son parti au sujet de la question.

145. Brian Bow, « Parties and Partnership in Canadian Defence Policy », *International Journal*, vol. 64, n° 1, hiver 2008–2009, p. 71.

146. Mark A. Eaton, « Canadian Editorial Opinion and the 1963 Nuclear Weapons Acquisition Debate », *The American Review of Canadian Studies*, vol. 35, n° 4, hiver 2005, p. 643.

147. *Ibid.*, p. 644.

148. Bow, p. 81.

Diefenbaker a hésité à prendre une décision définitive sur le déploiement d'armes nucléaires en partie à cause d'une scission fondamentale au sein de son parti. Cette scission était personnifiée chez ses ministres de la Défense et des Affaires extérieures. À la Défense, Douglas Harkness voyait dans l'acceptation des armes nucléaires une façon de respecter l'engagement pris par le Canada envers le NORAD. À l'opposé, le secrétaire d'État aux Affaires extérieures, Howard Green, craignait que la présence de ces engins au Canada ne mine « la réputation de notre pays, perçu dans la collectivité internationale comme étant un des principaux champions de la limitation des armes nucléaires »¹⁴⁹. Il convient de préciser que les ogives, bien que compatibles avec les systèmes canadiens, allaient rester sous la garde des États-Unis¹⁵⁰. Cette nuance n'a pas suffi à modifier l'opinion de ceux qui s'opposaient aux ogives nucléaires, ce qui a laissé au Premier ministre une marge de manœuvre très limitée. Il s'est retrouvé à la tête d'un gouvernement minoritaire à l'issue de l'élection de juin 1962 et il a donc décidé que ce serait en n'optant pour aucune des deux positions qu'il se ménagerait les meilleures chances de conserver le pouvoir¹⁵¹. Cette attitude n'a pas beaucoup aidé à apaiser tout le monde.

En janvier 1963, les États-Unis, fatigués des tergiversations du gouvernement canadien, ont ouvertement mis en doute la sincérité des engagements pris par le Canada envers le NORAD et l'OTAN. Leurs déclarations publiques ont suscité au Cabinet un débat décisif qui s'est soldé par la démission du ministre de la Défense nationale et de deux autres ministres. Pearson, alors chef de l'opposition, a déposé une motion de non-confiance qui a fait tomber le gouvernement Diefenbaker¹⁵². Somme toute, le gouvernement n'avait pas su évaluer l'intérêt public. En 1962, une petite majorité de Canadiens était en faveur du déploiement des armes nucléaires. Cela n'était pas dû à un intérêt accru pour celles-ci, mais plutôt à la perception que le pays ne respectait pas « ses obligations envers ses alliés et qu'il nuisait ainsi de toute évidence à sa relation bilatérale avec les États-Unis »¹⁵³. En définitive, sous le nouveau gouvernement libéral, le Canada a conclu un accord en vertu duquel il s'est doté de systèmes munis d'ogives nucléaires¹⁵⁴.

La défense contre les missiles balistiques

En décembre 2002, le Président Bush a annoncé que les États-Unis déploieraient un système de DMB¹⁵⁵ pour se protéger contre de nouvelles menaces nucléaires représentées par la Chine, la Corée du Nord et peut-être même l'Iran¹⁵⁶. Cette annonce a de toute évidence suscité un débat animé au Canada sur les mérites d'un tel système. Les principaux thèmes étaient (1) la crainte d'une nouvelle course aux armements et de l'arsenalisation de l'espace, d'une part, et, d'autre part, la sécurité qu'un système de DMB procurerait, et (2) la relation du Canada avec les É.-U. en matière de sécurité. Au départ, sur le front politique, l'appui et la participation éventuelle du Canada ont paru assurés. Avant de devenir chef du parti Libéral, Paul Martin avait souscrit à l'idée d'un système de DMB¹⁵⁷. Dans un contexte plus large, une motion a été adoptée à la Chambre des Communes en 2003 qui exprimait la volonté du Canada de voir le NORAD prendre part à un tel système¹⁵⁸.

149. *Ibid.*

150. Eaton, p. 646.

151. Bow, p. 81.

152. Eaton, p. 646-647.

153. Bow, p. 82.

154. Eaton, p. 647.

155. James Fergusson, « Voulez-vous jouer avec nous? La décision sur le bouclier antimissile, le renouvellement du Commandement de la défense aérospatiale de l'Amérique du Nord et l'avenir des relations canado-américaines en matière de défense », *Revue militaire canadienne*, vol. 6, n° 2, été 2005, p. 18.

156. Eaton, p. 659.

157. Kim Richard Nossal, « Defence Policy and the Atmospherics of Canada-US Relations: The Case of the Harper Conservatives », *The American Review of Canadian Studies*, vol. 37, n° 1, printemps 2007, p. 25.

158. Canadian Broadcasting Corporation, « In Depth: Canada's Military – NORAD », <http://www.cbc.ca/news/background/cdnmilitary/norad.html> (consulté le 11 octobre 2012).

En août 2004, le Premier ministre Paul Martin a approuvé la signature d'un amendement à l'accord du NORAD, amendement qui permettrait à ce dernier de partager ses renseignements sur les alertes antimissiles aux fins des activités de défense contre les missiles. Au moment de la signature, le gouvernement canadien a bien précisé que cela ne permettrait que le partage des données de poursuite et ne signifiait pas que le NORAD assumerait la responsabilité de la défense contre les missiles¹⁵⁹. Aspect plus important, cela ne signifiait pas non plus que le Canada s'engageait à participer à la DMB. Bill Graham, alors ministre de la Défense nationale, a déclaré que le gouvernement avait pris la décision sur le partage des renseignements pour garantir la pertinence du partenariat binational qu'était le NORAD, car « les Américains étaient sur le point de construire un système de défense de leur espace aérospatial qui aurait rendu le NORAD désuet »¹⁶⁰. Bref, le changement apporté à l'accord du NORAD ne concernait pas tant la DMB que la préservation d'une relation de défense importante du point de vue politique.

Au moment du dépôt de la motion originale en Chambre, en 2003, certains Libéraux ont voté contre elle, car ils estimaient que le libellé pouvait autoriser le déploiement d'armes dans l'espace dans le cadre de l'initiative de DMB. À ce moment-là, « Paul Martin a affirmé que le Canada devait participer au projet de défense contre les missiles pour faire valoir les intérêts de notre pays dans ce contexte, mais qu'il n'était pas en faveur du déploiement d'armes dans l'espace »¹⁶¹. Ces déclarations ont défini la position du gouvernement et mis en lumière la difficulté à laquelle le Premier ministre faisait face alors qu'il tentait de faire avancer ce dossier. En fin de compte, il n'a pas pu surmonter l'opposition des membres du caucus, y compris les députés du Québec, qui dénonçaient fortement l'initiative de la DMB¹⁶². En février 2005, sans aucun avertissement, le Premier ministre Martin a annoncé que l'initiative de DMB n'était tout simplement pas dans l'intérêt du Canada, ce qui a complètement surpris et consterné le gouvernement américain¹⁶³.

Radarsat

La mise au point et le lancement des satellites canadiens Radarsat représentent un autre volet fondamental de la politique spatiale officielle de notre pays. Ils mettent notamment en lumière les écueils éventuels qu'entraîne une dépendance exclusive. En matière de défense et de sécurité, pareille dépendance risque de donner à un autre pays le pouvoir de définir les capacités du Canada ou les principes de sa politique nationale. Le dossier Radarsat montre le délicat équilibre qu'il faut souvent trouver dans les domaines de la défense et de la sécurité du Canada. Nous mettrons ici l'accent sur deux aspects : tout d'abord, les préoccupations des É.-U. au sujet des capacités du système et, ensuite, les craintes de notre pays au sujet de la vente possible de l'entreprise parente canadienne à une société américaine.

Les É.-U. estimaient que les satellites Radarsat menaçaient leurs intérêts en raison du degré de résolution des images produites par le système canadien. Ces satellites sont fondés sur une version des radars à ouverture synthétique mis au point au Canada et « prenant des images de jour et de nuit et par tous les temps à des degrés de résolution allant de 100 à 10 mètres »¹⁶⁴. Cette résolution passe

159. Nossal, p. 25.

160. Canadian Broadcasting Corporation, « In Depth: Canada's Military ».

161. *Ibid.*

162. Nossal, p. 25.

163. *Ibid.*, p. 26.

164. Roger Handberg, « Dancing with the Elephants: Canadian Space Policy in Constant Transition », *Technology in Society*, vol. 25, n° 1, janvier 2003, p. 36.

à 3 mètres avec le Radarsat-2¹⁶⁵. En définitive, c'était le degré de détail que ces systèmes pouvaient fournir et le fait que les images seraient vendues dans le commerce qui préoccupaient les États-Unis. Ceux-ci invoquaient deux motifs pour justifier leurs inquiétudes : la sécurité nationale et leurs intérêts commerciaux.

Pour ce qui est de la sécurité nationale, les É.-U. trouvaient qu'en raison de la forte résolution dont le système était capable, il fournissait trop de détails. En outre, comme les images seraient vendues dans le commerce, elles risquaient de tomber entre de mauvaises mains. Leurs craintes étaient telles, à ce sujet, que la loi américaine interdisait de doter les satellites photographiques non militaires ou non utilisés pour le renseignement de la capacité de produire des images d'une résolution comparable à celle des satellites Radarsat. Cela a peut-être aussi suscité des inquiétudes dans l'industrie américaine au sujet du projet canadien. En fait, des entreprises de l'aérospatiale américaine qui estimaient que la participation de leur pays au projet Radarsat équivalait à encourager la concurrence étrangère dans le domaine de l'imagerie terrestre ont formé un groupe de pression¹⁶⁶. Les conséquences de ces craintes étaient importantes pour le projet Radarsat-2.

La technologie photographique canadienne n'était pas menacée, mais d'autres parties du projet ont été touchées. Le Département d'État des É.-U. a interdit l'exportation au Canada de la principale structure du satellite (appelée « plate-forme bus », ou « bus ») en faisant valoir « qu'une technologie secrète risquait de tomber entre des mains non américaines ». De plus, à la demande des agences de renseignement, la NASA a décidé de ne pas faciliter le lancement du système¹⁶⁷. Face au refus américain, l'ASC et l'entrepreneur principal, MacDonald, Dettwiler & Associates Ltd. (MDA), ont collaboré avec les Européens pour acquérir un bus et mettre les systèmes en orbite¹⁶⁸. Faute de cette option, le projet n'aurait sans doute pas pu aboutir.

Les É.-U. avaient tenté d'empêcher la mise en orbite du système, mais après coup, ils en ont reconnu l'importance. « En 2008, le Département de la Défense américain a acheté pour cinq millions de dollars d'images prises par le radar commercial canadien Radarsat à ouverture synthétique »¹⁶⁹. Cette admission a par ailleurs amené des entreprises américaines à s'intéresser à la technologie, et, en 2008, MDA a annoncé sa décision de vendre sa division aérospatiale au fabricant d'armes américain Alliant Techsystems. Cette vente aurait inclus le système Radarsat-2. Cette perspective a suscité tout un émoi dans les milieux soucieux des questions spatiales, et l'ancien astronaute et chef de l'ASC, Marc Garneau, a organisé l'opposition contre la vente¹⁷⁰. En fin de compte, après un vif débat au sein du gouvernement, le ministre de l'Industrie Jim Prentice a bloqué la vente en déclarant qu'elle n'apportait rien au Canada et que celui-ci craignait que « l'application de lois étrangères » nuise à l'utilisation des satellites dans le sens de ses intérêts¹⁷¹.

165. MacDonald, Dettwiler and Associates Ltd., « Radarsat 2: Features and Benefits », http://www.radarsat2.info/about/features_benefits.asp (consulté le 19 mars 2010; le site n'existe plus).

166. Peter Calamai, « Canada Ready to Dump NASA for Space Launch; May Go to Europe to Build and Send \$305 Million Radar Satellite into Orbit », *Toronto Star*, 8 décembre 1999.

167. William Boei, « Radarsat Launch Delayed a Year After US Security Concern Forces Canadian Firm to Find New Contractor », *Canadian Press Newswire*, 17 décembre 1999.

168. Handberg, p. 36.

169. West, p. 99.

170. Canadian Broadcasting Corporation, « Sale of MDA unit leaves Canada's space ambitions in the air: Garneau ».

171. Canadian Broadcasting Corporation, « Govt. Confirms Decision to Block Sale of MDA Space Division », <http://www.cbc.ca/money/story/2008/05/09/alliant-sale.html> (consulté le 11 octobre 2012).

Leçons retenues

Dans son article intitulé « Canada's National Interest: Alliance with the United States » (L'intérêt national du Canada réside dans une alliance avec les États-Unis), Douglas Bland examine cinq idées qui sont au cœur de la politique du Canada en matière de défense et de sécurité. Bien que le titre susmentionné résume sa conclusion, nous utiliserons ici les cinq idées qu'il a proposées et nous en arriverons à notre propre conclusion en employant les exemples donnés plus haut et en appliquant l'idée au concept de la défense de l'espace. Les idées qui définissent l'intérêt national du Canada, telles qu'elles sont formulées par Bland sont les suivantes : le Canada est un pays souverain; la situation géographique du Canada le protège naturellement; la croyance des Canadiens dans le concept traditionnel de la guerre; les alliances sont ce qui sert le mieux les intérêts du Canada; les visions et les orientations contradictoires du Canada¹⁷².

Les idées de Bland circonscrivent une démarche valable, car elles traduisent les pensées d'un certain nombre d'autres auteurs du domaine et orientent la discussion. En outre, nous inclurons également ici les concepts proposés par Justin Massie, en particulier son idée sur « les trois cultures stratégiques parallèles et coexistantes : suivre le mouvement de façon prudente (*soft-bandwagoning*); souscrire à l'internationalisme défensif; équilibrer l'atlantisme discrètement »¹⁷³. La valeur du travail de Massie dans ce domaine réside dans le fait qu'il fait contrepoids à la perspective réaliste proposée par Bland. Dans son article intitulé « Making Sense of Canada's 'Irrational' International Security Policy », Massie expose « l'importance des facteurs constructivistes ou culturels » et la façon dont ils façonnent les intérêts nationaux¹⁷⁴. Les paragraphes qui suivent explorent les trois concepts susmentionnés, puis ils les appliquent aux intérêts du Canada dans l'espace. Nous utiliserons les cinq idées de Bland, qui définissent l'intérêt national, pour structurer la discussion.

Bland propose tout d'abord que « la notion du Canada étant un pays souverain est fondamentalement sous-jacente à toutes les dimensions de notre intérêt national ». Cette notion intègre la protection de l'entité physique, de la liberté politique et des idéaux de la nation¹⁷⁵. Pendant le débat nucléaire, le thème initial a été la protection du pays, mais au-delà de ce concept, il y avait la perception du Canada dans le monde. Le point de friction se situait entre les engagements pris et la réputation acquise par notre pays dans le domaine de la limitation des armements. Dans le cas de la DMB, la question s'est résumée à une analyse des avantages par rapport aux coûts : la sécurité offerte par le système, d'une part, et, d'autre part, l'opinion intérieure et la façon dont le Canada serait perçu par le monde. « Les avantages d'une participation officielle au système de DMB seraient marginaux, mais le prix politique à payer aurait été élevé, car le Canada aurait semblé être assujéti aux États-Unis. » À lui seul, le rôle consistant à donner l'alerte aux missiles, que le Canada a pu garder dans le cadre du NORAD a, parallèlement, conservé sa pertinence à notre pays aux fins de la défense aérospatiale de l'Amérique du Nord¹⁷⁶.

Ces faits montrent l'équilibre constant qu'il faut conserver entre la souveraineté et la relation canado-américaine. Massie emploie l'expression « suivre le mouvement de façon prudente » pour décrire la situation. Le concept transcende la seule préoccupation au sujet de l'État canadien souverain. Il se rapporte plutôt à l'importance de la friction entre la souveraineté et la nécessité pour

172. Douglas L. Bland, « Canada's National Interest: Alliance with the United States », *Options politiques*, vol. 28, n° 10, novembre 2007, p. 63.

173. J. Massie, « Making Sense of Canada's 'Irrational' International Security Policy: A Tale of Three Strategic Cultures », *International Journal*, vol. 64, no 3, été 2009, p. 627.

174. *Ibid.*, p. 626-627.

175. Bland, p. 63.

176. Massie, p. 635.

le Canada d'être un « voisin fiable des États-Unis »¹⁷⁷. C'est cette friction qui définit les décisions prises dans le dossier de la DMB et dans le débat nucléaire. Il ne s'agissait pas de questions se limitant exclusivement à la sécurité physique du Canada. Dans chaque cas, le Canada a dû trouver un juste milieu entre la souveraineté et un rôle suffisant en matière de sécurité pour satisfaire les É.-U. En trouvant ce juste équilibre, le pays peut atteindre ces deux objectifs.

Les circonstances ayant entouré le dossier des satellites Radarsat ont aussi mis en lumière l'équilibre à conserver entre la souveraineté et la relation avec les É.-U. et elles ont débouché sur les questions fondamentales sur l'espace qui se sont ajoutées à la discussion. Au début, le projet Radarsat a été gêné par les restrictions imposées par les É.-U. au sujet de la résolution des images. Comme le Canada dépendait des É.-U. pour obtenir la plate-forme bus et les services de lancement, ces restrictions auraient pu changer les capacités dont le Canada voulait doter le système. Il s'agissait d'un système conçu en partie pour surveiller son territoire et protéger sa souveraineté. En outre, la vente possible du système à une entreprise américaine a mis en exergue la question qui se pose quand des entreprises internationales entrent en jeu. Hormis les restrictions visant l'accès aux images, l'achat du système par des intérêts américains aurait suscité la question de savoir qui aurait été chargé de protéger le système. Plus un pays mise sur une ressource spatiale donnée, plus la question devient préoccupante. Si un système est essentiel à l'intérêt d'un pays, celui-ci ne voudra-t-il pas le protéger? Comment y parviendra-t-il si le système en question appartient à un autre pays?

D'un autre côté, les É.-U. lient leur souveraineté à l'espace et ils réagissent en conséquence. À mesure que grandira l'importance de l'espace pour leur fonctionnement, ils verront dans l'espace « un milieu vital et vulnérable qu'il faut contrôler et défendre ». Ce changement mettra l'espace au cœur du débat sur la sécurité entre le Canada et les É.-U.¹⁷⁸. Le Canada doit se préparer à participer à cette discussion, sinon il risque de perdre le contrôle fondamental de ses capacités spatiales. Ce sera là un autre débat dans lequel le Canada devra rassurer les É.-U. tout en protégeant sa souveraineté. En l'absence d'un gouvernement canadien conscient de l'importance de l'espace, l'intérêt du Canada dépendra exclusivement des décisions de Washington¹⁷⁹.

Selon la deuxième idée proposée par Bland, le Canada bénéficie d'une sécurité naturelle. Bland prend en compte l'aspect géographique et le fait que le Canada a besoin de l'aide d'autrui pour assurer sa défense. Il attire en particulier l'attention sur la relation entre les États-Unis et le Canada et sur la sécurité qu'elle procure à ce dernier¹⁸⁰. Ici encore, l'explication correspond au concept de suivre le mouvement de façon prudente formulé par Massie. Les débats sur les armes nucléaires et la DMB mettent ce point en exergue. Les deux étaient axés sur l'ampleur des responsabilités que le Canada devait assumer en matière de défense pour convaincre les Américains qu'il jouait un rôle suffisant au chapitre de la défense continentale. Essentiellement, « le Canada bénéficie de la garantie fournie involontairement en matière de sécurité, à condition de fournir une modeste contribution à la défense et à la sécurité continentales »¹⁸¹. Comment les idées de la sécurité naturelle et de suivi du mouvement de façon prudente s'appliquent-elles maintenant à l'espace?

Du point de vue national, il est important de comprendre le lien entre l'espace et la sécurité. « Le Canada est protégé par trois océans, de sorte que la seule façon pratique dont d'autres pays peuvent

177. *Ibid.*, p. 632.

178. James, « Space Is Becoming Crucial », p. 65.

179. Fergusson, « Out of Sight », p. 17.

180. Bland, p. 64.

181. Massie, p. 633.

menacer sa sécurité consiste à passer par la voie des airs ou par l'espace¹⁸². » L'espace est une voie d'accès au Canada qu'il faut protéger, non seulement parce que des systèmes peuvent l'emprunter pour atteindre le Canada, mais aussi parce qu'il s'y trouve des systèmes dont le pays dépend. Par ailleurs, il n'est pas nécessaire de frapper un pays directement si l'on peut obtenir des effets suffisants en attaquant dans l'espace des services d'importance vitale pour lui.

Les paramètres de la défense stratégique ont changé, car on remet désormais l'accent sur l'espace, ce qui nécessitera l'attention du Canada. En deux mots, le Canada doit repenser sa contribution, maintenant que les É.-U. accordent moins d'importance à l'espace aérien qu'à l'espace¹⁸³. Il doit donc trouver de nouveaux rôles de défense qu'il peut assumer et dans lesquels il peut conserver son utilité aux yeux des Américains. Un exemple actuel réside dans le projet du satellite Sapphire, mené par le MDN; le système est censé contribuer au réseau américain de surveillance de l'espace en suivant les objets sur orbites élevées. C'est là un volet de la CSE dont les deux pays ont besoin de se soucier. Le projet représente le franchissement d'une étape importante vers la redéfinition de la contribution du Canada pour lui permettre d'entretenir sa relation avec les États-Unis, mais ce n'est qu'une étape.

La troisième idée est que les Canadiens souscrivent encore aux notions traditionnelles de la guerre et que les intérêts du pays sur le plan de la sécurité sont définis en conséquence. La guerre a lieu entre deux États; son déroulement est contrôlé et suit une certaine séquence¹⁸⁴. En 1963, l'Union soviétique était la source de préoccupations, et en 2003, c'était les États parias. Ces concepts de la défense reposaient sur des menaces connues dues à des activités contrôlées par des États. À mesure que le temps passe, la guerre asymétrique ou irrégulière est de plus en plus fréquente; cette désignation sert en général à désigner une guerre qui « ne respecte ni les modèles réguliers, ni la doctrine occidentale ... » En fin de compte, précise Bland, cette forme de conflit deviendra la norme dans l'avenir¹⁸⁵. En ce qui concerne l'espace, il faut poser d'emblée qu'aucune guerre n'y a jamais été livrée.

Le fait qu'il n'y ait pas eu de guerre dans l'espace est accidentel, mais à mesure que la technologie sera commercialisée et deviendra facilement accessible, l'accès à ce milieu sera à la portée d'un plus grand nombre d'acteurs. Cela signifie qu'il faut songer à défendre l'espace, y compris les ressources qui s'y trouvent. La seule ligne directrice sur la guerre dans l'espace existe dans le TEEA, mais celui-ci est incomplet lorsqu'il s'agit de reconnaître la présence de menaces plus vastes dans l'espace. Vu son âge, le Traité se limite à l'interdiction des AMD et il est muet sur les systèmes envisagés aujourd'hui¹⁸⁶. Comme nous l'avons vu plus haut, le TEEA ne dit rien sur les concepts du transit en toute sécurité et de la défense légitime. Même « les lois coutumières internationales ... se rapportant le plus aux conflits dans l'espace sont elles aussi très subjectives et laxistes »¹⁸⁷.

Cela dit, le Canada a été clair quand on lui a demandé d'exprimer sa position : aucune arme ne doit être utilisée dans l'espace. Plus récemment, le débat sur la DMB a temporairement ramené cette déclaration dans le discours public. Des points de vue philosophique et politique, le pays ne peut pas accepter l'idée que l'on déploie des armes dans l'espace ou qu'elles fassent partie d'un système qui le fait. En définitive, cela va sans doute dans le sens des intérêts de toutes les parties se préoccupant des opérations dans l'espace. Les pays qui ont un programme spatial en sont venus à comprendre que les conséquences d'une guerre dans l'espace pour les opérations spatiales actuelles et à venir pourraient

182. Fergusson et James, *Report on Canada*, p. 6.

183. James, « Space Is Becoming Crucial », p. 67.

184. Bland, p. 64.

185. *Ibid.*, p. 65.

186. Webster, p. 54.

187. Gallagher, p. 20.

tout simplement lui enlever toute valeur¹⁸⁸. Bien qu'une telle option soit valide pour ceux qui misent sur elle, la menace demeure que l'espace est tout aussi vulnérable à une attaque de la part de ceux qui n'ont rien à perdre.

La quatrième idée étant au cœur de la politique canadienne prescrit que les alliances sont ce qui sert le mieux les intérêts nationaux du Canada. Qu'elles soient nationales ou multinationales, le Canada a toujours cherché à conclure des alliances¹⁸⁹. Les débats sur le nucléaire et la DMB reposaient fondamentalement sur cette même affirmation. D'un autre côté, le débat sur la construction, le lancement et l'achat du Radarsat a fait entrevoir l'inconvénient des alliances, quand une des parties finit par dépendre entièrement d'une autre. Dans le cas du Canada, la nécessité des alliances est claire. En matière de défense et de sécurité, le Canada a toujours adopté une démarche davantage axée sur la collaboration afin de compenser sa taille relativement petite sur les plans de la population et de la production économique.

Massie convient lui aussi que le Canada a besoin d'alliances pour assurer sa sécurité nationale, mais il voit aussi là une stratégie d'équilibrage discret de l'atlantisme. Étant donné l'identité historique du pays façonnée par la Grande-Bretagne, la France et les États-Unis, ses décisions sont fondées, il faut le dire, sur l'équilibrage de ce quadrilatère de l'Atlantique Nord. Massie emploie l'exemple de l'invasion de l'Iraq, dans le cadre de laquelle le Canada a fait d'importantes démarches pour essayer de jeter un pont entre la France et les autres. D'aucuns posent que, si une entente était intervenue avec la France, le Canada aurait envoyé des troupes en Iraq¹⁹⁰. L'équilibrage discret de l'atlantisme dans l'espace est sensiblement plus difficile, car il n'existe actuellement aucune crise immédiate touchant les quatre pays pour justifier un argument en ce sens. Ces relations particulières peuvent sans doute façonner la position du Canada sur la défense de l'espace, tout comme elles le font dans les dossiers concernant la sécurité terrestre, mais elles n'exercent actuellement aucune influence digne de mention. Pour l'heure, c'est l'isolement géographique de notre pays et la proximité des États-Unis qui engendrent une « profonde dépendance [du Canada] par rapport à son voisin du Sud »¹⁹¹. Cette dépendance suscite des questions sur la sécurité et des préoccupations au sujet de la défense dans l'espace.

Pour les É.-U., l'espace est un centre de gravité national dont la protection nécessite des « mesures légitimes de surveillance et de sécurité ». Par conséquent, « le Canada se dira prudemment en faveur des contrôles [américains], car ce sera en définitive dans son intérêt de le faire ». Ce faisant, il préserve deux intérêts nationaux : il sauvegarde les ressources alliées et civiles et il conserve sa pertinence en matière de sécurité dans des domaines où il ne peut ou ne veut pas adopter la position de l'autre partie. L'influence du Canada dans cette relation bilatérale est minime. Le Canada « cherchera à protéger ses intérêts nationaux en investissant la somme nécessaire dans une capacité nationale, puis en essayant de mettre celle-ci à profit dans le cadre d'un accord bilatéral plus vaste »¹⁹². La relation avec les É.-U. demeure essentielle aux intérêts du Canada dans l'espace, même après une situation telle que le différend au sujet de Radarsat. Pour illustrer cela concrètement, citons la volonté du Canada de jouer un rôle dans le Réseau américain de surveillance de l'espace avec le système Sapphire du MDN. En fin de compte, un engagement collectif et le contrôle de l'espace sont essentiels aux intérêts du Canada¹⁹³; or, c'est une alliance qui permet le mieux de servir ces derniers.

188. Bloomfield, p. 17.

189. Bland, p. 66.

190. Massie, p. 641.

191. Bow, p. 69.

192. James, « Space Is Becoming Crucial », p. 68.

193. Malo, p. 30.

La cinquième et dernière idée-cadre que Bland formule est que le Canada possède un certain nombre de visions et d'orientations contradictoires, en fonction du contexte où il peut le mieux trouver les moyens de garantir sa sécurité. Est-ce dans une relation étroite avec les États-Unis et l'Europe, ou dans la structure plus vaste de l'ONU¹⁹⁴? Tout comme dans la discussion sur les alliances, au cœur de chaque exemple réside un débat sur le contexte où le Canada pourrait s'assurer la sécurité dont il a besoin. Quand on parle de l'espace, la même discussion devient extrêmement difficile. Comme nous l'avons dit plus haut, le droit de l'espace – qu'il s'agisse du TEEA ou du droit coutumier international – est très vague. Parallèlement, l'espace, qui était autrefois un environnement vierge, est désormais encombré par un certain nombre d'acteurs étatiques et commerciaux y cherchant des avantages. « L'espace a déjà été perçu comme étant un sanctuaire, mais il s'apparente de plus en plus à la haute mer au XX^e siècle : c'est un territoire international ...¹⁹⁵. » Par conséquent, il faudra une démarche internationale pour le réglementer et le protéger.

« Le Canada s'est trouvé coincé entre deux rôles contradictoires, en tant que chef de file mondial militant pour le désarmement et à titre d'intervenant dans la campagne en faveur de l'intégration militaire continentale¹⁹⁶. » Les pressions dues à cet état de choses ont engendré beaucoup de tension au pays, comme en ont attesté les effets que les débats sur les armes nucléaires et la DMB ont eus sur le gouvernement. Elles ont suscité un climat où « les autorités canadiennes cherchent à formuler une politique qui satisfait Washington, n'est pas perçue comme étant déstabilisatrice par d'autres membres de la collectivité internationale et calme l'angoisse nationale au sujet de la relation inéluctable avec les [É.-U.] »¹⁹⁷. Pour le meilleur ou pour le pire, ces idées sont devenues les piliers de la politique du Canada en matière de sécurité et de défense. Afin de parvenir à un équilibre véritable dans bon nombre de ces dossiers, le Canada doit conserver une bonne réputation sur les scènes continentale et internationale.

Cela va bien de pair avec l'identité extérieure du Canada perçu comme étant « un bon citoyen de la collectivité internationale » à la lumière du concept de Massie « d'une culture stratégique internationaliste défensive ». Cette identité se définit par « le multilatéralisme (négociations, compromis), par les interventions humanitaires, par l'hésitation à recourir à la force ainsi que par l'aide et les sanctions économiques »¹⁹⁸. Cette démarche a permis au Canada d'harmoniser ses intérêts avec ceux de ses alliés avec un succès suffisant pour lui et de lui tailler sur la scène diplomatique une réputation qu'il peut exploiter pour progresser vers ses propres objectifs. Au chapitre de l'espace, le Canada comprend les préoccupations de la Russie et de la Chine face aux armes spatiales, celles de l'Europe concernant la protection de l'environnement orbital, et les intérêts des É.-U. quant à l'utilisation de l'espace à des fins militaires légitimes¹⁹⁹. Si l'on adopte un point de vue purement réaliste, il ne s'agit pas là nécessairement d'un souci authentique du Canada pour les intérêts d'autres États, mais simplement d'un moyen de gérer sa dépendance par rapport à d'autres pays. C'est sans doute en conservant cette approche fondée sur sa présence dans de multiples tribunes que le Canada peut le mieux garantir sa sécurité. Cela ne le laisse pas complètement assujéti à un pays quelconque en particulier, et il peut donc exploiter la conjoncture sur de multiples fronts pour faire avancer ses intérêts.

194. Bland, p. 66.

195. James, « Space Is Becoming Crucial », p. 68.

196. Webster, p. 52.

197. Eaton, p. 641.

198. Massie, p. 637.

199. Gallagher, p. 9.

Résumé

La politique sur la défense de l'espace est fonction de ce que le pays est prêt à accepter et à risquer. En ce qui concerne cette politique, la question fondamentale est celle de savoir s'il y aura un compromis entre la défense et les valeurs. Par extension, dans le contexte canadien, il s'agit aussi d'une discussion sur le compromis entre l'autonomie et la sécurité. La réponse ne sera jamais un simple oui ou non; elle résidera dans un certain équilibre. Quand nous avons examiné le débat de 1963 sur les armes nucléaires, le débat de 2003 sur la DMB, le dossier Radarsat et, par extension, les leçons retenues quant à la défense de l'espace, nous avons mis un certain nombre de concepts en exergue. D'abord et avant tout, il y a la relation vitale du Canada avec les États-Unis. Bien que cette relation mette la défense du Canada en gros plan, elle nécessite souvent un compromis aux chapitres de la souveraineté ou de l'autonomie. L'autonomie et la crédibilité du Canada dans les tribunes internationales comptent aussi sensiblement dans la prise des décisions concernant la défense. La relation entre le Canada et les É.-U. et la façon dont notre pays est perçu dans le monde ont des implications particulières dans le contexte de l'espace.

Le Canada ne peut vraiment parvenir à un sérieux système de défense dans l'espace que grâce à de solides partenariats avec les É.-U. En contribuant ainsi à ces derniers, le Canada se donne aussi une voix dans le dossier de la défense continentale et il place ses intérêts sous la protection des Américains. Pour le Canada, ce système a ses limites, car certaines politiques américaines ne seraient pas autorisées dans le contexte canadien. Comme il l'a fait pour régler le dilemme au sujet des satellites Radarsat, le Canada doit rester présent au niveau international dans les domaines qui importent pour lui, en partie pour influencer sur son système de sécurité intérieure. Le meilleur exemple réside dans la question de la militarisation de l'espace, à laquelle le Canada s'est toujours opposé. Sur le plan bilatéral, le Canada ne peut pas faire grand-chose. Il peut participer aux projets jusqu'à un certain point, par exemple en contribuant à la surveillance de l'espace, ou simplement s'abstenir. Sur le plan international, cependant, il peut influencer davantage sur le renforcement du droit international quand il travaille avec des pays partageant ses vues. En outre, si le Canada ne peut pas déployer d'armes dans l'espace, même des armes défensives, l'approche multilatérale internationale est la seule qui s'offre à lui²⁰⁰. James Fergusson et Stephen James résumement parfaitement les options qui restent alors au Canada en matière de défense dans l'espace : « En définitive, c'est bien d'être un observateur, mais ce ne l'est pas d'agir. On peut dire la même chose au sujet de l'espace même. Observer l'espace, c'est bien, mais c'est aux États-Unis qu'il revient d'agir à la lumière des renseignements²⁰¹. »

6. Conclusion

En ce qui concerne l'espace, la politique nationale du Canada en matière de sécurité comporte une grave lacune qu'il faut examiner. À titre d'économie avancée axée sur le savoir, le Canada dépend énormément des effets obtenus grâce aux systèmes spatiaux, mais le gouvernement central n'a aucune politique officielle sur la façon de protéger ces derniers. D'un point de vue plus général, le pays n'a aucune politique qui définisse son approche quand il s'agit pour lui de se garantir tout simplement l'accès à cet environnement vital dont sa prospérité et sa sécurité dépendent profondément. Faute d'une approche pangouvernementale clairement formulée, les divers ministères examinent les questions relatives à l'espace dans les limites de leur propre mandat. Le problème réside dans le fait que la sécurité de l'espace transcende tous ces mandats individuels. Même si on les considère dans leur ensemble, des lacunes demeurent. Elles se produisent quand des questions tombent en dehors

200. Fergusson, « Out of Sight », p. 16.

201. Fergusson et James, *Report on Canada*, p. 41.

de ces mandats ou, aspect tout aussi préoccupant, quand les mandats se recoupent et que l'on ne sait plus au juste qui est censé agir au premier chef.

La nécessité d'une grande directive nationale demeure pour synchroniser les efforts de l'État. Sans une telle approche pangouvernementale, les divers ministères oublieront des aspects clés de la défense des systèmes spatiaux du Canada et de ses objectifs dans l'espace, ou ils y passeront outre. Toutefois, quel que soit le gouvernement qui s'attaquera, ce ne sera pas là une tâche facile à accomplir. L'espace n'est en général pas perçu comme un domaine menacé, et cela fera en sorte en partie que le gouvernement s'y intéressera peu. Cette inaction est due au fait que le public ne voit pas facilement les effets des technologies spatiales, bien qu'ils soient une force motrice dans la vie de tous les jours. Tant que l'infrastructure fonctionnera et que les services seront assurés, le gouvernement ne sera pas encouragé à se préoccuper de la sécurité de l'espace. Fondamentalement, le Canada ne possède aucune politique-cadre sur la sécurité dans l'espace pour défendre les systèmes qu'il y a déployés et, en l'absence d'un déclencheur qui prendrait la forme d'une crise ou d'une pression extérieure considérable, il n'est pas susceptible d'en élaborer une.

Qu'il existe ou non une politique canadienne de sécurité dans l'espace, l'évolution de la conjoncture internationale continuera de définir l'utilisation de cet environnement. Cette évolution pourrait bien, en fin de compte, fixer les règles pour le Canada. Les traités de l'ONU sur l'espace représentent actuellement le seul régime juridique international au sujet de l'espace, et les pays ont déjà commencé à en sonder les limites. Les pays tels que les É.-U. lisent le TEEA littéralement et en déduisent que la seule interdiction vise la mise d'ADM en orbite. D'autres pays adoptent un point de vue plus large pour interpréter les documents qui, selon eux, interdisent toutes les armes dans l'espace. Les pays comme la Chine et la Russie envisagent dans l'avenir d'autres régimes qui, au-delà du TEEA, élimineraient explicitement tout acte d'agression dans l'espace et qui garantiraient parallèlement leur propre capacité offensive. Pour tenter de définir les pratiques acceptables dans l'espace, on s'est tourné vers le droit de la mer et le droit des conflits armés. Ces cadres pourraient aider à élaborer des concepts parallèles qui porteraient, par exemple, sur le droit de transit en toute sécurité dans l'espace, et aborderaient les préoccupations au sujet des systèmes ambivalents. Au-delà de ces notions, il faudra prendre en compte dans l'avenir l'industrie spatiale privée grandissante, elle qui offre déjà des vols de tourisme sur orbite basse terrestre et qui pourrait bien se doter d'autres moyens. Les grands intérêts régionaux ou les grandes alliances politiques telles que l'Union européenne pourraient eux aussi influencer sur la façon dont le droit spatial est interprété, car à l'heure actuelle, cela demeure la responsabilité de l'État-nation.

Quel que soit le cadre juridique, il est certain que l'espace est un environnement menacé. La simple action consistant à accéder à l'espace constitue une menace pour les opérations spatiales futures, car elle engendre des débris. Les systèmes ASAT, les satellites éteints et l'erreur humaine viennent ajouter à la complexité de l'espace. Si la collectivité internationale ne se préoccupe pas expressément de ces questions, tous risquent de perdre accès à l'espace dans l'avenir. Malheureusement, c'est là un débat qui ne retient aucunement l'attention du public ou des gouvernements. Comme il n'est pas facile de démontrer l'existence de la menace pesant sur l'espace, il est extrêmement difficile de demander l'élaboration d'une politique qui traduira la réalité concernant la sécurité dans cet environnement. Il faut que la perception du public change. L'espace n'est plus un sanctuaire vierge, mais bien une ressource limitée et un environnement qui a besoin d'être protégé. Ce sont là des considérations essentielles, et le Canada et le reste du monde doivent s'en préoccuper s'ils veulent continuer à profiter de l'espace, maintenant et dans l'avenir.

Abréviations

ADM	arme de destruction massive
ASAT	antisatellite
ASC	Agence spatiale canadienne
CSE	connaissance de la situation dans l'espace
DCA	Droit des conflits armés
DMB	défense contre les missiles balistiques
É.-U.	États-Unis
FC	Forces canadiennes
GPS	système de positionnement mondial
MAECI	Ministère des Affaires étrangères et du Commerce international
MDA	MacDonald, Dettwiler & Associates Ltd.
MDN	Ministère de la Défense nationale
NASA	National Aeronautics and Space Administration
NEOSSat	Satellite de surveillance des objets en orbite près de la Terre
NORAD	Commandement de la défense aérospatiale de l'Amérique du Nord
ONU	Organisation des Nations Unies
ORBITALS	Satellite d'étude de l'injection, du transport, de l'accélération et de la perte de particules énergétiques dans la ceinture de radiation extérieure
OTAN	Organisation du Traité de l'Atlantique Nord
PPWT	Traité sur la prévention du placement d'armes dans l'espace extra-atmosphérique, sur la menace de l'utilisation de la force ou sur le recours à celle-ci contre des objets dans cet environnement
SDCD	Stratégie de défense <i>Le Canada d'abord</i>
TEEA	Traité sur l'espace extra-atmosphérique
UNOOSA	Bureau des affaires spatiales des Nations Unies

Chapitre 4 – La Force aérienne a-t-elle besoin de gros simulateurs de vol à base mobile?

Major Jason Stark

Résumé

En juin 2008, le Chef d'état-major de la Force aérienne a comparu devant le Comité permanent de la défense et il a déclaré que la Force aérienne était en train d'élaborer des plans pour remédier aux lacunes sur les plans de la production et de l'absorption des pilotes, y compris des plans sur l'utilisation accrue des simulateurs de vol¹. La plupart des observateurs conviendront qu'en recourant davantage aux simulateurs de vol, on peut former plus de pilotes et, aspect plus important, aider considérablement les pilotes déjà brevetés à conserver les compétences acquises grâce à l'instruction continue sur simulateur. Cependant, peu s'entendent sur le genre de simulateur de vol qu'il faut pour réaliser une instruction continue efficace. En particulier, la question se pose de savoir si les mouvements dans tous les axes sont nécessaires pour rendre efficace l'instruction dans les simulateurs de vol complet d'avions de transport dans les Forces canadiennes? L'auteur croit que non.

La présente analyse examine comment les êtres humains réagissent au mouvement et elle applique les connaissances à cet égard à l'utilisation moderne de la plate-forme mobile de simulateur Stewart-Gough. Bien que les pilotes semblent préférer les simulateurs de vol reproduisant tous les mouvements des avions de transport, la science révèle que ces mouvements ne sont pas nécessaires. Les milieux militaires et civils de l'aviation professionnels affectent à tort des sommes considérables aux plates-formes à six degrés de liberté. En ce qui concerne les simulateurs de vol utilisés pour l'instruction continue des équipages aériens, il faudra modifier le statu quo et investir dans des technologies de rechange telles que les simulateurs de vol intégral avec sièges mobiles dynamiques.

1. Lieutenant-général Angus Watt, « Appearance before the Senate Defence Committee, 9 June 2008 », reportage de David Pugliese dans l'article intitulé « Air Force Short 250 Pilots But Getting A Handle On Retention », *Defence Watch*, juin 2008, <http://blogs.ottawacitizen.com/2008/06/13/air-force-short-250-pilots-but-getting-a-handle-on-retention/> (consulté le 9 juillet 2012).

Table des matières

Résumé	123
Liste des tableaux	125
1. Introduction	126
L'environnement aéronautique complexe	127
L'application de la simulation dans l'aviation	128
Aperçu	129
2. Simulation et simulateurs	130
Introduction	130
Histoire de la simulation des vols	130
L'homme apprend à voler	130
Les pionniers de la simulation	131
L'entre-deux-guerres	132
La Seconde Guerre mondiale	133
Après la Seconde Guerre mondiale : la nouvelle plate-forme mobile	134
La simulation à l'ère moderne et dans l'avenir	135
La fidélité des simulateurs	136
Le système de classification des simulateurs modernes	138
Résumé	139
3. Comment les êtres humains réagissent-ils au mouvement?	139
Introduction	139
Le système visuel	140
Genres de vision : la vision focale et la vision ambiante	141
Vection	142
Le système vestibulaire	143
Les canaux semi-circulaires	143
Les organes otolithiques	144
Les systèmes proprioceptif et auditif : les systèmes de renfort	144
Comment les systèmes se combinent pour détecter le mouvement global	145
Résumé	146

4. La nécessité du mouvement	147
Introduction	147
La plate-forme mobile Stewart-Gough.....	148
Les genres d’indications du mouvement.....	150
Le transfert des habiletés du simulateur à l’aéronef	151
Les études menées au Centre Volpe	153
Résumé.....	155
5. L’avenir des simulateurs de vol à six degrés de liberté	155
Introduction	155
Le mouvement n’est qu’une petite partie de la simulation	156
La solution de rechange : le système fixe	157
Résumé.....	159
6. Conclusion	159
Abréviations	163
Liste des tableaux	
Tableau 2.1. Mouvement de rotation et de translation	135

1. Introduction

Presque depuis l'invention du vol motorisé en 1903, la simulation fait partie intégrante de la formation des pilotes. Au cours des 107 ans qui ont suivi, des améliorations considérables et remarquables ont été apportées à la qualité de la simulation. Les simulateurs reproduisent maintenant les postes de pilotage avec exactitude avec tous les tableaux d'affichage, toutes les commandes et tous les instruments nécessaires. Grâce aux systèmes d'affichage visuel et à l'imagerie créée par ordinateur (CGI), on peut reproduire des milieux réalistes. Les simulateurs d'aéronef modernes ressemblent presque à des aéronefs réels, ils en reproduisent les bruits, ils créent la même impression et ils se comportent comme eux... presque. Or, le mot clé ici est « presque ». Tout au long de l'histoire de la simulation, les scientifiques et les pilotes ont cherché à atteindre l'impossible : recréer le vol d'une façon *absolue* dans les simulateurs au sol. Cette quête a donné lieu à un débat fondamental, animé et houleux, sur l'importance du mouvement dans les simulateurs. Plus particulièrement, la question s'est posée de savoir si les simulateurs de vol doivent reproduire les mouvements de l'aéronef simulé?

On ne saurait répondre à cette question simplement par un oui ou par un non. Il ne s'agit pas non plus d'établir si la simulation de tous les mouvements d'un aéronef est scientifiquement possible. De nombreux problèmes techniques complexes ont été réglés moyennant des recherches et des fonds suffisants. L'être humain s'est rendu sur la Lune, il a visité le fond des océans et il a réussi à voler à bord d'appareils plus lourds que l'air. Il est donc concevable qu'il puisse construire des simulateurs terrestres qui reproduiraient les vols d'une façon tout à fait réaliste. Avec des investissements suffisants, ces simulateurs terrestres devraient pouvoir tôt ou tard recréer tous les mouvements d'un aéronef en vol, y compris ceux dus à une force de gravitation soutenue (G). Toutefois, la véritable question qui se pose est celle de savoir si la simulation totale d'un vol est effectivement nécessaire pour former les pilotes et les aider à conserver leurs compétences. Le meilleur genre de simulateur de vol dont disposent actuellement les équipages aériens s'appelle « simulateur de mouvements complets à six degrés de liberté de niveau D ». Malheureusement, ces simulateurs sont très coûteux – entre 15 et 30 millions de dollars, tout dépendant des options choisies². Une partie considérable de ce coût est due au degré d'articulation nécessaire sur la plate-forme pour simuler les mouvements de l'aéronef. Il s'agit donc d'établir si l'investissement en vaut la peine. Le coût du simulateur mobile à six degrés de liberté est-il justifié et celui-ci contribue-t-il vraiment au maintien des compétences des pilotes? Les mouvements complets sont-ils nécessaires pour simuler le vol avec exactitude?

Dans le présent mémoire, nous analyserons en détail le débat sur les simulateurs reproduisant les mouvements des aéronefs. Cependant, notre analyse ne mettra pas l'accent sur l'entraînement initial au pilotage qui confère aux pilotes les compétences de base qu'il leur faut pour voler. Nous nous attarderons plutôt à l'instruction continue des pilotes déjà formés. Dans le monde de l'aviation complexe d'aujourd'hui, les simulateurs sont nécessaires pour donner aux pilotes un entraînement complet. Loin de se limiter aux habiletés de base, celui-ci porte sur les communications, la gestion des ressources en équipe, la gestion du vol et du carburant, les règlements, les procédures applicables dans l'espace aérien et les systèmes de bord. Contrairement à l'industrie aéronautique, la Force aérienne du Canada ne pourra jamais en arriver à un entraînement sans aucune heure de vol réel (ZFTT) en raison de la nature complexe de ses rôles, et elle ne doit pas non plus viser à y parvenir. Les pilotes militaires exécutent de multiples missions qui se situent complètement en dehors de la gamme normale des vols civils. Les vols à basse altitude, les attaques, le largage aérien, les arrivées et les départs tactiques à des aérodromes aménagés en territoire ennemi et le vol en territoire montagneux, voilà quelques exemples d'opérations de haute intensité et axées sur des missions bien précises pour

2. Courriel entre le major Jason Stark et Nathalie Bourque, vice-présidente, Affaires publiques et communications mondiales, 2 février 2010.

lesquelles l'entraînement à bord d'aéronefs réels demeurera nécessaire. Toutefois, après avoir reçu l'instruction qui les mène au niveau opérationnel à bord d'avions de transport, les pilotes peuvent bénéficier d'une meilleure instruction continue à moindres frais en utilisant des simulateurs de vol moins coûteux pour créer un « environnement » de vol virtuel.

L'environnement aéronautique complexe

La complexité de l'environnement aéronautique s'est accentuée en même temps qu'a évolué l'aviation. Dans le monde de l'aviation professionnelle et militaire, les vols dits « de base » n'existent plus. Les aéronefs modernes sont des appareils extrêmement complexes nécessitant de la part des pilotes des compétences toutes aussi perfectionnées en gestion. Le nombre de situations d'urgence critiques exigeant une réaction immédiate du pilote d'un CC130E/H Hercules s'établit à 22, tandis qu'à bord d'un CC177 Globemaster III, il est de quatre³. Cela ne signifie cependant pas que le CC177 est un avion moins complexe. Au contraire, il faut savoir que la liste de contrôle de l'équipage du CC130E comporte 61 défauts de fonctionnement possibles, tandis que celle du CC177 en compte plus de 500⁴. Voilà qui en dit long sur la nature complexe des aéronefs modernes! Les aéronefs et le monde de l'aviation sont en train de changer. Souvent, pour décrire la tâche consistant à piloter un aéronef d'un point A à un point B, on dit plutôt que l'on « gère le vol » plutôt que l'on « pilote l'avion »⁵.

L'espace aérien où les pilotes modernes sont aux commandes de leur aéronef est lui aussi plus complexe qu'avant, à cause de la densité accrue de la circulation aérienne. Afin de régler cette dernière et d'éviter les collisions en plein vol, on a imposé des règles et des consignes compliquées. Malgré tout, même avec la technologie et la réglementation actuelles, on en arrive rapidement au stade où les moyens de contrôle de la circulation aérienne (CCA) ne suffisent plus à la tâche. Les systèmes de navigation terrestres et par satellite sont à même de permettre un accroissement de la densité de la circulation en autorisant les aéronefs à suivre une route directe plus efficace entre deux points⁶. Le perfectionnement prévu des capacités technologiques et l'intensification de la circulation obligeront les pilotes à comprendre des règles de vol plus compliquées, tandis que la marge d'erreur continuera de diminuer.

L'environnement aéronautique moderne combine des systèmes de bord complexes à un cadre tout aussi complexe de contrôle de la circulation aérienne. Souvent, si l'on exclut le décollage et l'atterrissage, les longs vols de transport sont exécutés grâce à des ordinateurs de bord et à des systèmes automatisés que l'équipage gère. Les risques et les dangers liés aux pannes des systèmes et entraînant des situations d'urgence catastrophiques ont été considérablement réduits par l'augmentation de la moyenne des temps de bon fonctionnement (MTBF) des systèmes des aéronefs modernes⁷. Les équipages doivent s'entraîner à faire face aux pannes catastrophiques susceptibles d'entraîner des pertes de vie et d'équipement, mais il est impératif qu'ils apprennent aussi à composer avec les nouvelles situations d'urgence et pannes dues aux nouveaux dangers inhérents à l'interface homme-machine. Ces nouveaux dangers sont au cœur de l'instruction continue des pilotes, et il faut que les simulateurs de l'aviation mettent l'accent sur eux.

3. Division aérienne du Canada, C-12-130-000/MB-005, *CC130 Hercules Flight Crew Checklist Change 2000-02-18*, Ottawa, ministère de la Défense nationale, 1998, et United States Air Force, 1C-17A-1, *C-17 Flight Manual Change 4*, Base aérienne Wright Patterson, Département de la Défense, 2006.

4. *Ibid.*

5. Matthew W. Blake, « The NASA Advanced Concepts Flight Simulator: AIAA Paper 96-3518 », *AIAA Meeting Papers on Disc*, San Diego (Californie), AIAA Flight Simulation Technologies Conference, du 29 au 31 juillet 1996, p. 385.

6. *Ibid.*

7. Boeing Aviation Safety, *Statistical Summary of Commercial Jet Airplane Accidents*, Seattle (Washington), Aviation Safety Boeing Commercial Airplanes, juillet 2009, diapositive 23. http://www.boeing.com/aboutus/govt_ops/reports_white_papers/commercial_jet_airplane_accidents_statistical_summary.pdf (consulté le 9 juillet 2012).

L'application de la simulation dans l'aviation

Les simulateurs d'aéronef remplissent trois fonctions fondamentales dans le domaine de l'aviation. Tout d'abord, ce sont des composantes essentielles de l'entraînement des pilotes. On peut dire sans craindre de se tromper que tous les pilotes professionnels militaires ou civils ont enregistré des heures dans un simulateur de vol. Si les pilotes n'utilisent pas les simulateurs au cours de leur entraînement de base au vol, il est certain qu'ils y recourront, une fois qualifiés, pour maintenir leurs compétences. En deuxième lieu, les simulateurs jouent un rôle exclusif aux stades de l'acquisition et de la mise à l'essai des aéronefs de présérie et des flottes établies. Enfin, ce sont des plates-formes de choix pour la recherche en aviation. La présente section est principalement axée sur l'instruction des pilotes, mais il importe de souligner que les trois applications susmentionnées jouent des rôles clés dans l'aviation.

Les simulateurs offrent la possibilité de s'éloigner de la réalité de façon à accroître la rentabilité et l'application de l'instruction. Ils permettent à l'équipage de voler sans consommer de carburant, de « vivre » une panne de moteur et de commandes de vol sans craindre des blessures, et de modifier instantanément l'heure qu'il est et les paramètres géographiques pour atteindre des objectifs d'entraînement particuliers. Les simulateurs permettent même aux équipages de suspendre le vol pour discuter d'un plan d'action ou de la réaction anticipée de l'aéronef⁸. Grâce aux simulateurs, les instructeurs-pilotes peuvent contrôler tous ces facteurs extérieurs, mais aussi augmenter et réduire la charge de travail des pilotes stagiaires, selon le cas, pour que ceux-ci puissent se concentrer sur la leçon en cours. C'est cette capacité de contrôler « la réalité » qui fait des simulateurs un outil indispensable dans l'instruction des pilotes. L'entraînement sur simulateur est si efficace et largement accepté que le programme de qualification initiale des pilotes de CC177 prévoit 41 missions (113 heures) sur simulateurs et seulement trois (19 heures) aux commandes d'un avion réel, avant la certification⁹.

Comme nous l'avons mentionné, l'instruction des pilotes n'est qu'un aspect de la simulation des vols. L'utilisation des simulateurs aux fins de l'acquisition et de la mise à l'essai des aéronefs importe tout autant. Grâce à la possibilité de simuler un aéronef, les ingénieurs et les pilotes peuvent évaluer de nouveaux systèmes, équipements ou consignes sans risquer de compromettre la sécurité aérienne. Ainsi, la simulation a permis aux pilotes de s'entraîner sur le nouveau Boeing 777 avant même qu'il soit construit¹⁰; elle a aussi rendu possible, au stade de la présérie, la mise à l'essai des systèmes ergonomiques des pilotes, des tableaux de commande et de la présentation de l'information, ainsi que la mise à l'essai et l'évaluation en toute sécurité des changements aérodynamiques éventuels dans l'aéronef de post-série. En 2007, les ingénieurs de Boeing ont voulu ajuster les formules algorithmiques qui contrôlaient les commandes de vol électriques du CC177. Les nouveaux algorithmes ont été mis à l'essai et évalués dans le simulateur avant d'être appliqués aux avions réels.

La dernière application de la simulation en aéronautique a lieu dans le domaine de la recherche. Les psychologues de l'aviation sont capables d'utiliser les simulateurs de vol pour recréer des accidents ou des incidents d'aviation antérieurs afin de repérer quand les communications et/ou la coordination entre les membres d'équipage ont fait défaut. En outre, les chercheurs peuvent se servir des simulateurs afin d'évaluer le comportement des équipages sous l'influence de divers agents de stress et stimuli. Par exemple, ils peuvent étudier les effets du manque de sommeil sur le rendement

8. Michael E. McCauley, *Do Army Helicopter Training Simulators Need Motion Bases?*, Arlington (Virginia), US Army Research Institute for the Behavioral and Social Sciences, Numéro de projet de l'Armée 622785A790, 2006, p. 4.

9. Courriel échangé entre les majors Jason Stark et Jean Maisonneuve, Équipe d'évaluation et de normalisation du transport et du sauvetage (EENTS) pour le C17. Renvoi au Plan d'instruction initial sur le du C17 canadien, 27 janvier 2010.

10. Jonathan Gabbai, « The Art of Flight Simulation », Section 1.2, <http://gabbai.com/academic/the-art-of-flight-simulation> (consulté le 9 juillet 2012).

de l'équipage dans un simulateur en toute sécurité mais non à bord d'un avion réel¹¹. L'Institut Volpe aux États-Unis a eu recours à des simulateurs pour mesurer la performance des pilotes dans une multitude de tâches leur étant propres. Effet secondaire ironique, les simulateurs de vol complet permettent aux psychologues du comportement d'évaluer l'efficacité des simulateurs eux-mêmes! Grâce à ceux-ci, les chercheurs peuvent évaluer le transfert des compétences entre les simulateurs et l'aéronef dans des conditions sûres et contrôlées.

Aperçu

Afin de démontrer que la simulation à six degrés de liberté n'est pas nécessaire pour procurer aux pilotes une instruction continue de qualité aux commandes d'un avion de transport, nous divisons le présent mémoire en six sections. Tout d'abord, il est essentiel de comprendre quelle a été l'évolution de la simulation des vols si nous voulons en prédire l'orientation à venir. Par conséquent, la Section 2 parlera de l'histoire et de l'évolution des simulateurs de vol. Ensuite, elle décrira les divers degrés de fidélité des simulateurs. Enfin, elle présentera le cadre dans lequel les divers niveaux de simulateurs d'aéronef sont catégorisés et étiquetés.

Afin d'évaluer l'importance du mouvement pour la simulation des vols, il est impératif de se renseigner sur les méthodes que les humains emploient pour s'adapter au mouvement. C'est là l'axe principal de la Section 3. Pour ressentir le mouvement, l'être humain adopte un comportement complexe faisant intervenir de nombreux systèmes différents. Certains sont évidents, par exemple les systèmes visuels et vestibulaires. D'autres, tels que les systèmes proprioceptif et auditif, sont beaucoup plus subtils. Quoi qu'il en soit, tous les sens entrent en jeu et jouent un rôle clé pour créer la sensation d'immersion nécessaire afin de simuler efficacement la réalité.

La Section 4 explique comment le mouvement est créé physiquement dans les simulateurs de vol. Nous y passerons en revue et nous y évaluerons les toutes dernières études faites dans le domaine. Nous évaluerons l'importance du mouvement en fonction des signes de perturbation. Enfin, nous verrons à quel point le mouvement influe sur l'acquisition des compétences, puis sur le transfert à bord de l'aéronef des connaissances acquises à l'instruction sur simulateur.

La Section 5 fait voir comment l'industrie civile et les autorités de réglementation abordent le débat sur les mouvements reproduits par le simulateur. Comme nous y faisons allusion plus tôt, l'environnement aéronautique moderne est déjà fort complexe et il le devient sans cesse davantage. Par conséquent, la présente section mettra l'accent sur les meilleurs moyens à prendre pour relever les défis de ce nouvel environnement et pour le faire de la façon la plus rentable possible.

Enfin, la Section 6 conclura notre analyse et exposera nos réflexions sur l'avenir de la simulation des vols militaires. Les forces armées sont des utilisateurs très particuliers de l'espace aérospatial, de sorte qu'elles ne peuvent pas faire leurs tous les progrès accomplis par l'aviation civile. Malgré tout, l'objectif est semblable, en ce sens que, de part et d'autre, on veut produire des équipages aériens efficaces, professionnels et soucieux de la sécurité et le faire d'une manière rentable.

11. Gregory D. Roach et coll., *The Effects of Fatigue on the Operational Performance of Flight Crew in a B747-400 Simulator*, Adelaide, Centre for Sleep Research, University of South Australia, 2006.

2. Simulation et simulateurs

Introduction

Pour analyser la nécessité du mouvement dans les simulateurs de vol, le lecteur doit posséder de solides connaissances de base sur l'évolution des simulateurs modernes. En outre, il faut avoir des connaissances et une terminologie de base pour comprendre les subtilités de la nomenclature de ces derniers. La présente section définira le contexte historique dans lequel se situe le débat sur la nécessité du mouvement.

La section comporte trois parties. D'abord, nous expliquons l'évolution du simulateur de vol moderne avec mouvements. Au cours du dernier siècle, l'industrie aéronautique a assisté à de formidables progrès de la technologie, de sorte que les simulateurs de vol sont maintenant couramment utilisés. L'histoire de la simulation expliquera le chemin parcouru et l'orientation que nous semblons vouloir suivre dans ce domaine. Dans la deuxième partie, nous fournirons les définitions de base relatives à la fidélité des simulateurs. Tout le débat sur les mouvements nécessite une solide compréhension des concepts de fidélité et des divers genres de fidélité auxquels l'industrie de la simulation fait référence. En dernier lieu, nous expliquerons et définirons le système actuel de classification et la nomenclature des simulateurs. Ainsi, le lecteur pourra comprendre comment les différents degrés de fidélité débouchent sur la gamme complète des catégories de simulateurs de vols.

Histoire de la simulation des vols

À l'ère de l'aviation moderne, la simulation est une technique établie que l'on emploie pour reproduire l'interface homme-machine nécessaire pour piloter un aéronef en toute sécurité et avec efficacité. Le rôle principal d'un simulateur consiste à « imiter le comportement dynamique du véhicule de vol »¹². Tout au long de l'histoire de l'aviation, cela en a été l'objet primordial. Les simulateurs de vol modernes employés aujourd'hui représentent le point culminant d'un siècle d'évolution technologique, psychologique et technique.

L'homme apprend à voler

En 2009, le Canada a célébré le 100^e anniversaire du premier vol motorisé chez lui. Le 23 février 1909, Douglas McCurdy a exécuté le premier vol motorisé au Canada quand il a décollé depuis le lac Bras d'Or à Baddeck (Nouvelle-Écosse). Son premier vol à bord du fameux biplan *Silver Dart* n'a duré que quelques minutes, mais il a atteint une vitesse de 65 kilomètres à l'heure et une altitude de plus de neuf mètres¹³. C'était là une remarquable amélioration par rapport au premier vol des frères Wright à Kitty Hawk (Caroline du Nord), qui avait eu lieu à peine cinq ans plus tôt. Le vol à bord d'un aérodyne a évolué rapidement. Par conséquent, ces premiers jours de l'aviation ont été marqués par de multitudes d'accidents, de blessures et de décès¹⁴. On a immédiatement compris que le vol était une entreprise dangereuse, et l'on s'est mis à essayer d'améliorer l'instruction en créant un environnement simulé sûr.

Les frères Wright ont tout de suite vu que le pilote jouait un rôle clé dans la maîtrise d'un aéronef. D'autres scientifiques et inventeurs de l'époque croyaient que les aéronefs seraient fondamentalement des appareils stables qui ne nécessiteraient qu'un apport minime du pilote, mais les frères Wright ont

12. Gabbai, « The Art of Flight Simulation ».

13. Centennial Celebration Baddeck 2009, « The Flight of the Silver Dart », <http://www.flightofthesilverdart.ca/> (consulté le 9 juillet 2012).

14. Le 17 septembre 1908, l'avion piloté par Orville Wright s'est écrasé. Il a survécu à l'accident, mais son passager, le lieutenant Thomas Sulfridge, a été tué. Cela a été consigné dans les registres comme étant un des premiers décès de passagers dans l'aviation. Voir http://inventors.about.com/library/inventors/bl_wright_brothers.htm (consulté le 9 juillet 2012).

compris que « le pilote d'un aéronef [était] le contrôleur actif et qualifié d'un véhicule instable »¹⁵. Ils se sont mis à militer pour l'instruction des pilotes afin d'en faire des participants actifs et non des observateurs passifs. À la lumière de ce constat, l'évolution de l'instruction des pilotes s'est amorcée promptement. Depuis, la dimension humaine de l'instruction des pilotes est devenue si importante que tout un secteur de la psychologie a été consacré à l'étude de la façon dont les pilotes traitent l'information et réagissent au stress lié au vol. Cet accent mis sur l'élément humain de l'instruction des pilotes a été le facteur sous-jacent qui a stimulé la mise au point des simulateurs de vol. Dès 1910, deux principaux simulateurs de vol étaient déjà employés pour évaluer et cerner les aptitudes éventuelles au pilotage des candidats : le moniteur Sanders (*Sanders Teacher*) et le baril d'apprentissage Antoinette (*Antoinette Apprenticeship Barrel*).

Les pionniers de la simulation

Le moniteur Sanders était un aéroplane modifié monté sur un joint universel. Le concept de la simulation consistait à orienter le moniteur face au vent dominant¹⁶. Si le vent était suffisant, le pilote pouvait sentir comment les commandes de l'appareil fonctionnaient, un peu comme un pilote installé dans un planeur au sol peut s'exercer à maintenir les ailes à l'horizontale dans un fort vent debout.

Le numéro du 10 décembre 1910 du *Flight Magazine* a vanté le moniteur Sanders comme étant « un appareil qui permettra au novice de se faire une bonne idée du fonctionnement des commandes d'un aéroplane et des conditions existant dans les airs, sans s'exposer personnellement à des risques et en toute sécurité pour les autres »¹⁷. Malheureusement, le moniteur dépendait complètement du vent dominant, et c'est pourquoi il n'a pas connu un succès retentissant.

Les constructeurs du baril d'apprentissage Antoinette ont abordé le concept de la simulation des vols sous un angle différent. Afin d'éviter entièrement de dépendre de l'environnement naturel « réel », on a assujéti l'Antoinette aux apports de l'instructeur. Le système se composait de deux demi-barils montés et déplacés manuellement afin de reproduire le tangage et le roulis. L'aspirant-pilote prenait place dans le baril supérieur et il devait aligner une barre de référence latérale avec l'horizon¹⁸.

Le même problème affligeait tant le Sanders que l'Antoinette : ni l'un ni l'autre appareil n'améliorait vraiment la capacité d'apprendre à des pilotes à faire voler un véritable avion. Avec le déclenchement de la Première Guerre mondiale, il a fallu produire de nombreux pilotes en peu de temps. Par conséquent, on se servait des simulateurs surtout pour sélectionner les pilotes éventuels. Beaucoup de ces dispositifs ont été mis au point pour évaluer les aptitudes des pilotes. Par exemple, certains visaient à mesurer la vitesse à laquelle le pilote ramenait le véhicule en état d'équilibre¹⁹. D'autres appareils reposaient sur de fausses hypothèses concernant la façon dont l'être humain réagit au mouvement et s'oriente dans son environnement. Tel était le cas du *Ruggles Orientator* (orienteur *Ruggles*).

15. Pamela S. Tsang et Michael A. Vidulich, « Introduction to Aviation Psychology », *Principles and Practice of Aviation Psychology* (sous la dir. de) Pamela S. Tsang et Michael A. Vidulich, p. 1-19, New York, CRC Press, 2003, p. 2.

16. J. M. Rolfe et K. J. Staples, *Flight Simulation*, Cambridge, Cambridge University Press, 1986, p. 15.

17. D. M. Howard, « The Sanders Teacher », *Flight*, vol. 2, no 50, 10 décembre 1910, p. 1006, <http://www.flightglobal.com/pdfarchive/view/1910/1910%20-%201008.html> (consulté le 9 juillet 2010).

18. Walter F. Ullrich, « A History of Simulation: Part II – Early Days », *MS&T Magazine*, p. 5, 2008 <http://halldale.com/insidesnt/history-simulation-part-ii-early-days> (consulté le 9 juillet 2012).

19. Ray L. Page, « Brief History of Flight Simulation », *SimTechT 2000 Proceedings*, Sydney, The SimtechT 2000 Organizing and Technical Committee, 2000, p. 2, <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.132.5428&rep=rep1&ctype=pdf> (consulté le 9 juillet 2012).

Ce dernier appareil était conçu en fonction de la théorie selon laquelle le système vestibulaire serait tout aussi efficace dans les airs qu'au sol. On pensait pouvoir prévenir la désorientation en vol grâce à l'instruction. L'« orienteur » était un siège monté dans un anneau de cardan capable de faire virevolter l'occupant dans les trois axes²⁰. Il avait pour but déclaré d'apprendre aux aviateurs « à s'habituer à toute position possible dans laquelle ils risquaient de se trouver par suite du mouvement de l'aéroplane en vol »²¹.

On a plus tard prouvé que l'orienteur Ruggles ne pouvait pas répondre à ces exigences. Les scientifiques et les inventeurs n'avaient pas encore compris à fond comment les simulateurs pourraient être utilisés et comment les êtres humains réagissent au mouvement. Au moment où la Première Guerre mondiale commençait, les simulateurs n'ont eu aucune influence sur l'instruction des pilotes, car elle n'en était qu'à ses balbutiements²².

L'entre-deux-guerres

Personne n'a dominé le peloton pour ce qui était de concevoir un appareil de simulation du vol, jusqu'à l'arrivée de l'inventeur Edwin Link et de son dispositif breveté, le *link trainer*. Link était un mordu de l'aviation et il était déçu de la qualité des cours de pilotage offerts alors. Pour remédier à la situation, il s'est consacré, entre 1927 et 1929, à la création du *link trainer*.

Link était ingénieur dans l'entreprise de son père, la Link Piano and Organ Company; il a mis son simulateur au point en mettant à profit ses connaissances sur la fabrication des orgues pour créer « une machine munie d'une plate-forme pneumatique mobile actionnée par des soufflets »²³. Ceux-ci servaient à reproduire le tangage, le roulis et les mouvements de lacet. L'appareil original n'avait aucun instrument dans le poste de pilotage, mais il était muni de commandes de vol. Les mouvements du manche à balai et des pédales du gouvernail de direction étaient transmis à une pompe électrique aspirante située dans la base fixe. La pompe actionnait diverses soupapes de contrôle qui faisaient bouger la plate-forme²⁴. L'exactitude des mouvements était extrêmement subjective et l'on parvenait à les maîtriser à force d'essayer. Le *link trainer* était conçu pour faire ressentir aux aspirants-pilotes comment un aéronef répond aux commandes de vol. Toutefois, celles-ci fonctionnaient indépendamment les unes des autres, de sorte que le simulateur révélait l'attitude de l'aéronef, au lieu de donner des indications précises sur son mouvement.

Vers la fin des années 1920, l'aviation a subi une pénible évolution, à mesure que la nécessité de pouvoir « voler sans visibilité » devenait évidente. Les avions devenaient des véhicules tous temps, comme le lieutenant-colonel James « Jimmy » Doolittle l'a montré en 1929, quand il a exécuté un vol complet, depuis le décollage jusqu'à l'atterrissage, sans jamais avoir l'horizon pour point de référence visuel²⁵. Cependant, il fallait avoir appris à voler aux instruments pour accomplir ce genre de mission. Le manque d'une instruction à cet égard s'est avéré fatal pour les pilotes du Corps d'aviation de l'Armée des États-Unis (USAAC). En février 1934, le USAAC a assumé la responsabilité d'acheminer le courrier national, et le Service du courrier du Corps d'aviation de l'Armée (AACMO) a été créé. Malheureusement, 66 de ses aéronefs se sont écrasés, et 12 aviateurs

20. Kevin Moore, « A Brief History of Aircraft Flight Simulation », <http://homepage.ntlworld.com/bleep/SimHist1.html> (consulté le 9 juillet 2012).

21. Rolfe et Staples, p. 17.

22. *Ibid.*, p. 16.

23. Ascent-UK, « History of Flight Simulators », 2007, <http://www.ascent-uk.co.uk/history.htm> (consulté le 9 juillet 2012).

24. *Ibid.*

25. US Centennial of Flight Commission, « Jimmy Doolittle – Aviation Star », http://www.centennialofflight.gov/essay/Air_Power/doolittle/AP17.htm (consulté le 9 juillet 2012).

ont ainsi trouvé la mort. C'est pourquoi ce service a été abandonné en avril de la même année²⁶. Bon nombre de ces écrasements avaient été dus à la perte de la maîtrise de l'avion par mauvais temps.

L'échec de l'AACMO a changé à jamais les opérations de vol militaires. En effet, l'Armée américaine a alors acheté des *link trainers* améliorés munis de tous les instruments de bord²⁷. Le concept du « vol par instinct » avait fait son temps, et les simulateurs ont dès lors eu un rôle à jouer lorsqu'il s'est agi d'apprendre aux pilotes à faire voler leur avion en recourant aux instruments qui l'équipaient. C'est ainsi que la question de l'emploi des simulateurs pour reproduire le mouvement de l'avion est revenue à l'ordre du jour. Link lui-même a eu du mal à convaincre les autres que le mouvement était indispensable dans tout simulateur. Par conséquent, si l'on excepte le link trainer, la nécessité d'apprendre aux pilotes à voler aux instruments a entraîné l'utilisation et la mise au point de simulateurs à base fixe jusqu'à « l'ère de la simulation avec mouvements véritables »²⁸.

La Seconde Guerre mondiale

La simulation des vols n'a pas contribué vraiment à l'instruction des pilotes pendant la Première Guerre mondiale, mais au cours de la Seconde, la popularité des simulateurs a grandi rapidement. Le rôle de l'aviation avait effectivement changé grandement pendant l'entre-deux-guerres. Aux États-Unis, l'expérience vécue par l'AACMO a suscité un vif désir d'améliorer l'instruction. Entre 1939 et 1945, plus de 10 000 *link trainers* ont servi à former des pilotes alliés²⁹. L'augmentation du rayon d'action des avions a obligé les pilotes à acquérir de nouvelles compétences en navigation. En raison de la complexité accrue des avions, les équipages ont dû apprendre à appliquer des consignes complexes et à gérer les ressources en équipe. Pour ces rôles, les simulateurs à base fixe étaient idéaux.

Au cours de la Seconde Guerre mondiale, de multiples simulateurs à base fixe ont été créés et inventés, en plus du *link trainer*. Les premiers systèmes étaient des fuselages d'entraînement installés dans des hangars. Ils ne bougeaient aucunement, mais tous les instruments, les indicateurs, les commandes et les systèmes fonctionnaient comme ceux d'un avion réel³⁰. Ces simulateurs immobiles à base fixe permettaient aux équipages de s'exercer à suivre les consignes normales et d'urgence, par exemple le largage des bombes et l'évacuation du bord, respectivement. Le simulateur Silloth comptait parmi les appareils de ce genre.

Le simulateur Silloth a été mis au point en 1941, à la Station de la Royal Air Force du même nom. L'appareil original était un bombardier léger et avion de reconnaissance Lockheed Hudson installé sur une base immobile. Le fuselage était muni de systèmes électriques et pneumatiques destinés à « simuler les indications des instruments, le bruit des moteurs et le mouvement pour conférer un certain 'réalisme' à l'instruction »³¹. Il était conçu pour enseigner aux équipages les consignes propres à l'aéronef, et d'aucuns estiment qu'il a été le précurseur des simulateurs de vol modernes. D'autres genres d'aéronefs — par exemple, des Wellington, des Lancaster, des Halifax et des Dakota — ont été transformés en simulateurs Silloth avant la fin de la guerre³².

26. John T. Correll, « The Air Mail Fiasco », *Air Force Magazine*, vol. 91, n° 3, mars 2008, <http://www.airforce-magazine.com/MagazineArchive/Pages/2008/March%202008/0308airmail.aspx> (consulté le 9 juillet 2012).

27. Moore.

28. Rolfé et Staples, p. 20.

29. Ascent-UK.

30. Rolfé et Staples, p. 27.

31. Wartime Memories Project, « Information », <http://www.wartimememories.co.uk/airfields/silloth.html> (consulté le 9 juillet 2012).

32. John M. Rolfé, « Two Cambridge Inventors », *Royal Aeronautical Society: Flight Simulation Group*, http://www.raes-fsg.org.uk/18/The_Cambridge_Cockpit/ (consulté le 9 juillet 2012).

Malgré l'importance contestable du mouvement, les simulateurs de mouvement Link ont continué à dominer l'industrie de la simulation dans le domaine de l'aviation. En 1941, la Link Corporation a inclus un système visuel rudimentaire dans le premier simulateur de navigation astronomique qu'elle a livré à la Royal Air Force. Conçu pour enseigner aux équipages les principes fondamentaux de la navigation astronomique, il comprenait une grande plate-forme mobile Link que commandait le pilote, et il y avait des postes pour le bombardier et le navigateur. Le navigateur disposait d'un grand panorama collimaté de 12 étoiles, et celles-ci se déplaçaient sur un plafond voûté; le navigateur pouvait s'en servir pour calculer sa position. Le simulateur était une installation massive d'après les normes de l'époque, et il était logé dans un immeuble de 45 pieds de hauteur en forme de silo³³.

Après la Seconde Guerre mondiale : la nouvelle plate-forme mobile

La Seconde Guerre mondiale a prouvé la validité de la simulation aux fins de l'instruction des équipages aériens. Les forces armées ont dominé les débuts de l'aviation et de la simulation. Cependant, quand l'aviation commerciale à grande échelle est devenue un domaine d'affaires viable, les compagnies aériennes civiles se sont intéressées à la simulation, en un premier temps, puis elles ont été séduites par elle. La Curtis-Wright Corporation est entrée dans le domaine de la simulation des vols en 1943, et elle a mis au point le premier simulateur complet du Boeing 377 Stratocruiser. Une autre entreprise appelée Rediffusion a reçu un contrat de la British Overseas Airways Corporation (l'ancêtre de la British Airways) pour construire un simulateur semblable. Toutefois, les simulateurs de mouvement sont demeurés en minorité jusqu'à la fin des années 1950 et au début des années 1960. Malgré le rôle dominant qu'il jouait pour ce qui était de reproduire les consignes et procédures, le concept de l'entraînement au vol avec système de mouvement complet est demeuré, et les constructeurs ont continué à formuler des propositions pour créer des simulateurs de mouvement. Cependant, il a fallu attendre jusqu'en 1958 avant que des compagnies aériennes décident d'en acheter. Rediffusion a produit le premier simulateur de mouvement qui a reproduit le tangage³⁴.

Dans le débat sur les simulateurs et le mouvement, l'année 1966 marque la prochaine percée technologique. Cette année-là, tandis qu'il travaillait pour le Space and Weapons Research Establishment for aviation, D. Stewart a publié une proposition pour construire « une base mobile de simulateur de vol, c'est-à-dire une plate-forme triangulaire mobile qui serait soutenue par trois jambes articulées »³⁵. Combinée aux travaux menés par le chercheur V. E. Gough, cette proposition a mené à l'invention de la plate-forme Stewart-Gough (communément appelée « plate-forme Stewart » tout simplement). Ce système permettait d'installer un cockpit d'avion sur une plate-forme mobile pour recréer le mouvement à six degrés de liberté (six axes différents).

À ce stade-ci, il importe de définir clairement ce que l'on entend par « six degrés de liberté ». Tous les mouvements d'un aéronef en vol ont lieu soit autour (rotation), soit le long (translation) des axes transversal, longitudinal et vertical (voir le Tableau 2.1). Le mouvement de rotation *autour* de l'axe transversal est décrit par le mot « tangage », tandis que le « roulis » correspond au mouvement autour de l'axe longitudinal, et le « lacet », au mouvement autour de l'axe vertical. Le mouvement de translation *le long* de l'axe transversal est désigné par le mot « oscillation », le mouvement le long de l'axe longitudinal, par le mot « impulsion », et le mouvement le long de l'axe vertical, par le terme « soulèvement ». Les aéronefs en vol sont assujettis à ces six genres de mouvements, et

33. Rolfé et Staples, p. 26

34. *Ibid.*, p. 33.

35. E. F. Fichter, D. R. Kerr et J. Rees-Jones, « The Gough-Stewart Platform Parallel Manipulator: A Retrospective Appreciation », *Journal of Mechanical Engineering Science*, vol. 223, n° 1, janvier 2009, p. 243.

toute simulation exacte des mouvements doit viser à les reproduire, d'où l'expression simulateur de mouvement « à six degrés de liberté », ou à six axes³⁶.

Axe	Mouvement de rotation	Mouvement de translation
Transversal	Tangage	Oscillation
Longitudinal	Roulis	Impulsion
Vertical	Lacet	Soulèvement

Tableau 2.1. Mouvement de rotation et de translation

La simulation à l'ère moderne et dans l'avenir

Pendant que des chercheurs tels que Stewart et Gough mettaient au point une plate-forme pour simuler le mouvement dans les six axes, d'autres amélioraient d'autres aspects de la simulation tels que celui des systèmes visuels. Avant l'avènement de l'ordinateur, les simulateurs faisaient appel à un écran de télévision en circuit fermé installé à l'extérieur des fenêtres du simulateur du cockpit. Une caméra se déplaçait ensuite au-dessus d'une maquette du relief en concordance avec les informations fournies par le simulateur, pour procurer au pilote une représentation visuelle du vol³⁷. L'ordinateur et l'imagerie informatisée ont remplacé cette technologie, car ensemble, ils rendaient inutile la maquette du relief et permettaient de créer un nombre illimité de scènes. Les images informatiques étaient projetées sur des écrans collimatés (mise au point réglée sur l'infini) et permettaient aux pilotes de s'immerger encore plus dans la réalité virtuelle de la simulation. À mesure que la technologie a évolué, une « vue continue sous un angle supérieur à 180 degrés »³⁸ a été possible, ce qui a permis aux utilisateurs d'être exposés à des éléments visuels directs et périphériques.

Les simulateurs modernes emploient actuellement des systèmes visuels perfectionnés et des systèmes à base mobile compliqués. Dans l'avenir, la simulation continuera de profiter de l'évolution de la technologie. À l'heure actuelle, les systèmes visuels reproduisent avec une précision extrême les détails des scènes. La faiblesse des simulateurs modernes se situe encore sur le plan des mouvements. On a résolu l'énigme des six degrés de liberté, mais le problème du mouvement d'accélération demeure. L'accélération nécessite le déplacement d'une masse sur une certaine distance. Cela n'est pas possible dans les établissements existants. Toutefois, le simulateur le plus prometteur est le système néerlandais Desdemona.

Le Desdemona a été mis au point par l'organisme de recherche indépendant TNO, et l'on dit de lui qu'il concrétise la prochaine étape dans l'évolution de la simulation. Le cockpit est monté sur une plate-forme Stewart-Gough. Toutefois, celle-ci est placée dans une cage coulissante qui est elle-même installée sur une base rotative qui tourne comme une centrifugeuse, ce qui permet d'assujettir l'occupant à une force soutenue équivalant au maximum à 3 G³⁹. C'est le coût du Desdemona qui fait problème. Bien que l'on ne puisse le divulguer, on estime qu'il dépasse nettement 60 millions

36. Cette explication des six genres de mouvements est tirée des domaines de la physique appliquée et de l'aérodynamique. Voir William F. Moroney et Brian W. Moroney, « Flight Simulation », *Handbook of Aviation Factors* (sous la dir. de) Daniel J. Garland, John A. Wise et V. David Hopkin, Mahwah (New Jersey), Lawrence Erlbaum Associates, 1999, p. 366-367. D'autres renseignements sur les mouvements de rotation et de translation figurent dans John D. Anderson, *Introduction to Flight*, New York, McGraw-Hill, 2000.

37. Rolfé et Staples, p. 131.

38. Page, p. 10.

39. Bernd de Graaf et autres, « MSC: Vehicle Validation of Military Flight Simulation », <http://ftp.rta.nato.int/Public/PubFullText/RTO/MP/RTO-MP-HFM-136/MP-HFM-136-16.pdf> (consulté le 9 juillet 2012).

de dollars. Cela le met dans une catégorie exclusive hors de portée des budgets commerciaux ou militaires. Le Desdemona a été conçu surtout pour la recherche en aviation, et il se prête parfaitement à cette dernière.

La fidélité des simulateurs

Par suite de la crise du pétrole survenue dans les années 1970, l'industrie aéronautique s'est mise à chercher des moyens plus économiques de former les équipages aériens sans subir les frais élevés liés aux vols à bord d'avions réels⁴⁰. Dans le passé, les forces armées avaient été les principaux promoteurs du développement des simulateurs, mais les paramètres économiques ont incité l'industrie à financer la mise au point de meilleurs appareils de ce genre⁴¹. Les progrès technologiques et l'arrivée sur le marché des ordinateurs numériques et des images produites par ordinateur ont encouragé les compagnies aériennes à tendre vers des simulateurs de vol offrant un degré d'exactitude plus élevé. Enfin, l'invention de la plate-forme Stewart-Gough (qui était dès lors la norme dans l'industrie) capable de simuler l'accélération jusqu'à un certain point avait fait de la simulation du mouvement quelque chose d'essentiel dans l'ensemble de l'industrie dès les années 1980⁴². Par la suite, on s'est mis à utiliser davantage les simulateurs de vol pour former les pilotes, ce qui a ranimé le débat sur les simulateurs et le mouvement. Au cœur du débat, il y a la fidélité des simulateurs. De nombreux chercheurs ont défini la fidélité et continuent de discuter entre eux pour en arriver à un consensus à cet égard. Au sens strict que l'on trouve dans l'*Oxford English Dictionary*, on entend par fidélité (traduction) « le degré d'exactitude avec lequel quelque chose est copié ou reproduit »⁴³. Pour simplifier notre analyse, disons que la fidélité d'un simulateur de vol désigne le degré auquel le vol est reproduit avec exactitude. En termes généraux, il y a deux sortes de fidélité : la fidélité objective et la fidélité perceptuelle⁴⁴.

Il est facile d'expliquer et de définir la *fidélité objective* : elle désigne « la correspondance physique entre le simulateur de vol et l'aéronef »⁴⁵. Elle se rapporte au domaine physique et nécessite la reproduction exacte des commutateurs, des commandes et des instruments. On peut facilement voir à quel point le simulateur reproduit objectivement ou physiquement l'aéronef réel. L'insaisissable fidélité perceptuelle est beaucoup plus compliquée à évaluer et elle fait intervenir une interprétation subjective. Elle désigne la perception du pilote ou la comparaison entre la performance du simulateur et celle de l'aéronef⁴⁶. La fidélité perceptuelle est au cœur du débat sur le mouvement. Aux fins de la présente analyse, on peut dire qu'elle a trois volets : la *fidélité du mouvement*, la *fidélité visuelle* et la *fidélité cognitive*.

La *fidélité du mouvement* est très difficile à améliorer dans les simulateurs de vol terrestres. Comme le nom l'indique, elle désigne « la mesure dans laquelle les forces engendrées par le mouvement et

40. Wei L. Chen, « Simulation for Training and Decision-Making in Large-Scale Control Systems: Part 2: Civil Aircraft Pilot Trainers », *Simulation*, vol. 35, n° 2, août 1980, p. 42-44.

41. Les forces armées, et en particulier la Force aérienne du Canada, ont accusé du retard sur l'industrie pour ce qui était de l'utilisation des simulateurs de vol. Le projet d'élaboration de la planification et de la politique de la Force aérienne (EPPA) a abouti à un rapport d'analyse sur l'automatisation (*Automation Analysis Report*) en 2008; les auteurs disaient de la Force aérienne qu'elle était « simulo-phobique » et ils relevaient un extrait des Ordonnances de la 1^{re} Division aérienne du Canada selon lequel « [c]n temps normal, l'utilisation du simulateur à titre de plate-forme pour l'exécution des IRT sera approuvée comme solution de rechange à l'exécution des vols d'IRT à bord des véritables aéronefs », page 3.26.

42. Dave Higdon, « Flight Training – Simulators Review », *AV Buyer*, mars 2008, <http://www.avbuyer.com/articles/detail.asp?Id=1072> (consulté le 9 juillet 2012).

43. Catherine Soanes, *Pocket Oxford English Dictionary*, New York, Oxford University Press, 2002, p. 332.

44. McCauley, p. 4.

45. *Ibid.*

46. *Ibid.*

ressenties dans le simulateur correspondent à celles qui se produisent au cours d'un vol réel »⁴⁷. La plate-forme Stewart-Gough permettait de reproduire ces forces mieux que jamais auparavant, mais elle ne peut toujours pas simuler des forces G soutenues. En 1989, les chercheurs ont conclu qu'à moins d'une percée technologique inattendue, « il n'y avait aucun espoir de créer dans un simulateur des forces et des stimuli réalistes qui correspondraient aux forces d'accélération produites par un avion »⁴⁸. Comme nous l'expliquerons dans une section ultérieure, la plate-forme Stewart-Gough manipule l'effet du vecteur de la force de gravité sur les occupants et peut simuler une certaine accélération ou décélération. Cependant, ces forces sont limitées, et le génie moderne est employé pour tromper le système par lequel l'être humain ressent le mouvement et y réagit. Par conséquent, comme il est impossible de reproduire fidèlement le mouvement à 100 p. 100, la science doit plutôt se concentrer sur les « perceptions liées à la force et au mouvement »⁴⁹.

La *fidélité visuelle* désigne le degré d'exactitude des détails de la scène par rapport au monde réel. Bien que la technologie du visuel ait entraîné d'énormes progrès au chapitre de la production des scènes ou tableaux, les images créées par ordinateur dans la simulation d'un vol sont encore imparfaites. La technologie actuelle ne peut pas reproduire « la richesse et la complexité du monde visuel »⁵⁰. La puissance de traitement qu'un ordinateur doit posséder pour représenter les menus détails et les grands panoramas est supérieure à celle qui existe actuellement. Cependant, les systèmes visuels des simulateurs continuent d'évoluer, et la loi de Moore (la puissance de traitement des ordinateurs double tous les deux ans) permet d'espérer fortement dans l'avenir des systèmes visuels améliorés d'un prix raisonnable⁵¹. Une des plus formidables percées dans la technologie du visuel réside dans la création du grand champ de vision offert désormais par les simulateurs. Voilà qui améliore fondamentalement la vision périphérique et directe de l'occupant!

La *fidélité cognitive* est le dernier volet de la fidélité perceptuelle, mais sans doute aussi le plus compliqué de tous. Elle intègre tous les autres volets pour « immerger » l'occupant dans la simulation. Elle renvoie à la mobilisation des habiletés intellectuelles du pilote, telles que la connaissance de la situation, la prise de décisions et la résolution de problèmes⁵². Dans le passé, les simulateurs de vol ont tendu à offrir les autres formes de fidélité sans trop mettre l'accent sur la fidélité cognitive. Toutefois, à l'ère moderne de la simulation des vols, on peut faire valoir que la fidélité cognitive est devenue la plus importante de toutes. Elle nécessite une immersion totale dans le milieu simulé. En raison de la complexité accrue des aéronefs et de l'emploi de systèmes de vol automatisés, il faut désormais des simulateurs offrant une fidélité cognitive élevée pour entraîner les équipages et leur inculquer les compétences voulues en gestion du vol⁵³.

En dernière analyse, il importe de reconnaître que les divers aspects de la fidélité d'un simulateur ne s'excluent pas mutuellement et qu'il existe un chevauchement considérable entre eux. La fidélité

47. Mary K. Kaiser et Jeffrey A. Schroeder, « Flights of Fancy: The Art and Science of Flight Simulation », *Principles and Practice of Aviation Psychology* (sous la dir. de Pamela S. Tsang et de Michael A. Vidulich), p. 435-471, New York, CRC Press, 2003, p. 439.

48. Yorke Brown, Frank Cardullo et John Sinacori, « Need-Based Evaluation of Simulator Force and Motion Cueing Devices », *Flight Simulation Technology Conference and Exhibit*, Boston, American Institute of Aeronautics and Astronautics, p. 14-16, août 1989, p. 79.

49. Judith Bürki-Cohen, Nancy Soja et Thomas Longridge, « Simulator Platform Motion – The Need Revisited », *The International Journal of Aviation Psychology*, vol. 8, n° 3, automne 1998, p. 299.

50. Kaiser et Schroeder, p. 453.

51. Gordon Moore était le fondateur d'Intel. En 1965, il a postulé que la puissance de traitement des puces d'ordinateur doublerait tous les deux ans, l'hypothèse étant que le nombre de transistors dans un circuit intégré continuerait de croître de façon exponentielle. Cela allait faire chuter les prix et grandir la puissance de calcul des ordinateurs dans l'avenir prévisible. Sa prédiction s'est avérée juste pendant plus de 40 ans. Voir S. Furber, « The Future of Computer Technology and its Implications for the Computer Industry », *The Computer Journal*, vol. 51, n° 6, novembre 2008, p. 735-740.

52. Kaiser et Schroeder, p. 440.

53. Alfred T. Lee, *Flight Simulation: Virtual Environments in Aviation*, Burlington, Ashgate Publishing Company, 2005, p. 71.

visuelle peut influencer sur la fidélité du mouvement, ce qui peut avoir des effets sur la fidélité cognitive, et ainsi de suite. Bien que l'on emploie des simulateurs très coûteux et à haut degré de fidélité pour entraîner les pilotes, la recherche « a montré que les simulateurs haute-fidélité ne sont pas toujours nécessaires pour produire de bons résultats à cet égard »⁵⁴.

Le système de classification des simulateurs modernes

Le degré de fidélité tant objective que perceptuelle est essentiel dans la norme employée par l'industrie pour catégoriser les dispositifs d'entraînement au vol. On suppose que, plus le simulateur est perfectionné, plus l'équipage peut reporter dans l'aéronef ce qu'il a appris au cours de son entraînement. Les pays d'Amérique du Nord appliquent le même système de classification, depuis que le Canada a adopté, en janvier 1998, la même nomenclature que celle présentée dans la Circulaire 120-40C de la Federal Aviation Administration sur l'aviation. La classification employée par les pays d'Europe est semblable également, conformément aux règlements établis par les Autorités conjointes de l'aviation (JAA) dans le Joint Aviation Regulation–FSTD A publié en mai 2008⁵⁵.

Quand on parle des divers types de simulateurs de vol, il importe d'adopter des définitions de base. L'expression « appareil de simulation pour l'entraînement au pilotage » (FSTD) est générique et désigne tous les simulateurs d'entraînement, c'est-à-dire les simulateurs de vol complet (FFS) et les dispositifs d'entraînement au vol. Un FFS est une reproduction grandeur nature du poste de pilotage d'un aéronef. Il comprend tous les instruments et tous les programmes informatiques nécessaires pour reproduire les opérations de l'aéronef au sol et en vol, ainsi qu'un système visuel fournissant au pilote une vue de ce qui se passe à l'extérieur du cockpit et un système de reproduction du mouvement simulant les sensations dues aux forces s'exerçant sur l'aéronef. La principale différence entre un dispositif d'entraînement au vol et un FFS réside dans le fait que le premier n'a besoin ni d'un système visuel ni d'un système de reproduction du mouvement⁵⁶.

Il y a quatre niveaux de FFS qui vont de A à D, les dispositifs de ce dernier niveau offrant la simulation la plus perfectionnée. Selon Transports Canada, « plus un simulateur est perfectionné, plus étendue est la formation et plus nombreux sont les contrôles qui peuvent être autorisés dans ce simulateur »⁵⁷. La publication TP 9685 de Transports Canada définit clairement les niveaux de fidélité exigés dans les simulateurs de chaque niveau.

Au bas de la gamme, les simulateurs des niveaux A et B doivent offrir au moins quatre degrés de liberté (ddl). La principale différence entre les deux niveaux réside dans la qualité du système visuel. Un simulateur de niveau B doit pouvoir reproduire des indices visuels tels que le taux de descente et la perception de la profondeur pendant l'atterrissage, tandis que ce n'est pas le cas des simulateurs de niveau B⁵⁸.

En passant aux simulateurs des niveaux C et D, on fait un énorme bond technologique et financier, la principale amélioration étant que, dans les deux cas, il faut six degrés de liberté. Cela nécessite automatiquement une plate-forme Stewart-Gough reproduisant les mouvements dans

54. Beth Blickensderfer, Dahai Liu et Angelica Hernandez, *Simulation-Based Training: Applying Lessons Learned from Aviation to Surface Transportation Modes*, Daytona Beach, Emery Riddle Aeronautical University, 2005, p. 21.

55. Autorités conjointes de l'aviation, « JAR-FSTD A: Aeroplane Flight Simulation Training Devices », http://www.jaa.nl/publications/jars/JAR-FSTD-A_sec1_0508.pdf (consulté le 9 juillet 2012).

56. *Ibid.*, p. 1-B-1.

57. Transports Canada, « TP 9685 », <http://www.tc.gc.ca/fra/aviationcivile/publications/tp9685-chapitre2-menu-1050.htm> (consulté le 9 juillet 2012).

58. *Ibid.*, p. 2-A-7.

tous les axes. Voilà qui entraîne des coûts de deuxième et de troisième ordre, notamment ceux allant de pair avec la construction d'un immeuble convenable et avec un niveau plus élevé de maintenance et de soutien informatique. Ici encore, un peu comme c'était le cas des simulateurs des niveaux A et B, la principale différence existant entre les niveaux C et D se trouve dans la qualité du système visuel. Les dispositifs des deux niveaux doivent pouvoir reproduire les panoramas de nuit et au crépuscule, mais ceux du niveau D doivent pouvoir aussi faire voir des scènes visuelles de jour. Les simulateurs du niveau D doivent reproduire toutes les scènes « avec assez d'éléments pour permettre à l'équipage de reconnaître un aéroport, un terrain et des points de repère principaux aux environs de l'aéroport⁵⁹. » En outre, pour ce qui est des scènes visuelles de jour, le simulateur de niveau D doit procurer dans le cockpit un éclairage suffisant pour reproduire celui qui y existerait vraiment par un temps couvert.

Résumé

L'histoire de l'évolution des simulateurs de vol remonte presque à aussi loin que celle du vol lui-même. Le vol est en soi un acte dangereux pour l'être humain. Les simulateurs ont donc eu pour but de reproduire cet acte dangereux dans un environnement sans danger. La qualité de la simulation mise à la disposition des pilotes et des équipages aériens a évolué parallèlement à la technologie.

Afin de bien participer au débat sur la nécessité du mouvement dans les simulateurs de vol, il importe de comprendre à fond les catégories et sous-catégories de fidélité de ces appareils. La capacité de reproduire avec exactitude l'environnement de l'aviation a mené à l'adoption, par la collectivité internationale, d'un système de classification des simulateurs. Les deux principaux éléments permettant de faire la distinction entre les simulateurs des divers niveaux sont le système visuel et le système de mouvement, ce dernier étant le plus coûteux des deux.

Avant d'examiner l'utilité du mouvement dans les simulateurs de vol, il est essentiel d'établir des connaissances de base. Cependant, comprendre l'histoire et la nomenclature ne représente qu'un aspect mineur du débat sur le mouvement. Cela ne fait que fournir le cadre de la discussion. Afin d'évaluer la nécessité du mouvement dans les simulateurs de vol, il importe de comprendre comment les êtres humains réagissent au mouvement et aux sensations de mouvement. Ce sera l'objet de la prochaine section.

3. Comment les êtres humains réagissent-ils au mouvement?

Introduction

L'élément primordial essentiel à la survie de l'être humain est sa capacité de s'orienter dans son milieu. C'est là « un besoin fondamental et primitif de l'être humain »⁶⁰. C'est cette capacité qui régit ses rapports avec le reste du monde physique. Les enfants l'acquièrent au fil du temps et, à mesure que s'améliorent leurs sens de l'équilibre et de l'orientation spatiale, ils apprennent tout d'abord à ramper, puis à marcher. Les premiers humains avaient besoin de cette capacité pour chasser et traquer leur proie. Aujourd'hui, elle nous est nécessaire dans nos activités quotidiennes, qu'il s'agisse de marcher jusqu'à l'arrêt d'autobus ou de piloter un aéronef.

Notre aptitude à réagir au mouvement fait partie intégrante de notre capacité de nous orienter. Il n'y a que deux types de mouvements physiques, soit le mouvement de translation (linéaire) et

59. *Ibid.*, p. 2-A-8.

60. McCauley, p. 8.

le mouvement de rotation (angulaire)⁶¹. À mesure que les humains ont évolué, des systèmes complémentaires et redondants se sont développés chez eux pour leur permettre de comprendre ces mouvements. La perception du mouvement « est créée par le système nerveux central à divers niveaux de la conscience; celui-ci synthétise les signaux nerveux émis par toute une gamme d'organes sensoriels »⁶². Les faiblesses d'un système sont souvent compensées par les autres systèmes. Un peu comme le sens de l'ouïe d'un aveugle s'améliore pour compenser la perte de la vue, si l'être humain est privé du système lui permettant de ressentir le mouvement, les autres systèmes agiront pour compenser ce manque. La capacité de l'humain de sentir le mouvement et d'y réagir est due principalement aux systèmes visuel, vestibulaire, proprioceptif et auditif.

Il est essentiel de comprendre comment les humains réagissent au mouvement si l'on veut comprendre l'importance du mouvement pendant un vol tant réel que simulé. Une fois que nous comprendrons clairement l'interaction des systèmes de détection du mouvement les uns avec les autres chez l'homme, nous pourrions expliquer comment les simulateurs modernes réussissent à faire croire au cerveau humain qu'il fait l'expérience de quelque chose qui, en fait, n'existe pas. Pour y arriver, nous divisons la présente section en quatre parties. Tout d'abord, nous examinerons le système visuel de près. Ensuite, nous expliquerons les mécanismes internes du système vestibulaire ainsi que ses points forts et faibles. En troisième lieu, nous verrons comment les systèmes sensoriels secondaires tels que les systèmes auditif et proprioceptif contribuent indirectement à la détection du mouvement. Enfin, nous étudierons comment tous les systèmes agissent ensemble pour créer la sensation totale de mouvement.

Le système visuel

À n'en pas douter, le système visuel est, chez l'être humain, le plus important de tous pour ce qui est de réagir avec exactitude et correctement au mouvement. Il est essentiel à l'orientation spatiale, surtout dans les véhicules en mouvement. Par conséquent, le vol serait impossible sans lui, mais « ce ne serait pas nécessairement le cas en l'absence du système vestibulaire ou d'autres systèmes sensoriels »⁶³. La vision humaine est un processus complexe tenu pour acquis, habituellement. L'œil humain est souvent comparé à un appareil photo et, bien que l'un et l'autre soient construits de façon semblable, leur fonctionnement n'est pas du tout le même. Contrairement à un appareil photo, l'œil humain ne saisit pas une image qu'il transmet ensuite au cerveau. Celui-ci utilise plutôt des signaux détectés par le nerf optique afin « de concevoir l'espace physique entourant une personne »⁶⁴.

Le système visuel humain est un système de détection extrêmement sensible. En fait, le volume d'informations qu'il peut traiter « dépasse de plusieurs ordres de grandeur celui qui est à la portée de n'importe quel autre mécanisme sensoriel »⁶⁵. Selon Laurence R. Young, professeur du programme Apollo au Département d'aéronautique et d'astronautique du Massachusetts Institute of Technology (MIT), pour traiter la multitude d'indices sensoriels, l'œil humain fait la distinction entre des indices visuels de deux genres : les indices du champ central (fovéal) et ceux du champ large (périphérique)⁶⁶.

61. Kent K. Gellingham et James W. Wolfe, « Spatial Orientation in Flight », *Fundamentals of Aerospace Medicine* (sous la dir. de) Roy L. DeHart, Philadelphie, Lea et Febiger, 1985, p. 299.

62. Yorke J. Brown, Frank M. Cardullo et John B. Sinacori, *Effects of Motion on Skill Acquisition in Future Simulators, Study Report 2006-07*, Arlington (Virginie), United States Army Research Institute for the Behavioral and Social Sciences, mai 2006, p. 78.

63. Gellingham et Wolfe, p. 308.

64. Brown, Cardullo et Sinacori, p. 79.

65. A. R. Buffett, « Visual Cueing Requirements in Flight Simulation », *Advances in Flight Simulation – Visual and Motion Systems*, Londres, The Royal Aeronautical Society, 1986, p. 127.

66. Laurence R. Young, « Visually Induced Motion in Flight Simulators », *Advisory Group for Aerospace Research and Development (AGARD) Conference Proceedings*, n° 249, Bruxelles, AGARD, 1978, p. 16-1.

Il faut considérer la vision comme étant composée de deux systèmes différents et que c'est ainsi que l'œil traite ces indices. Le premier système est celui de la vision focale, et le second, celui de la vision ambiante.

Genres de vision : la vision focale et la vision ambiante

Les indices fovéaux sont ceux de la vision focale centrale; ils sont très nets et ils présentent une haute densité d'informations. On doit les lire pour que le cerveau humain puisse les traiter. Dans l'aviation, ces indices visuels sont présentés au pilote au moyen d'instruments, de marques sur les pistes, de cartes d'approche / de route et de listes de vérification. La vision focale est le domaine des fins détails. Quand un pilote vole aux instruments, sans aucun point de référence dans le monde extérieur, il se sert de sa vision focale pour lire les instruments tels que l'horizon artificiel. De cette manière, il fait appel à sa vision focale pour déjouer les faux indices fournis par le système vestibulaire qui pourraient aboutir à la désorientation spatiale (ex. : illusion d'inclinaison)⁶⁷. Dans cette situation, la vision focale ne contribue pas directement à la sensation de mouvement, mais elle fournit des renseignements visuels qui aident la personne à s'orienter⁶⁸.

La vision focale n'entre pas en jeu seulement quand il faut lire des instruments. Les repères fovéaux utilisés dans la vision focale sont essentiels pour évaluer la distance et la profondeur⁶⁹. Cela la rend vitale pour les tâches très exigeantes telles que le vol en rase-mottes et les manœuvres d'atterrissage. Par conséquent, la vision focale exige d'habitude une attention et un effort particuliers, tandis que la vision ambiante ou périphérique fait davantage appel à la réflexion⁷⁰.

La vision ambiante influe directement sur la façon dont l'être humain réagit au mouvement et elle fait partie intégrante de l'orientation spatiale. On la désigne communément comme étant la vision périphérique, et les repères qu'elle fournit sont souvent traités directement par le subconscient au lieu de nécessiter un effort particulier. On convient en général que la vision ambiante joue le rôle dominant dans l'orientation spatiale⁷¹. La vision ambiante fonctionne indépendamment de la vision focale. Ainsi, une personne qui utilise pleinement sa vision focale, par exemple pour lire, peut en même temps marcher sur le trottoir orienté par sa vision périphérique.

La vision ambiante sert surtout à repérer le mouvement de gros objets dans un large champ visuel et « le propre mouvement de la personne par rapport à l'environnement visuel »⁷². Imaginez que vous lisez un livre, assis dans un train. Par la fenêtre, vous apercevez un train de marchandises stationnaire arrêté sur la voie adjacente. Pendant que vous continuez à lire votre livre, le train de marchandises se met à avancer lentement. Votre système de vision ambiante détecte ce mouvement, et vous relevez la tête soudainement, pensant que *votre* train a commencé à bouger. Dès que vous regardez à l'extérieur, vous constatez que votre train est immobile, et l'illusion de mouvement disparaît. Cette illusion d'auto-mouvement est produite par le système de vision ambiante, et l'on emploie le mot « vection »

67. L'illusion d'inclinaison est sans doute la forme la plus commune de désorientation spatiale du pilote pendant un vol. Elle résulte d'un retour rapide au vol en palier sans que le pilote puisse se repérer sur l'horizon naturel après un virage lent et graduel. Le système vestibulaire s'embrouille et se comporte comme si le pilote n'était pas en vol rectiligne et en palier, mais plutôt dans un virage incliné dans le sens inverse de celui du virage original.

68. Gellingham et Wolfe, p. 310.

69. *Ibid.*

70. H. Liebowitz et C. L. Shupert, « Two Modes of Visual Processing: Implications for Spatial Orientation », *Peripheral Vision Horizon Display*, Edwards (Californie), NASA Conference Publication 2306, 14 novembre 1984, p. 42.

71. K. E. Money, « Theory Underlying The Peripheral Vision Horizon Device », *Peripheral Vision Horizon Display*, Edwards (Californie), NASA Conference Publication 2306, 14 novembre 1984, p. 52.

72. Laurence R. Young, « Spatial Orientation », *Principles and Practice of Aviation Psychology*, (sous la dir. de) Pamela S. Tsang et Michael A. Vidulich, New York, CRC Press, 2003, p. 72.

pour la décrire. La vection (ou illusion de mouvement relatif) est employée largement dans le domaine du spectacle et dans l'industrie de la simulation. En ce qui concerne la simulation des vols, elle constitue un argument central en faveur de la réduction du mouvement des plates-formes⁷³.

Vection

On étudie depuis presque un siècle l'effet d'illusion créé par la vection⁷⁴. Par conséquent, des vérités et des faits acceptés ont été établis. Afin de créer avec succès l'illusion d'optique, il faut un système visuel à grand champ pour engendrer un flux optique cohérent⁷⁵. La capacité technologique de créer de grandes scènes visuelles à résolution suffisante pour obtenir le flux optique cohérent nécessaire n'est devenue possible que récemment dans l'industrie des simulateurs. Auparavant, les systèmes visuels équipant les simulateurs de vol n'étaient pas à même de créer le champ de vision de 200 degrés ou plus qui est désormais la norme dans l'industrie. Dans les premiers simulateurs, la vection était quasi inexistante, car les systèmes visuels étaient constitués de petits écrans cathodiques qui ne faisaient jamais intervenir le système de vision ambiante.

Des facteurs déterminants influent tant sur le début que sur la force de la vection. Nous avons déjà mentionné l'importance d'un grand champ visuel pour mobiliser la vision périphérique. Afin de renforcer l'importance de celle-ci pour la vection, les chercheurs ont conclu qu'un stimulus visuel à moins de 50 degrés du centre n'a à peu près aucun effet⁷⁶. Mise à part l'importance du grand champ visuel, la vection est influencée par les points focaux chez l'être humain, le retardement du début du phénomène et la vitesse du champ visuel.

L'importance des points focaux prouvée dans la création de la vection a été bien établie. En 1975, des chercheurs ont confirmé que « la stimulation d'arrière-plan l'emporte sur la stimulation d'avant-plan »⁷⁷. En deux mots, un cadre de fenêtre stationnaire (ou des marques sur la fenêtre même) *n'empêche* que très peu le mouvement induit visuellement quand l'image d'arrière-plan bouge. Toutefois, des études récentes ont conclu que des points focaux placés à l'avant-plan pendant que l'arrière-plan bouge peuvent en fait *renforcer* le mouvement induit visuellement. Dans une expérience récente, Bernhard Riecke et ses collaborateurs ont montré que la vection pouvait être reproduite de façon fiable et constante chez tous les sujets participant à l'épreuve⁷⁸. En outre, ils ont, au cours de l'expérience, utilisé des marques fixes faites sur les fenêtres de visualisation pour renforcer le début du phénomène. Ces marques avaient été faites à l'insu des sujets, et les chercheurs ont conclu qu'« il était effectivement possible d'induire avec fiabilité un début rapide de vection dans un simulateur faisant appel à la réalité virtuelle, d'une façon discrète... dans des conditions de visualisation naturelles et détendues »⁷⁹. On peut conclure de cette expérience, entre autres, que dans les simulateurs de vol, la vection peut être renforcée si l'on fait volontairement sur les pare-brise des marques non gênantes avec de la poussière ou des insectes écrasés.

73. Young, « Visually Induced Motion in Flight Simulators », p. 16-1.

74. Pour lire une explication approfondie et excellente sur la vection, voir L. J. Hettinger, « Illusory Self-Motion in Virtual Environments », *Handbook of Virtual Environments*, (sous la dir. de) Kay M. Stanney, Mahwah (N.J.), Lawrence Erlbaum Associates, 2002, p. 471-492.

75. McCauley, p. 8.

76. Fred H. Previc, « Visual Orientation Mechanisms », *Spatial Disorientation in Aviation*, (sous la dir. de) Paul Zarchan, Reston (Virginie), American Institute of Aeronautics and Astronautics, 2004, p. 106.

77. Young, « Visually Induced Motion in Flight Simulators », p. 16-2.

78. Bernhard E. Riecke et coll., « Enhancing the Virtually Induced Self-Motion Illusion under Natural Viewing Conditions », *Presence 2004: Conference Proceedings*, Londres, University College London, septembre 2004, p. 125-132.

79. *Ibid.*, p. 131.

Le retardement du début de la vection dans la réalité virtuelle est un sujet de préoccupation dans le contexte de la simulation des vols. C'est là un problème que les chercheurs continuent d'étudier, comme nous l'avons dit dans le paragraphe précédent. Une question persistante concerne le fait que le début de la vection varie beaucoup d'une personne à l'autre. Des études se poursuivent là-dessus, et l'industrie du spectacle contribuera certainement aux analyses qui porteront sur l'atténuation du retardement du début de la vection. D'autres intrants sensoriels, tels que les indications limitées du début de mouvement, peuvent atténuer le retardement du début de la vection. C'est là le concept fondamental sous-jacent au simulateur de vol complet Mechtronix dont nous avons parlé dans la Section 5.

Enfin, la vitesse du champ visuel influe directement sur la vection. On ne peut faire durer l'illusion de mouvement relatif qu'aussi longtemps que le champ visuel peut reproduire clairement la sensation de mouvement. Si l'image devient floue ou que la résolution diminue, l'illusion disparaît⁸⁰. En outre, les scènes qui se déplacent ou changent lentement tendent à créer la plus forte sensation de vection⁸¹. C'est pourquoi les simulateurs des avions de ligne et de transport de troupes se prêtent mieux à ce genre de simulation que les simulateurs d'avions de chasse à réaction/avions rapides.

Le système vestibulaire

Le système visuel de l'être humain est le système dominant lorsque celui-ci doit réagir au mouvement, et il ne s'habitue pas aux vitesses constantes. Cependant, quand les repères visuels sont enlevés, la perception du mouvement commence à s'effriter, et notre « orientation dans l'espace terrestre immobile en souffre »⁸². En l'absence de repères visuels, la perception du mouvement est issue d'autres systèmes de détection du mouvement tels que le système vestibulaire.

Depuis l'époque de l'orienteur Ruggles, on a appris à comprendre bien mieux le système vestibulaire. En 1917, les inventeurs de l'*Orienteur* croyaient que l'on pouvait apprendre au système vestibulaire à s'ajuster à n'importe quelle posture, quelle qu'en fût l'orientation. Depuis lors, on a prouvé sans équivoque que cela était faux. Le système vestibulaire est une source importante d'informations sur l'accélération et l'orientation, mais il risque aussi d'être leurré par toute une gamme de faux repères. Il s'agit de la partie non auditive de l'oreille interne. Il procure au pilote les sensations de mouvement de translation (le long d'un axe) et de rotation (autour d'un axe), dans les trois axes. Il comporte deux composantes : les canaux semi-circulaires et les organes otolithiques, c'est-à-dire l'utricule et le saccule.

Les canaux semi-circulaires

Les canaux semi-circulaires sont les détecteurs de l'accélération autour des trois axes. Les trois canaux épousent l'orientation des trois axes et sont remplis d'un liquide appelé endolymphe. Les parois des tubes sont couvertes de soies très sensibles. Quand la tête tourne dans n'importe lequel des trois plans, le liquide se déplace, ce qui fait bouger les soies dans les canaux. Celles-ci informent ensuite le cerveau de ce déplacement rotatif, et le cerveau l'interprète étant un mouvement⁸³.

Quand l'endolymphe est déplacée par le mouvement de rotation, elle est éventuellement poussée contre une membrane appelée coupole, puis arrêtée par elle; cette membrane empêche le liquide d'entrer dans les ampoules. Par conséquent, les canaux semi-circulaires sont très précis quand il

80. Young, « Visually Induced Motion in Flight Simulators », p. 16-2.

81. Previc, p. 107.

82. *Ibid.*, p. 95.

83. David C. Edwards, *Pilot: Mental and Physical Performance*, Ames, Iowa State University Press, 1990, p. 15.

s'agit de brefs mouvements de la tête, mais dans le cas des mouvements à vitesse constante soutenue, leur capacité de détecter le mouvement devient nulle⁸⁴. Les canaux semi-circulaires sont sensibles à la densité et à la viscosité de l'endolymphe. Ils ne peuvent détecter les mouvements très graduels. On parle ici du seuil effectif de la perception de la rotation chez l'être humain. Il n'y a pas de seuil absolu, car les personnes diffèrent légèrement les unes des autres à cet égard. Cependant, les tests de laboratoire faits sur des sujets parfaitement attentifs ont montré que le seuil de la détection de la rotation peut être aussi faible que 0,2 degré par seconde au carré ($^{\circ}/\text{sec}^2$), dans le cas des mouvements de lacet, et seulement un peu plus haut ($0,5^{\circ}/\text{sec}^2$), dans celui du tangage et du roulis⁸⁵. On emploie ces seuils de détection dans les plates-formes mobiles modernes de simulation pour tromper les occupants en ramenant la plate-forme à l'horizontale sans que ceux-ci s'en rendent compte.

Les organes otolithiques

Les organes otolithiques servent à détecter les accélérations linéaires dans les plans vertical et horizontal. L'utricule et le saccule sont constitués de la même façon. La différence entre les deux tient au fait que l'utricule détecte l'accélération dans le plan horizontal, et le saccule, dans le plan vertical⁸⁶.

La membrane otolithique est formée de cristaux denses de carbonate de calcium appelés otolithes reposant dans le liquide de l'endolymphe. Par conséquent, la membrane est plus dense que l'endolymphe qui l'entoure. De petits cils s'étendent depuis les taches sous-jacentes et jusque dans la membrane otolithique. Quand une personne se penche en avant, l'effet de la gravité tire l'otolithe vers l'avant également. Les cellules des petits cils détectent le mouvement et, dans ce cas, le cerveau interprète le signal comme étant soit une inclinaison vers l'avant, soit comme une décélération linéaire. Le même principe s'applique au saccule pour ce qui est d'interpréter les accélérations verticales.

Les organes peuvent sentir l'orientation verticale de la posture à deux degrés près. Ils sont très sensibles à l'accélération linéaire, mais aussi à un seuil effectif de la perception. Dans le cas des accélérations horizontales soutenues, les tests de laboratoire ont révélé une sensibilité de cinq à dix centimètres par seconde au carré (cm/sec^2), tandis que dans le cas de la verticale, la sensibilité est moins précise et se situe à $20 \text{ cm}/\text{sec}^2$. Un peu comme pour le seuil de perception des canaux semi-circulaires, les plates-formes mobiles utilisent ces seuils de sensibilité pour simuler des mouvements non accomplis. Par exemple, en inclinant une plate-forme mobile de simulation vers l'avant, on peut amener les organes otolithiques à signaler une décélération linéaire si les intrants visuels sont enlevés ou manipulés en conséquence⁸⁷.

Les systèmes proprioceptif et auditif : les systèmes de renfort

La plupart des personnes font intuitivement appel à leurs systèmes visuel et vestibulaire pour sentir le mouvement et y réagir. Le système proprioceptif est plus subtil. Il comprend toutes les informations « fournies par les articulations et les muscles du pilote qui renseignent le cerveau sur la position des membres par rapport au corps »⁸⁸. Chaque muscle, articulation et tendon du corps humain contient des mécanorécepteurs qui fournissent au cerveau des informations sur l'orientation spatiale. Chaque mouvement de la tête, des épaules, des bras, des jambes, des doigts et des orteils « étire les mécanorécepteurs et envoie au cerveau des multitudes d'impulsions qu'il trie pour prendre

84. Young, « Spatial Orientation », p. 75.

85. *Ibid.*, p. 76.

86. Université Columbia, « The Vestibular System », http://www.columbia.edu/itc/hs/medical/neuralsci/2004/slides/32_LectureSlides.pdf (consulté le 9 juillet 2012).

87. Alfred Lee, *Flight Simulation: Virtual Environments in Aviation*, Farnham (Angleterre), Ashgate Publishing Company, 2005, p. 41.

88. *Ibid.*, p. 42.

conscience de la position de la personne »⁸⁹. Même quand la personne se tient debout et immobile, de petits tendons et muscles ajustent la position pour qu'elle reste bien à la verticale.

Le système proprioceptif fait intervenir le cerveau qui envoie des signaux instantanés et subconscients au corps pour qu'il conserve son équilibre et bouge. Pour un pilote, ce sont là des renseignements vitaux. La sensation de mouvement est donc renforcée par le système proprioceptif. La pression s'exerçant sur les pédales du palonnier et sur le manche à balai est perçue par les membres, ce qui confirme au cerveau que l'aéronef est effectivement en mouvement. L'illusion de la simulation du mouvement disparaît ou est affaiblie si les commandes de l'aéronef ne répondent pas avec la force appropriée. Pour créer cette illusion dans les simulateurs de vol, on recourt à un mécanisme de durcissement des commandes⁹⁰.

Comme le système proprioceptif, le système auditif renforce lui aussi la sensation de mouvement. Au sol, les repères auditifs jouent un rôle important dans l'orientation spatiale. Une source sonore tournante peut engendrer une sensation de vection sous la forme d'un auto-mouvement rotatif⁹¹. Toutefois, un fort bruit ambiant, surtout dans un aéronef militaire, peut empêcher la vection d'origine auditive. Malgré tout, les pilotes améliorent effectivement leur orientation en interprétant les stimuli auditifs. Les bruits que font les aéronefs changent de façon subtile selon le régime de vol. Un changement d'angle d'attaque influe sur les genres de bruit, car l'écoulement de l'air sur le fuselage et les ailes est alors modifié. Le bruit des moteurs augmente pendant les manœuvres avec charge élevée. En fait, les moteurs du CC177 font des bruits tout à fait différents quand ses volets et bords de bord d'attaque sortent, l'avion exécute une approche en vue d'un atterrissage d'assaut, comparativement à ce qui est le cas au cours d'un vol en ligne droite et en palier⁹². Tous ces repères auditifs se conjuguent pour renforcer la sensation de mouvement chez le pilote.

Fait surprenant, très peu de recherches scientifiques ont porté sur la vection auditive. Cependant, de nouveaux travaux ont été faits dans le cadre d'un projet continu de l'Union européenne sur la simulation de l'égo-mouvement axée sur la perception (POEMS). Dans une tentative globale pour créer un simulateur efficace et convaincant de l'auto-mouvement, les responsables du projet POEMS ont conclu que la vection auditive a certaines limites. Tout d'abord, la vection auditive ne se produit que dans 25 % à 60 % des sujets. Ensuite, bien qu'elle ait lieu, les repères auditifs « à eux seuls sont nettement insuffisants pour induire de façon fiable une forte sensation d'auto-mouvement dont on pourrait se servir dans des applications »⁹³. Cependant, les responsables susmentionnés ont conclu que les repères auditifs peuvent être utilisés pour renforcer la vection visuelle et, partant, améliorer l'immersion globale de la personne dans un environnement virtuel.

Comment les systèmes se combinent pour détecter le mouvement global

Normalement, les systèmes de détection de l'être humain fonctionnent harmonieusement ensemble, et il est rare que de faux repères se produisent dans la vie de tous les jours chez les personnes en bonne santé. Cependant, l'interaction entre les systèmes visuel, vestibulaire, proprioceptif et auditif est souvent modifiée dans un aéronef en vol⁹⁴. L'orientation spatiale fait intervenir à la fois

89. David L. Phillips, « The Proprioceptive Nervous System », http://www.suite101.com/article.cfm/chiropractic_health_care/102364 (consulté le 19 mars 2010 – l'hyperlien ne fonctionne plus).

90. Lee, p. 58-60.

91. Gellingham et Wolfe, p. 330.

92. Cette observation est fondée sur l'expérience que l'auteur a acquise aux commandes d'un C17 pendant qu'il faisait un stage avec la United States Air Force de 2005 à 2008.

93. Bernhard E. Riecke et coll., « Influence of Auditory Cues on the Visually-Induced Self-Motion Illusion in Virtual Reality », *Presence 2005: Conference Proceedings*, Londres, University College London, septembre 2005, p. 49.

94. Edwards, p. 16.

l'intégration subconsciente des repères vestibulaires et proprioceptifs et l'analyse consciente des indices visuels et auditifs. Chaque système a ses points forts et ses faiblesses qui sont exploités en vol ou, au contraire, laissés de côté. Quand on retire les repères visuels de l'équation, les systèmes proprioceptifs et vestibulaires essaient de compenser ce manque, mais ils sont souvent assujettis à leurs propres limites.

Les seuils de perception du système vestibulaire donnent lieu à la mauvaise interprétation des mouvements subtils ou à l'incapacité totale de les reconnaître. En outre, si le système visuel reçoit des mises à jour constantes, le système vestibulaire, lui, s'habitue au mouvement avec le temps. À titre d'exemple, citons le cas du pilote qui reconnaît certains repères pendant qu'il fait monter son aéronef à une nouvelle altitude de croisière sans avoir de point de référence visuel. Quand il amorce sa montée, les organes otolithiques vestibulaires indiquent qu'il y a accélération linéaire. Avec le temps, le système s'ajuste en mode neutre tandis que les otolithes s'adaptent au mouvement constant. Quand l'aéronef revient en palier à l'altitude de croisière, le pilote a l'impression que son appareil a amorcé une descente. S'il peut apercevoir l'horizon, cette impression disparaît sous l'effet de l'information visuelle fournie au cerveau.

Si des conflits entre diverses informations sensorielles relatives au mouvement ne sont pas réglés, la personne risque d'éprouver le mal des transports (ou cinétose). Dans les simulateurs de vol où l'on exploite les limites sensorielles, ces conflits peuvent aboutir à un genre particulier de cinétose appelé « cybermalaise ». Il existe actuellement deux théories acceptées sur les causes de ce malaise : la théorie des conflits sensoriels et la théorie de la posture instable, la première étant celle qui fait le plus d'adeptes⁹⁵.

La théorie des conflits sensoriels pose que les informations servant à détecter le mouvement sont « fournies parallèlement à un registre neuronal de modèles sensoriels antérieurs du mouvement dans l'espace et à une unité de comparaison »⁹⁶. Cette dernière analyse le mouvement détecté en le comparant à un registre de mouvements dont le sujet a déjà fait l'expérience. Un manque de concordance entre les deux entraîne le malaise. Selon la théorie de la posture instable, le cybermalaise résulte de l'incapacité du sujet de rester maître de sa posture pendant des mouvements qu'il ne connaît pas⁹⁷. Quoi qu'il en soit, les deux théories portent à croire que le sujet peut vaincre le cybermalaise en faisant de nombreuses sessions dans le simulateur, car soit son registre neuronal des modèles sensoriels antérieurs s'ajustera, soit le sujet se familiarisera avec les nouveaux mouvements.

Quelles que soient les théories avancées sur la cause du cybermalaise, les chercheurs s'entendent sur quatre facteurs communs. Tout d'abord, certaines personnes sont plus touchées que d'autres. Ensuite, les attitudes mentales (p. ex., on s'attend à être malade) influent considérablement sur la sensibilité du sujet au malaise. Troisièmement, si le sujet contrôle le mouvement, cela tend à en réduire la contribution à l'apparition de la maladie. Enfin, la plupart des personnes peuvent s'adapter au cybermalaise en utilisant de plus en plus le simulateur⁹⁸.

En 1989, la Marine américaine disait que le cybermalaise « [menaçait] l'utilité à long terme des simulateurs de vol au sol en tant qu'éléments intégrants de l'entraînement militaire et civil au pilotage »⁹⁹. Beaucoup ont affirmé que l'absence d'une plate-forme mobile causait la discordance

95. David M. Johnson, « Helicopter Simulator Sickness », *International Journal of Applied Aviation Studies*, vol. 7, n° 2, printemps 2007, p. 184.

96. *Ibid.*

97. *Ibid.*

98. Edwards, p. 17-18.

99. Lawrence M. Fisher, « Sickness in the Cockpit Simulator », *The New York Times*, le 20 février 1989.

sensorielle entre le système vestibulaire et d'autres systèmes de détection. Par conséquent, le cybermalaise a servi d'argument en faveur des plates-formes mobiles. Les chercheurs de la National Aeronautical and Space Agency (NASA) ont vérifié l'hypothèse selon laquelle une plate-forme mobile de simulation haute-fidélité réduirait le nombre de cas de cybermalaise. Ils ont comparé les sujets des deux groupes (plate-forme mobile et fixe) et ils ont établi que ce nombre était sensiblement le même dans les deux groupes. À la lumière des résultats de l'expérience, des lignes directrices ont été rédigées pour réduire l'incidence du cybermalaise; toutefois, on n'a pas recommandé l'ajout d'une base mobile¹⁰⁰.

Résumé

Le corps humain est doté d'une gamme de systèmes compliqués et se chevauchant pour ressentir le mouvement et y réagir. Ceux qui ne sont pas concernés par le monde de la simulation tiennent ces systèmes pour acquis, et pour eux, l'interaction entre ces derniers n'est pas importante. Cependant, il est essentiel de comprendre à fond cette interaction pour reproduire le vol dans l'environnement virtuel des simulateurs. La détection du mouvement est principalement le fait des systèmes vestibulaire et visuel agissant de concert, tandis que les systèmes proprioceptif et auditif remplissent un rôle de renforcement ou de confirmation.

Aucune plate-forme mobile ne peut reproduire exactement le vol. Les plates-formes mobiles utilisent les limites connues de tous les systèmes de détection pour créer l'illusion du vol. Il y a près de 20 ans, la NASA a réfuté avec succès la notion selon laquelle l'absence d'une base mobile cause le cybermalaise en raison d'une discordance sensorielle chez le sujet. Maintenant que nous avons examiné la façon dont les êtres humains ressentent le mouvement et y réagissent et l'interaction entre les divers systèmes de détection, nous verrons, dans la prochaine section, comment les simulateurs actuels de catégorie D utilisent la plate-forme Stewart-Gough pour simuler les six axes du mouvement et nous verrons si ce niveau de mouvement est effectivement nécessaire.

4. La nécessité du mouvement

Introduction

Depuis les débuts de l'aviation, on a de plus en plus eu recours aux simulateurs pour former les équipages aériens, surtout au cours des 20 dernières années. La Federal Aviation Administration (FAA) et Transports Canada (TC) ont tous deux adopté des programmes avancés de qualification (PAQ) pour former les pilotes. Les formidables progrès technologiques de la formation informatisée et des simulateurs de vol ont obligé ces deux organismes de réglementation à « [permettre] à l'exploitant d'élaborer des programmes de formation et de qualification novateurs qui incorporent les progrès, les méthodes et les techniques de formation les plus perfectionnés¹⁰¹. » Comme l'utilisation des simulateurs coûte beaucoup moins cher que celle des aéronefs, l'aviation commerciale a introduit un changement dans la formation des pilotes dans le cadre de son programme avancé de qualification pour autoriser l'entraînement sans aucune heure de vol réel (ZFTT), c'est-à-dire des cours de qualification sur type mais donnés entièrement sur un simulateur de vol de catégorie D. Ce genre de formation n'est pas offert à tous les pilotes, et il faut un minimum d'expérience avant que

100. T. J. Sharkey et M. E. McCauley, *Does A Motion Base Prevent Simulator Sickness – ALAA Report 92-4134-CP*, Washington (D.C.), American Institute of Aeronautics and Astronautics, 1992.

101. Transports Canada, *Document d'élaboration et de mise en œuvre du programme avancé de qualification*, Ottawa, Transports Canada, 2005, p. 21. L'hyperlien original (<http://www.tc.gc.ca/civilaviation/commerce/aqp/menu.htm>) ne fonctionne plus. Le nouvel hyperlien est <http://www.tc.gc.ca/fra/aviationcivile/normes/commerce-paq-menu-1887.htm> (consulté le 9 juillet 2012).

l'approbation soit donnée¹⁰². La plupart des exploitants de compagnie aérienne préféreraient que la formation sur type soit donnée dans des simulateurs, mais le prix des simulateurs de catégorie D étant prohibitif, il empêche les exploitants d'opter pour cette solution, sauf les grands transporteurs aériens.

La partie la plus coûteuse d'un simulateur de niveau D est la base mobile de la plate-forme. C'est pourquoi beaucoup de recherches ont visé à améliorer les systèmes reproduisant le mouvement. Cependant, elles ont suivi une fausse piste à cause de « l'opinion non fondée selon laquelle on peut obtenir une meilleure formation en immergeant les pilotes dans un environnement caractérisé par des *mouvements* (les italiques sont ajoutés) accentués »¹⁰³. Même en 2010, on ne savait pas au juste si la préférence générale des pilotes pour un simulateur reproduisant les mouvements dans tous les axes résultait ou non d'un parti pris psychologique en faveur du mouvement. On peut s'entendre sur le fait que les pilotes préfèrent un simulateur mobile, mais la méthode par laquelle on reproduit le mouvement est sans importance. À l'heure actuelle, la recherche sur le mouvement ne doit pas viser à reproduire le mouvement lui-même, mais plutôt à recréer la *perception* du mouvement, ce qui diffère beaucoup de l'utilisation d'une plate-forme mobile perfectionnée. Bien que la plupart des recherches aient été menées dans le domaine de l'aviation commerciale, on peut dresser des parallèles avec les avions de transport militaire. Quand ils ne sont pas employés à des tâches militaires tactiques telles que des vols et des largages à basse altitude, ces avions ont beaucoup en commun avec les avions des transporteurs civils pendant qu'ils sont en transit et durant le ravitaillement stratégique.

Afin d'évaluer la nécessité du mouvement, nous divisons la présente section en quatre parties. Tout d'abord, nous verrons comment le mouvement est reproduit avec la plate-forme standard Stewart-Gough de l'industrie et nous mesurerons les limites existantes de celle-ci. Ensuite, nous expliquerons l'importance des différents genres de repères indiquant qu'il y a mouvement et nous évaluerons leur applicabilité aux actions et aux réactions du pilote. Troisièmement, nous passerons en revue le concept du transfert des compétences et les études pertinentes pour montrer que toutes les compétences acquises dans les simulateurs de vol ne sont pas nécessairement transférables en entier dans le cockpit d'un aéronef. Enfin, le Centre Volpe a exécuté de nombreuses études et formulé des déductions connexes sur l'efficacité du mouvement dans les simulateurs de vol. Il joue aux États-Unis, dans le domaine de la recherche, le rôle d'un intermédiaire essentiel entre les milieux des transports et ceux de la technologie et il est parrainé par le Département des Transports¹⁰⁴. Les études du Centre forment l'épine dorsale de la recherche contemporaine, et nous les examinerons plus en profondeur.

La plate-forme mobile Stewart-Gough

Comme nous l'avons décrit dans la Section 2, la plate-forme mobile Stewart-Gough a été créée à la lumière de recherches menées au début des années 1960. Stewart a conclu en 1966 que son modèle pouvait « simuler le vol réel sans aucune approximation dans les limites d'amplitude déterminées par l'échelle de la machine »¹⁰⁵. Son modèle, conjugué à celui de Gough (Universal Tyre-Test Machine, ou Machine universelle d'essai de pneus) a engendré la plate-forme mobile Stewart-Gough actuelle.

102. Transports Canada, *Règlement de l'aviation canadien (RAC) et Normes de service aérien commercial (NSAC) - Partie VII - Sous-partie 5 - Document d'orientation*, Ottawa, Transports Canada, 2005, S745.124(8). L'hyperlien original <http://www.tc.gc.ca/civilaviation/commerce/manuals/guidance705/menu.htm> ne fonctionne plus. Voici le lien modifié : <http://www.tc.gc.ca/fra/aviationcivile/normes/commerce-manuels-orientation705-menu-1789.htm> (consulté le 9 juillet 2012).

103. Judith Bürki-Cohen, Andrea L. Sparko et Young Jin Jo, « Effects of Visual, Seat, and Platform Motion During Flight Simulator Air Transport Pilot Training and Evaluation », *Proceedings of the 15th International Symposium on Aviation Psychology*, Wright State University, Dayton (Ohio), du 27 au 30 avril 2009, p. 4.

104. Research and Innovative Technology Research, « Volpe National Transportation Systems Center », <http://www.volpe.dot.gov/about/index.html> (consulté le 9 juillet 2012).

105. D. Stewart, « A Platform with Six Degrees of Freedom », *Proceedings of the Institute of Mechanical Engineers*, vol. 180, n° 15, 1965-1966, p. 386.

Les cockpits des simulateurs de vol modernes sont installés sur une plate-forme reposant sur six jambes hydrauliques ou électriques articulées. En faisant bouger les jambes, on peut incliner la plate-forme dans n'importe quelle direction. Les commandes sont reliées à un système informatique qui interprète les actions du pilote et manœuvre la plate-forme en conséquence. C'est ainsi que sont reproduits les six mouvements : le roulis, le tangage, le lacet, l'impulsion, le soulèvement et l'oscillation. L'ordinateur de commande combine un modèle aérodynamique mathématique de l'avion et « crée les effets physiques appropriés, par exemple le raidissement du manche à balai ou des soubresauts et des vibrations pour simuler la turbulence »¹⁰⁶. Un des principaux fabricants de simulateurs, la société Thales, prétend que ses appareils peuvent reproduire un « réalisme total »¹⁰⁷. Malheureusement, cette affirmation est trompeuse et inexacte.

Afin de créer le « réalisme total », une plate-forme de simulateur devrait pouvoir se déplacer de façon soutenue pendant un certain temps. Par exemple, pour reproduire une accélération verticale de force 0,1 G à une fréquence de 0,1 radian par seconde, la plate-forme mobile devrait se déplacer verticalement de 322 pieds (98 mètres)¹⁰⁸. De toute évidence, vu l'espace qui serait nécessaire, aucune plate-forme de simulateur ne pourrait exécuter un tel déplacement. Les scientifiques ont trouvé deux façons de réduire le déplacement nécessaire de la plate-forme. La première consiste à ne déplacer la plate-forme que d'une fraction du mouvement complet. En second lieu, on peut la déplacer à des taux correspondants aux seuils de perception des systèmes de détection de l'être humain, en appliquant ce que l'on appelle des « filtres d'effacement »¹⁰⁹. Ces deux solutions sont combinées dans les simulateurs de vol modernes.

Ce qu'il importe le plus de retenir en ce qui concerne les plates-formes mobiles de simulateur, c'est que celui-ci ne bouge pas en fait comme un aéronef en mouvement. Les simulateurs de vol transforment la façon dont la force de gravité s'exerce sur les occupants afin de reproduire la sensation de mouvement vestibulaire. En modifiant les repères perceptuels donnés à tous les systèmes humains de détection, le simulateur peut amener le cerveau humain à croire qu'il subit une accélération. Si des repères visuels réels sont fournis, l'occupant du simulateur reconnaîtra correctement le mouvement comme étant une inclinaison vers le haut. Cependant, s'il n'y a aucun repère visuel ou si un système visuel montre un vol en ligne droite et en palier, le mouvement sera interprété comme étant une accélération linéaire.

Le scénario donné ci-dessus peut servir à expliquer les sensations d'accélération et de mouvement qu'éprouve le pilote pendant un décollage exécuté dans un simulateur typique avec mouvements complets. Quand l'avion simulé « accélère » sur la piste, la plate-forme mobile s'incline vers l'arrière à un taux supérieur au seuil de perception des organes otolithiques. Quand l'accélération initiale s'atténue après que le pilote a desserré les freins, le simulateur commence à s'incliner vers l'avant à un taux inférieur au seuil de perception des organes otolithiques. Le système visuel du simulateur montre un panorama horizontal en tout temps. Au moment où l'avion atteint la vitesse de décollage, le pilote tire sur le manche, et l'appareil amorce son « ascension ». La plate-forme du simulateur bascule de nouveau vers l'arrière à un taux supérieur au seuil de perception. Quand l'avion amorce sa montée à angle constant, la plate-forme s'incline de nouveau vers l'avant pour adopter une attitude horizontale à un taux inférieur aux seuils de perception. Enfin, quand l'avion atteint son altitude « de croisière », on simule la sensation du passage en palier en faisant basculer la plate-forme vers

106. Thales, « A Layman's Guide to Full Flight Simulators », http://www.thalesgroup.com/News_and_events/2009-01-27_UK_FOC_Aero_Laymans_Guide_FFS/ (consulté le 9 juillet 2012).

107. Thales, « Civil Aviation Training Capabilities », Thales Pamphlet 5A-26-0220078 www.thalesgroup.com (consulté le 9 juillet 2012).

108. Kaiser et Schroeder, p. 456.

109. *Ibid.*

l'avant à un taux supérieur aux seuils de perception, puis on la ramène lentement à l'horizontale à un taux inférieur aux seuils de perception. L'interprétation de ces mouvements est renforcée par une représentation visuelle qui confirme l'illusion¹¹⁰.

Ce sont les filtres d'effacement algorithmiques qui atténuent le taux de mouvement. On a mené des recherches poussées pour maximiser l'effet de ces filtres de manière à créer un mouvement réaliste. Cependant, comme il ne s'agit pas d'un mouvement réel, il existe des limites importantes. La plupart des simulateurs de vol assujettissent leurs occupants à de fausses indications parallèlement aux repères principaux de mouvement qu'ils essaient de reproduire. Prenons un virage à droite normal. L'avion réel s'incline doucement à un angle donné et le conserve. Tandis que le virage se stabilise à un angle d'inclinaison constant, le système vestibulaire s'habitue au mouvement. Afin de reproduire ce mouvement dans un simulateur, on fait tout d'abord basculer la plate-forme à droite, puis on la ramène lentement à gauche en position neutre. Le retour à l'horizontale est censé se situer sous les seuils de perception¹¹¹. Cependant, comme tous les êtres humains ne partagent pas tous les mêmes seuils de perception vestibulaires, les occupants ressentent souvent le roulement à gauche ou la fausse indication de mouvement.

En 1997, on a mené une étude pour évaluer comment un simulateur reproduit le roulis, le mouvement de lacet et le tangage initiaux d'un avion multimoteur dont un des moteurs extérieurs tombe en panne après le décollage. Une comparaison entre les mouvements du simulateur et ceux de l'avion a révélé ce qui suit : les algorithmes d'effacement de la plate-forme classique n'ont reproduit que 15 p. 100 de la vitesse angulaire réelle de roulis, 19 p. 100 de la vitesse de lacet et 50 p. 100 de la vitesse angulaire de rotation (tangage)¹¹². Les mouvements liés à une panne à bord d'un aéronef telle qu'une panne de moteur jouent un rôle essentiel dans la réaction du pilote. Dans un simulateur qui ne peut représenter de telles indications avec une fidélité totale, les besoins changent en ce qui concerne le mouvement. La nouvelle question qui se pose est la suivante : quelles indications du mouvement sont-elles primordiales pour les pilotes?

Les genres d'indications du mouvement

L'objet du vol est de faire suivre à un aéronef la trajectoire de vol qui lui a été attribuée. À cette fin, on traite et évalue différents genres d'indications du mouvement. Celles-ci ont été définies et classifiées par Paul W. Caro en 1979 comme étant liées aux « manœuvres » ou aux « perturbations »¹¹³. Par conséquent, les chercheurs ont établi que les tâches de contrôle liées au vol peuvent être divisées en deux grands genres : la gestion des tâches de manœuvre et des tâches de perturbation¹¹⁴.

La gestion des manœuvres se fait à la faveur de tâches parfois appelées « tâches de suivi ». Les tâches de manœuvre existent « quand l'écart entre la trajectoire souhaitée et la trajectoire de vol actuelle est contrôlé » par le pilote¹¹⁵. Ces tâches relèvent du domaine du système visuel qui fait appel à une rétroaction d'origine visuelle¹¹⁶. Dans des conditions de vol à vue, le pilote compte sur

110. David Allerton, *Principles of Flight Simulation*, Reston (Virginie), American Institute of Aeronautics and Astronautics, 2009.

111. Kaiser et Schroeder, p. 457.

112. Alfred Lee, *Flight Simulation: Virtual Environment in Aviation*, Surrey (Angleterre), Ashgate Publishing Company, 2005, p. 48.

113. Paul W. Caro, « The Relationship Between Flight Simulator Motion and Training Requirements », *Human Factors*, vol. 21, n° 4, août 1979, p. 493-501.

114. Shane A. Bowen, Brian P. Oakley et John S. Barnett, *Effects of Motion on Skill Acquisition in Future Simulators: Study Report 2006-07*, Arlington (Virginie), US Army Research Institute for Behavioral and Social Science, 2006, p. 6.

115. Air Line Pilots Association, *ALPA White Paper: The Need for Motion in Flight Simulation*, Washington (D.C.), ALPA International, septembre 2007, p. 3.

116. Rudd Hosman, Sunjoo Advani et Nils Haeck, *Integrated Design of Flight Simulator Motion Cueing Systems*, Londres, Royal Aeronautical Society Conference on Flight Simulation, mai 2002, p. 6.

des détails des scènes visuelles qui le renseignent et l'aident à contrôler l'aéronef. Faire une approche pour se poser à un aéroport, voler en formation et voler à basse altitude, voilà autant de tâches qui exigent du pilote qu'il conserve la maîtrise de l'appareil en faisant des comparaisons visuelles entre la trajectoire de vol souhaitée et la trajectoire réelle. Dans des conditions de vol aux instruments, le pilote exécute des tâches de manœuvre en comparant visuellement ses instruments aux trajectoires de vol susmentionnées. Voici un bon exemple à cet égard : maintenir l'aiguille d'alignement de piste au centre d'un écran principal de vol (PFD) au cours d'une approche avec système d'atterrissage aux instruments (ILS). Peu importe les conditions de vol dont il s'agit, le pilote doit souvent apprendre à passer outre aux informations fournies par son système vestibulaire afin d'éviter la désorientation spatiale pendant les tâches de manœuvre¹¹⁷.

Contrairement aux tâches de gestion des manœuvres, les tâches de gestion des perturbations font appel à une rétroaction vestibulaire¹¹⁸. Ces dernières tâches ne résultent pas de la contribution du pilote à la maîtrise de son appareil, mais plutôt de forces extérieures, telles que des perturbations ou des pannes de moteur, qui s'exercent sur l'aéronef. Le pilote ne s'attend pas aux indications de perturbation; par conséquent, celles-ci jouent un rôle sensiblement différent dans les tâches globales relatives à la maîtrise de l'aéronef. Elles alertent l'équipage à une situation inconnue ou imprévue. Bien qu'une faiblesse importante du système vestibulaire réside dans le fait qu'il s'habitue au mouvement avec le temps, sa contribution la plus utile est qu'il décèle instantanément les accélérations initiales et les mouvements. Souvent, les indications de perturbation peuvent être les premiers signes annonçant la panne d'un système (un moteur, par exemple). L'Air Line Pilots Association (ALPA), aux États-Unis, a invoqué l'importance de la gestion des tâches de perturbation pour faire valoir fondamentalement la nécessité des simulateurs à base mobile. Dans son livre blanc, elle a conclu que « le mouvement est nécessaire parce que les pilotes travaillent dans un milieu mobile et que le système vestibulaire leur procure les indications les plus fortes et les plus rapidement détectées pour contrôler leur propre mouvement »¹¹⁹. La conclusion de l'ALPA fait problème en ce sens qu'elle suppose que les habiletés apprises dans un simulateur à mouvements complets sont entièrement transférables dans le cockpit d'un aéronef.

Le transfert des habiletés du simulateur à l'aéronef

L'utilité et l'efficacité d'un simulateur de vol doivent être évaluées par rapport à sa capacité de transférer les habiletés y ayant été apprises dans le cockpit d'un aéronef en vol¹²⁰. En définitive, la seule chose qui compte est la compétence du pilote dans un aéronef bien concret. C'est pourquoi beaucoup d'études ont porté sur le transfert des habiletés. Stanley Roscoe a conclu en 1991 que l'on pourrait éliminer le mouvement dans les simulateurs à mouvements complets sans que les pilotes s'en rendent compte et qu'aucune notion apprise à l'instruction ne serait perdue dans le transfert¹²¹. Par conséquent, il a remis en question la rentabilité des plates-formes mobiles coûteuses.

Il existe trois catégories de transfert d'instruction (TdI) : le transfert positif, neutre ou négatif. Il y a transfert positif quand la personne applique correctement « dans un contexte les connaissances, les compétences et/ou les attitudes acquises dans un autre »¹²². C'est là l'objectif de tout système de

117. Lee, p. 49.

118. *Ibid.*

119. Air Line Pilots Association, p. 6.

120. Richard S. Jensen, *Aviation Psychology*, Brookfield, Gower Technical, 1989, p. 117.

121. Stanley N. Roscoe, « Simulator Qualification: Just as Phony as it Can Be », *The International Journal of Aviation Psychology*, vol. 1, n° 4, hiver 1991, p. 336.

122. Beth Blickensderfer, Dahai Liu et Angelica Hernandez, *Simulation Based Training: Applying Lessons Learned in Aviation to Surface Transportation Modes*, Dayton Beach, Emery Riddle Aeronautical University, le 30 juin 2005, p. 25.

formation ou de toute aide à l'apprentissage. Cependant, s'il ne se produit aucun transfert, on dit que le TdI est neutre. Enfin, un transfert négatif a lieu quand les connaissances et/ou les compétences existantes « nuisent à la performance dans une tâche différente ou un contexte différent »¹²³. Aux fins de la présente étude, les compétences auxquelles nous faisons allusion sont celles acquises grâce à une plate-forme mobile, c'est-à-dire les réactions et habiletés apprises par suite des indications du système vestibulaire que la personne emploie pour comprendre ce que les perturbations annoncent.

L'exécution des études sur le TdI dans l'aviation est difficile et coûteuse, outre qu'elle risque d'être dangereuse, et c'est donc là ce qui préoccupe le plus à leur égard¹²⁴. Pour mener de telles études, il faut au moins deux groupes de sujets. Dans le système d'instruction, cela porte le niveau de risque pour les pilotes à un seuil qui est normalement inacceptable pour l'établissement de formation. Cette conjoncture peut interrompre le rythme et le calendrier d'instruction. Idéalement, une expérience pure sur le TdI en aviation nécessiterait deux groupes, soit un qui s'entraînerait dans un simulateur à mouvements complets, et un autre, dans un simulateur fixe. On évaluerait ensuite le degré de réussite de l'instruction dans un aéronef réel. On peut comprendre que le niveau de risque quant à la perte d'équipement ou de vies humaines et le coût d'exploitation de l'aéronef empêchent normalement l'exécution des expériences de ce genre. Malgré tout, quelques-unes ont été menées, en particulier par Robert Jacobs et Stanley Roscoe, à l'Université de l'Illinois, en 1975¹²⁵.

Jacobs et Roscoe ont fait leur expérience sur le TdI avec un Link Trainer sans système visuel et un avion Piper Cherokee Arrow qui leur a servi de plate-forme d'essai. Il y avait 27 sujets divisés en trois groupes et un autre groupe constitué uniquement à des fins de contrôle (groupe témoin). Le premier groupe a travaillé dans le simulateur fixe, le deuxième, dans un simulateur mobile normal, et le troisième, dans un simulateur à mouvements négatifs aléatoires. Le groupe témoin n'a reçu aucune formation sur simulateur. Jacobs a conclu que le groupe formé sur le simulateur mobile normal avait fourni une meilleure performance que les deux groupes ayant travaillé dans les autres simulateurs. Cependant, quand les trois groupes sont passés aux commandes de l'avion, les chercheurs n'ont observé aucune amélioration sensible par rapport à la performance du groupe témoin. Cela les a amenés à conclure que le simulateur mobile produit de meilleurs résultats chez les stagiaires dans le simulateur même, mais que les compétences acquises ne sont pas transférées dans l'avion¹²⁶.

Les résultats de l'expérience de Jacobs et Roscoe sont intéressants, mais ils sont limités par la technologie qui existait à l'époque. L'industrie des simulateurs a fait d'énormes progrès au chapitre des techniques de création du mouvement. Il est concevable que les simulateurs plus perfectionnés d'aujourd'hui qui reproduisent le mouvement avec plus de fidélité donneraient lieu à un meilleur transfert de l'instruction.

Dans la majorité des études sur la TdI, on emploie maintenant une méthode d'essai appelée « quasi-transfert ». Dans ce genre d'essai, on utilise un simulateur à mouvements complets pour remplacer l'aéronef réel. De cette façon, un groupe témoin reçoit sa formation dans un simulateur fixe, et l'autre, dans un simulateur mobile dans les six axes. L'évaluation des deux groupes a ensuite lieu dans ce dernier simulateur, et l'on mesure la performance du groupe témoin pour voir si elle est meilleure ou pire que celle de l'autre groupe. Ce genre d'essai comporte des avantages importants par rapport aux expériences pures de TdI. En utilisant le simulateur mobile comme banc d'essai au lieu d'un aéronef, les chercheurs peuvent contrôler des facteurs extérieurs tels que la performance de

123. *Ibid.*

124. McCauley, p. 10.

125. Robert S. Jacobs et Stanley N. Roscoe, « Simulator Cockpit Motion and the Transfer of Initial Flight Training », *Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting Proceedings*, vol. 19, n° 2, printemps 1975, p. 218-226.

126. *Ibid.*

l'aéronef, la météo, l'éclairage et l'heure de la journée¹²⁷. L'efficacité de la méthode du quasi-transfert a été validée par Henry Taylor, Gavan Lintern et Jefferson Koonce en 2001¹²⁸.

Le Centre Volpe a été à l'avant-garde en ce qui concerne la majorité des expériences de quasi-transfert. Entre 2000 et 2005, ses chercheurs ont exécuté trois importantes expériences de ce genre. Dans les trois cas, ils ont mis l'accent sur l'effet du mouvement sur les réactions du pilote à des signes de perturbation en vol; pour cela, ils ont simulé une panne de moteur à bord d'un avion multimoteur après le décollage. Dans les trois cas, ils ont conclu que « le mouvement n'avait aucun effet pertinent du point de vue opérationnel »¹²⁹.

Les études menées au Centre Volpe

Les études du Centre Volpe dans le domaine des expériences sur le quasi-transfert dans l'aviation ont eu pour objet d'appuyer une initiative de la FAA « qui vise à promouvoir l'utilisation de simulateurs de vol abordables par les services de formation des transporteurs aériens de troisième niveau aux États-Unis »¹³⁰. Outre qu'elles aident la FAA, les études sont utiles à tous les utilisateurs, fabricants et acheteurs de simulateurs, y compris les forces armées. Le Centre a réalisé ses trois grandes expériences sur les quasi-transferts en recourant à une approche modulaire. Pour la première expérience, il a utilisé un simulateur de niveau C comme plate-forme d'essai pour reproduire un avion à deux turbopropulseurs pouvant emporter 30 passagers. Malheureusement, cette étude a été limitée par la qualité du simulateur. Les chercheurs ont conclu que le simulateur employé n'avait peut-être « pas fourni une indication de l'accélération latérale suffisamment représentative pour les manœuvres de l'essai »¹³¹. Par conséquent, lors de l'essai suivant qui a eu lieu en 2003, les chercheurs ont tenu compte de cette lacune en utilisant un simulateur de vol de niveau D Ames de la NASA, modifié pour renforcer les mouvements latéraux qui avaient fait défaut dans l'expérience de 2000. Là encore, on a conclu que le mouvement ne semblait avoir aucun effet avantageux sur la formation périodique¹³².

La troisième étude du Centre Volpe a eu lieu en 2005 et a couronné les deux expériences antérieures. Celles-ci avaient servi à évaluer les pilotes qualifiés sur le type d'aéronef simulé, mais la troisième a été conçue pour examiner « l'effet du mouvement de la plate-forme du simulateur sur la formation initiale des pilotes de ligne qui n'avaient jamais été aux commandes de l'aéronef simulé »¹³³. Par conséquent, 49 pilotes nouvellement embauchés, qui avaient terminé l'instruction au sol exigée, ont été évalués sur un simulateur de niveau D du Boeing 717-200. L'expérience a mis l'accent sur la réaction des pilotes à une panne de moteur après le décollage et sur l'approche de précision ultérieure effectuée avec un réacteur coupé.

127. Henry L. Taylor, Gavan Lintern et Jefferson M. Koonce, « Quasi-Transfer as a Predictor of Transfer From Simulator to Airplane », *The Journal of General Psychology*, vol. 120, n° 3, automne 2001, p. 258.

128. *Ibid.*

129. Judith Bürki-Cohen et collaborateurs, « Effects of Visual, Seat, and Platform Motion During Flight Simulator Air Transport Pilot Training and Evaluation », *Proceedings of the 15th International Symposium on Aviation Psychology*, Dayton (Ohio), Wright State University, du 27 au 30 avril 2009, p. 2.

130. Judith Bürki-Cohen et collaborateurs, « Simulator Fidelity—The Effect of Platform Motion », *Proceedings of the International Conference Flight Simulation — The Next Decade*, Londres, Royal Aeronautical Society, 10 au 12 mai, 2000, p. 1.

131. *Ibid.*, p. 7.

132. Judith Bürki-Cohen et collaborateurs, « Simulator Fidelity Requirements for Airline Pilot Training and Evaluation Continued: An Update on Motion Requirements Research », *Proceedings of the 12th International Symposium on Aviation Psychology*, Dayton (Ohio), Wright State University, avril 2003, p. 7.

133. Judith Bürki-Cohen et Tiauw H. Go, *The Effect of Simulator Motion Cues on Initial Training of Airline Pilots*, Reston (Virginie), American Institute of Aeronautics and Astronautics, 2005, p. 1.

La réaction du pilote à une panne de moteur après le décollage constituait un choix logique comme critère d'évaluation pendant les expériences du Centre Volpe sur le quasi-transfert. Quand un moteur tombe en panne immédiatement après le décollage, l'avion donne instantanément des signes de perturbation prenant la forme d'un roulis, d'un tangage ou d'un mouvement de lacet. Ces perturbations sont accentuées par les autres moteurs qui tournent à plein régime. La manœuvre exige une intervention particulièrement rapide vu que l'avion est près du sol. Les réactions du pilote doivent être promptes et exactes. Afin de rester en vol contrôlé, le pilote doit veiller à ce que la vitesse indiquée de l'avion soit supérieure à la vitesse minimale de contrôle en vol (VMCA), c'est-à-dire la vitesse indiquée minimale à laquelle l'avion peut poursuivre son vol contrôlé après avoir perdu l'usage d'un moteur. Bien que la vitesse diffère selon la configuration et le type de l'aéronef, la définition et les paramètres ne changent pas. Le manuel de vol du CC177 qui contient les données sur la performance et qui est semblable à celui de tous les aéronefs précise que le pilote doit immédiatement utiliser le palonnier, pour enrayer le mouvement de lacet, et incliner l'avion de cinq degrés au maximum du côté opposé à celui du moteur en panne pour faire cesser le mouvement de roulis¹³⁴.

Pour cette troisième expérience, le Centre Volpe a appliqué la même méthode que pour les deux autres. Un groupe de pilotes a été formé sur un simulateur fixe, tandis que l'autre recevait son instruction sur un simulateur mobile dans les six axes (niveau D). Après l'instruction, les deux groupes ont été évalués dans ce dernier simulateur. Les résultats en ce qui concernait la réaction des pilotes à une panne de moteur survenant peu après le décollage ont été concluants.

Pendant la formation, les pilotes qui s'étaient entraînés sur le simulateur mobile ont senti la perturbation en lacet due à la panne de moteur plus vite que le groupe qui avait travaillé sur le simulateur fixe : le premier groupe a appliqué la pression appropriée sur la bonne pédale du palonnier environ 0,5 seconde plus tôt que l'autre. Cette réaction plus rapide est importante pour toutes les raisons afférentes au fait que la panne de moteur se produit peu après le décollage et qu'elle exige des manœuvres critiques. Le fait le plus intéressant est que la différence dans le délai de réaction n'a pas été observée dans la plate-forme d'évaluation. Même si les pilotes du premier groupe s'étaient entraînés sans mouvement, ils ont réagi tout aussi rapidement que ceux qui avaient reçu leur formation sur le simulateur mobile quand la séquence a été répétée avec des indications annonçant des perturbations dans le mouvement de l'avion¹³⁵.

L'expérience a prouvé deux faits importants. Tout d'abord, les indications annonçant une perturbation du mouvement alertent *effectivement* les pilotes. Même quand des signes leur annonçaient une panne de moteur imminente, les pilotes qui n'avaient pas été formés sur un simulateur mobile n'ont pas pu réagir aussi vite que les autres. En deuxième lieu, et cela est sans doute particulièrement digne de mention, le retard dans la réaction des pilotes qui avaient étudié sur un simulateur fixe *ne s'est pas* produit quand ils sont passés sur la plate-forme mobile. En d'autres termes, ces pilotes « n'ont pas eu besoin d'être formés sur une plate-forme mobile pour reconnaître les signes annonçant une panne de moteur au décollage¹³⁶. » Quand ils sont passés sur un simulateur à mouvements complets, tous les pilotes évalués ont reconnu la panne de moteur de façon intuitive et naturelle. Par conséquent, la vraie question qui se pose est la suivante : qu'apporte le mouvement à la formation? La réponse apparente déconcerte la plupart des pilotes : rien du tout!

134. United States Air Force, *C-17 Flight Manual Performance Data – Change 1*, Wright Patterson Air Force Base, Département de la Défense, 2007, p. 3-6.

135. Bürki-Cohen et Go, p. 7.

136. *Ibid.*, p. 11.

Résumé

Grâce aux progrès récents, on comprend maintenant davantage le rôle du mouvement dans la simulation des vols, de sorte que des questions se sont posées au sujet de la nécessité de ce dernier. La technologie a permis aux simulateurs mobiles dans les six axes de reproduire le mouvement; cependant, le mouvement simulé n'est pas et n'a jamais été tout à fait le même que celui d'un aéronef en vol. Grâce à une compréhension rudimentaire de la relation entre les divers systèmes de détection du mouvement chez l'humain, la technologie peut tromper le cerveau en altérant la façon dont la force de gravité s'exerce sur les occupants du simulateur. Malgré tout, les manipulations de ce genre ne sont pas parfaites, car les occupants ressentent souvent les mouvements subtils utilisés pour rétablir la plate-forme Stewart-Gough, ce qui engendre de faux signaux sensoriels.

Les simulateurs modernes sont nécessaires pour reproduire deux types d'indications du mouvement : soit celles qui sont liées aux manœuvres et celles qui sont liées aux perturbations. Les premières sont détectées par le système visuel, et les secondes, par le système vestibulaire. Les mouvements liés aux perturbations sont immédiatement enregistrés par le système vestibulaire qui alerte le pilote en lui faisant savoir que les conditions de vol ne sont pas normales. C'est pourquoi beaucoup soutiennent que le mouvement est nécessaire dans la formation des équipages. Cependant, les preuves scientifiques montrent que certaines habiletés acquises dans le simulateur ne sont pas transférées dans l'aéronef réel. Les compétences intellectuelles telles que l'apprentissage des procédures, la prise de décisions et la gestion des ressources en équipe sont transférées dans le poste de pilotage concret, mais les compétences liées aux manœuvres ne le sont pas. Les résultats des études abondent dans ce sens, car les pilotes qui avaient été formés dans un simulateur fixe ont réagi à une panne de moteur survenue peu après le décollage aussi bien que ceux qui avaient reçu leur instruction dans un simulateur mobile.

Il semble que le seul rôle du mouvement dans les simulateurs de vol soit de donner des indications sur les perturbations en vol. Si tel est le cas, la nouvelle question qui se pose dans le débat sur le mouvement est la suivante : quel genre de mouvement le simulateur doit-il faire pour que l'occupant sache qu'il y a mouvement? Le simulateur doit-il pouvoir se déplacer de 60 pouces, ou de petits mouvements produisent-ils les mêmes résultats? Quel est l'avenir du simulateur à mouvements complets? C'est la question à laquelle nous répondrons dans la prochaine section.

5. L'avenir des simulateurs de vol à six degrés de liberté

Introduction

Le débat animé et souvent houleux sur la nécessité du mouvement dans les simulateurs de vol passe souvent outre au but fondamental de ces derniers. Depuis les tout débuts, ils ont pour objet de former de meilleurs pilotes dans un environnement sûr et contrôlé où ils peuvent parfaire leurs compétences. Le problème tient au fait que le débat en question se limite à un tout petit aspect du monde global de la simulation du vol. Le désir constant de créer des imitations réalistes de l'environnement réel en a amené beaucoup à oublier qu'un simulateur « n'est qu'un outil de formation »¹³⁷.

En quoi un système à mouvements complets aide-t-il à atteindre l'objectif global qu'est la formation des pilotes? Les sections précédentes ont décrit comment le mouvement des plates-

137. Eduardo Salas, Clint A. Bowers et Lori Rhodenizer, « It is not how much you have but how you use it: toward a rational use of simulation to support aviation training », *The International Journal of Aviation Psychology*, vol. 8, n° 3, automne 1998, p. 200.

formes ne reproduit pas exactement celui des aéronefs. En outre, en raison des limites restreignant les déplacements et des forces d'accélération subséquentes, le mouvement de la plate-forme peut créer des erreurs de perception, car la base mobile est manipulée à des taux et à des fréquences se situant censément sous les seuils de la perception humaine.

On convient actuellement que les indications de mouvement perçues par les pilotes peuvent se répartir en deux catégories : celles qui sont liées aux manœuvres et celles qui sont liées aux perturbations. Le mouvement n'aide pas beaucoup le pilote à exécuter les tâches de manœuvre, car il fait surtout appel au système visuel pour ce faire, alors qu'il voit à ce que l'avion reste en vol contrôlé le long d'une trajectoire de vol désignée. Le mouvement physique a un rôle dans l'exécution des tâches de perturbation, car on a montré que les indications de mouvement liées aux perturbations servent à alerter les pilotes quand des forces extérieures influent sur le vol de l'avion. Cependant, des études récentes révèlent que les réactions à une indication de perturbation dans un simulateur risquent de ne pas être transférées dans le cockpit de l'avion. Il semble que les pilotes n'aient pas besoin de sentir la base mobile du simulateur entrer en action pour savoir qu'un avion réagirait de la même façon à des éléments perturbateurs tels que la panne d'un moteur peu après le décollage. En d'autres mots, une personne intelligente n'a pas besoin d'être frappée sur la tête avec un bâton de baseball pour savoir que cela fait mal.

Le mouvement n'est qu'une petite partie de la simulation

Où le mouvement a-t-il donc sa place dans le cadre global de la simulation des vols? C'est de loin le volet le plus coûteux des simulateurs de niveau D, qui sont en général de grosses machines nécessitant une infrastructure distincte et propre à chaque type d'aéronef ainsi qu'un degré élevé de compétence technique et de maintenance¹³⁸. Les engagements considérables de fonds sont-ils rentables? Malheureusement non. Dès 1975, Edward Huff et David Nagel ont proposé un modèle simple de la simulation de vol idéale. Ce modèle s'applique encore aujourd'hui. La simulation idéale fait intervenir de multiples facteurs connexes qui contribuent directement à la performance du pilote et à la formation consécutive qu'il reçoit. Il est intéressant de souligner que cette production du mouvement, comme nous l'avons mis en lumière, n'est qu'un volet de la simulation idéale.

Si le mouvement n'a qu'une application limitée dans la formation des pilotes, quand il s'agit des indications de mouvement liées aux perturbations, et si les expériences de quasi-transfert des compétences font voir que le mouvement revêt peu de pertinence sur le plan opérationnel, pourquoi l'industrie milite-t-elle tant en faveur des simulateurs de niveau D? La réponse à cette question est complexe. En résumé, bien que l'on n'ait pas prouvé que le mouvement améliore le transfert des compétences, on n'a certainement pas prouvé non plus qu'il l'entrave. Il incombe donc aux scientifiques de montrer que l'absence de mouvement ne nuira pas à la formation des pilotes. Comme dans tout autre domaine de la vie, il est ici très difficile de modifier le statu quo. En outre, la plupart des pilotes souscrivent au statu quo en ce qui concerne la nécessité du mouvement dans la simulation, pour des raisons non pas scientifiques mais perceptuelles. L'Air Line Pilots Association s'oppose vigoureusement à l'ouverture d'un débat sur l'à-propos de réduire l'importance du mouvement dans la simulation. Voici en quoi consiste sa position officielle :

Si l'objet de la formation des pilotes est de les amener à acquérir les compétences et les connaissances nécessaires pour piloter un aéronef et de les évaluer à ces égards dans l'exécution

138. Bernhard E. Riecke et collaborateurs, *Towards Lean and Elegant Self-Motion Simulation in Virtual Reality*, Bonn (Allemagne), IEEE Virtual Reality, 2005, p. 131.

de leurs fonctions, il est alors essentiel de recréer le mieux possible l'environnement de vol réel. Les autres sens (visuel, auditif, tactile, etc.) sont importants mais complémentaires ... La politique de l'ALPA est la suivante : « Les simulateurs de vol du plus haut niveau doivent être utilisés autant que possible »¹³⁹. » [Le soulignement est utilisé dans le document original.]

L'idée que les autres sens sont complémentaires va à l'encontre de la science expliquant comment les êtres humains réagissent au mouvement, comme le décrit la Section 3. Le système dominant dans l'orientation spatiale est le système visuel, qui est suivi du système vestibulaire, et non l'inverse. La pensée d'organismes tels que l'ALPA va devoir changer au fil du temps. Heureusement, les organismes de réglementation tels que la FAA, TC et la JAA en Europe étudient des solutions de rechange aux simulateurs à mouvements complets. Le progrès le plus prometteur a eu lieu récemment quand la JAA a certifié un simulateur fixe de vol complet (FFT-X) fabriqué par la société montréalaise Mechtronix. Opérant un changement de cap relativement radical, la JAA a accordé au FFT-X, « pour l'entraînement, les essais et les contrôles, une sanction équivalente à celle qu'elle donne habituellement à un simulateur de vol complet de niveau B (FFS) »¹⁴⁰. En permettant l'utilisation du FFT-X pour l'instruction qui nécessitait auparavant un simulateur mobile de niveau B, la JAA a reconnu implicitement que des plates-formes mobiles dans les six axes ne sont pas toujours nécessaires et que d'autres technologies peuvent procurer les mêmes résultats.

La solution de rechange : le système fixe

Une solution de rechange aux simulateurs de vol mobiles à six degrés de liberté se dessine : il s'agit des simulateurs de vol à base fixe munis d'un siège de pilote dynamique fournissant des indications de perturbation initiale au moyen de signes annonçant une impulsion. C'est exactement ce genre de solution que le centre de formation de l'entreprise Avions de Transport Régional (ATR), installée à Toulouse (France), a employé pour convaincre la JAA d'accorder sa qualification de type aéronef sans que le simulateur soit mobile. Cette entreprise est le plus gros constructeur mondial d'avions régionaux à turbopropulseurs et elle dispose de son propre centre de formation des pilotes afin d'appuyer les compagnies aériennes clientes¹⁴¹. Les transporteurs aériens régionaux d'Europe envoient régulièrement leurs pilotes à Toulouse pour qu'ils y reçoivent leur formation initiale et périodique. Le centre d'instruction d'ATR vient de conclure un partenariat avec Mechtronix pour offrir une formation rentable des pilotes grâce à un « programme d'instruction sur FFT à communication de mouvements virtuels au cerveau »¹⁴².

Le FFT-X de Mechtronix est en fait un FFS fixe¹⁴³. Il emploie tous les systèmes humains de détection du mouvement afin de créer un environnement virtuel d'*immersion* pour la formation des pilotes. Afin de mobiliser le système visuel, il est muni d'un système visuel collimaté à champ de vision de 200 degrés sur 40 degrés, comparable à ceux dont sont équipés les simulateurs de niveau D. Le système vestibulaire est sollicité par un siège dynamique électrique qui sert à produire les effets de l'accélération, de la décélération et de la turbulence. Le système proprioceptif est mobilisé par un modèle aérodynamique haute fidélité reproduisant les forces s'exerçant sur les commandes de vol. En outre, les cockpits sont des reproductions exactes de ceux des aéronefs simulés et ils procurent donc

139. Air Line Pilots Association, p. 6.

140. Judith Bürki-Cohen, Andrea L. Sparko et Tiauw H. Go, *Training Value of a Fixed-Base Flight Simulator with a Dynamic Seat*, Hilton Head (Caroline du Sud), AIAA Modeling and Simulation Technologies Conference, du 20 au 23 août 2007, p. 10.

141. ATR, « Company Profile », www.atracraft.com (consulté le 9 juillet 2012).

142. Jeff Apter, « ATR Mulls Option for Larger Turboprop », *Aviation International News Online*, 14 juillet 2008, <http://ainonline.com/aviation-news/farnborough-air-show/2008-07-12/atr-mulls-options-larger-turboprop> (consulté le 9 juillet 2012).

143. Correspondance électronique entre le major Jason Stark et Xavier Lalonde, coordonnateur des ventes chez Mechtronix, le 28 janvier 2010.

la sensation tactile que les pilotes éprouveraient en touchant le tableau de bord et les interrupteurs réels. Enfin, le système auditif entre en jeu grâce à l'utilisation d'un simulateur sonore haut de gamme qui comprend un caisson d'extrêmes graves installé sur la structure pour créer en permanence les vibrations et le bruit des moteurs de l'aéronef¹⁴⁴. Conformément au modèle de la simulation idéale créé par Huff et Nagel, Mechtronix a mis l'accent sur le caractère immersif de la simulation de vol : ainsi, le cerveau du pilote fait des extrapolations à partir des informations et des indications sensorielles provenant de multiples boucles de rétroaction.

À l'automne de 2006, l'Autorité de l'aviation nationale de France (AAN) a, sous la gouverne de la JAA, mené à bien la qualification de type de six pilotes en employant un simulateur fixe FFT-X de Mechtronix. C'était une première mondiale novatrice. Des chercheurs du Centre Volpe ont observé la formation. Comme ils avaient terminé des études sur le quasi-transfert dans des simulateurs à mouvements complets, ils souhaitaient ardemment observer l'expérience et aider à effectuer la validation de principe d'un simulateur fixe employé pour la qualification de type d'aéronef. Ils ont publié un rapport sur leurs constatations en 2007. Les pilotes qui ont obtenu avec succès la qualification en question comprenaient deux pilotes expérimentés et quatre qui ne l'étaient pas. Les deux premiers possédaient des permis et qualifications pour aéronefs multipilotes. Ils avaient respectivement à leur actif 14 000 et 11 000 heures de vol. Les quatre autres possédaient un permis de pilote unique et n'avaient jamais pris les commandes d'un avion de ligne. Ils avaient à leur actif entre 563 et 6 000 heures de vol¹⁴⁵.

Les chercheurs du Centre Volpe ont constaté que la performance des pilotes à bord de l'aéronef réel, après la transition, avait été évaluée par les instructeurs sur l'aire de trafic comme étant identique à celle d'un pilote typique formé sur un FFS. En outre, pendant qu'ils exécutaient certaines séquences de vol dans le simulateur, par exemple une approche aux instruments moteur coupé et des atterrissages dans des conditions anormales, les stagiaires ont obtenu des résultats « relativement meilleurs » et « sensiblement meilleurs », respectivement, qu'un pilote ayant reçu une formation typique dans un simulateur à mouvements complets¹⁴⁶. Seuls les stagiaires ont été invités à évaluer l'acceptabilité du FFT-X avant et après avoir piloté l'aéronef réel.

Avant de piloter l'aéronef réel, les stagiaires ont évalué le FFT-X en disant qu'il n'avait besoin que « de légères améliorations » ou en faisant des commentaires meilleurs que celui-là, et ce, à l'égard de 77 p. 100 des manœuvres visées par la formation. Ils fondaient leur évaluation sur la façon dont ils pensaient que l'aéronef réel réagirait entre leurs mains et sur l'impression qu'ils en auraient alors. Toutefois, après avoir piloté l'aéronef réel, les stagiaires ont dit du FFT-X qu'il « différait très peu de l'aéronef »¹⁴⁷. Par ailleurs, tous les stagiaires n'avaient pas la même opinion sur le manque de mouvement du simulateur. Selon deux d'entre eux, le mouvement éprouvé dans le FFT-X « différait beaucoup de celui ressenti dans l'aéronef ». Malgré tout, cette évaluation a été compensée par celles d'autres stagiaires pour qui le mouvement dans le FFT-X était « le même qu'à bord de l'aéronef »¹⁴⁸. Cela montre que la perception du mouvement est extrêmement subjective, et l'on pourrait en déduire que la différence dans les opinions aurait existé aussi si les stagiaires étaient passés d'un FFS à l'aéronef réel.

144. Mechtronix, *There Is Nothing General About The Way We Approach Aviation*, Montréal, siège social de Mechtronix, 2009, p. 15.

145. Bürki-Cohen, Sparko et Go, p. 9.

146. *Ibid.*, p. 14.

147. *Ibid.*, p. 16.

148. *Ibid.*

Dans le domaine de la formation sur type d'aéronef, l'objectif de la simulation de vol consiste à établir si des questions, préoccupations ou difficultés se posent au stade du passage à l'aéronef réel. Les six pilotes stagiaires ont tous affirmé qu'ils n'avaient eu aucun problème à ce moment-là. Cela a aussi été l'opinion des instructeurs sur l'aire de trafic qui ont déclaré que les six pilotes étaient bien équipés et formés pour prendre les commandes de l'aéronef réel et qu'il « ne semblait pas y avoir de différence entre l'instruction reçue sur FFS et sur FFT »¹⁴⁹.

À la fin de la formation, le décideur de l'Autorité de l'aviation nationale (AAN) a conclu que l'absence de mouvement dans le FFT-X n'avait engendré aucun problème sur le plan de la formation. En outre, il a souligné que la simulation de vol « doit [principalement] viser à stimuler efficacement le pilote plutôt qu'à reproduire uniquement le comportement de l'aéronef »¹⁵⁰. Cette attitude progressive commence lentement à changer l'industrie aéronautique. C'est ce genre de pensée tournée vers l'avenir qu'il faut dans la Force aérienne du Canada.

Résumé

Les organismes de réglementation, en particulier la JAA, sont tournés vers l'avenir et sont en quête de technologies de rechange pour fournir une formation du même niveau que celle obtenue avec les FFS. La recherche de simulateurs fixes efficaces a commencé chez l'industrie aéronautique, qui souhaitait réduire les coûts d'acquisition et de maintenance. Les forces armées, bien qu'elles ne forment pas une entité à but lucratif, aspirent à la même chose. En ce qui les concerne, le problème réside dans le fait qu'elles ne comptent pas parmi les chefs de file lorsqu'il s'agit d'explorer ces nouvelles technologies.

Les simulateurs ont pour rôle d'apprendre aux pilotes à fonctionner dans l'environnement complexe de l'aviation et ils doivent tendre à fournir beaucoup plus que de simples indications de mouvement. La quête du mouvement réaliste est une chimère que l'industrie et les forces armées ont poursuivie au lieu de chercher à créer l'immersion réaliste. Le coût lié aux grosses plates-formes à base mobile dans les six axes n'est pas justifié quand on songe au modèle de la simulation idéale proposé par Huff et Nagel. Bien que le mouvement représente un très petit aspect de la simulation, on semble lui accorder une attention exagérée. Il importe beaucoup plus de créer un environnement d'*immersion* qu'un environnement *mobile*.

Dans les forces armées, la majorité des pilotes des Forces canadiennes ont déjà été qualifiés par une unité d'entraînement opérationnel (UEO) et par leur escadre. Ils constituent un vaste marché qui pourrait grandement bénéficier d'un simulateur fixe immersif de haute qualité tel que le FFT-X. Les hauts dirigeants de la Force aérienne doivent songer à l'avenir et réévaluer la répartition des ressources. La Force aérienne entraîne certains des meilleurs pilotes du monde. Il nous faut maintenant examiner les moyens à prendre pour conserver en permanence ce haut niveau de compétence d'une façon rentable et logique.

6. Conclusion

Au début de notre analyse, nous avons posé la question de savoir s'il fallait une plate-forme mobile aux simulateurs de vol. À la lumière de notre discussion, nous avons précisé la question pour demander quels genres de mouvements il fallait reproduire dans les simulateurs de vol. Il est maintenant évident que la question la plus juste serait la suivante : quel genre de formation sur

149. *Ibid.*, p. 17.

150. *Ibid.*

simulateur nécessite le mouvement? Les nuances dans la formulation de la question sont subtiles, mais elles sont importantes.

Nous avons structuré notre analyse logiquement pour aborder d'un point de vue critique le débat sur la nécessité du mouvement. La Section 2 a présenté la terminologie et la nomenclature de base permettant aux intervenants d'amorcer le débat avec une compréhension commune des concepts. L'évolution de la simulation du vol depuis l'époque des frères Wright jusqu'à celle du simulateur Desdemona aux Pays-Bas montre comment le monde de la réalité virtuelle change constamment à mesure que la science et la technologie s'améliorent. La Section 3 a expliqué en détail comment les êtres humains perçoivent le mouvement et y réagissent. Une bonne compréhension des systèmes humains de perception du mouvement et de leur interaction aide à saisir comment le mouvement peut être une perception mentale plutôt qu'une réalité physique. Les informations fournies par les systèmes visuel, proprioceptif et auditif peuvent effectivement compenser un manque d'indications de mouvement de la part du système vestibulaire, surtout lorsqu'il s'agit des indications de mouvement liées aux manœuvres. Dans la Section 4, nous avons fait la distinction entre les indications de mouvement liées aux manœuvres et aux perturbations. Bien qu'il faille un mouvement physique pour obtenir des indications de perturbations, les dernières recherches sur le transfert de l'instruction révèlent que les compétences acquises dans un simulateur grâce aux indications de mouvement liées aux perturbations ne semblent pas être transférées dans un aéronef réel. Les études sur le transfert de l'instruction confirment que les simulateurs se prêtent mieux à l'acquisition de compétences intellectuelles supérieures. Enfin, après avoir montré que la formation continue des pilotes n'exige pas nécessairement le mouvement, la Section 5 a présenté un système de rechange fixe au simulateur de vol de niveau D actuellement employé par l'industrie.

Le mouvement *est* nécessaire dans certains genres de formation sur simulateur. Il existe un créneau particulier pour les simulateurs de vol à mouvements complets et même pour les dispositifs de pointe tels que le Desdemona. La mise à l'essai d'aéronefs de présérie et de flottes établies nécessite des simulateurs mobiles dans les six axes, tout comme la recherche en aviation pour poursuivre les études sur le quasi-transfert dans le domaine du transfert de l'instruction. Cependant, *ces simulateurs ne sont pas nécessaires pour la formation continue des pilotes qualifiés*. La recherche montre que la performance du pilote dans un aéronef est en fait fonction de ses compétences de vol propres et « de ce qu'il a appris du système visuel au sujet des attitudes et des perspectives »¹⁵¹. L'objectif de la simulation de vol dans le contexte de la formation continue des pilotes doit être d'immerger le pilote dans un environnement aéronautique virtuel. Si tel est l'objectif, il est évident que le mouvement ne joue plus qu'un rôle minime.

Le mouvement de la plate-forme traditionnelle a pour objet de mobiliser le système vestibulaire. Toutefois, comme nous l'avons vu dans la Section 4, ce dernier système n'est utile que pour reconnaître les indications de mouvement liées aux perturbations. Le principal système humain de détection du mouvement demeure le système visuel. Étant entendu que le système vestibulaire sert à alerter le pilote en cas de perturbations dans le fonctionnement de l'aéronef, la recherche doit se concentrer davantage sur l'ampleur des mouvements physiques qu'il faut effectivement. L'utilisation d'un siège dynamique pourrait suffire à cet égard. L'industrie commence déjà à se détourner des systèmes à mouvements complets en acceptant que, dans les simulateurs de niveau D, le déplacement soit réduit de 60 pouces (150 cm) à 35 pouces (89 cm)¹⁵². Les grosses plates-formes mobiles Stewart-

151. David Learmount, « Civil simulators special: Going through the motions – are motion systems for simulators on their way out? », *Flight International*, le 27 avril 2009, <http://www.flightglobal.com/articles/2009/04/27/325612/civil-simulators-special-going-through-the-motions-are-motion-systems-for-simulators-on-their-way-ou.html> (consulté le 9 juillet 2012).

152. *Ibid.*

Gough ont fait leur temps, mais l'industrie doit maintenant se tourner vers les nouvelles solutions technologiques pour créer dans les simulateurs l'illusion du mouvement d'un aéronef en vol.

De nombreux intervenants débattent de la question du mouvement dans les simulateurs de vol. L'industrie aéronautique est toujours à la recherche de moyens moins coûteux pour assurer la formation des équipages aériens. Les organismes de réglementation veulent s'assurer que la formation demeure pertinente, efficace et contrôlée. Les constructeurs de simulateurs tiennent à leur marge bénéficiaire. Enfin, les syndicats et les associations telles que l'ALPA ne veulent absolument pas modifier le statu quo et craignent des erreurs catastrophiques de la part des pilotes.

Après l'écrasement fatal d'un avion de transport régional à Buffalo (N.Y.) le 12 février 2009, le National Transport Safety Bureau (NTSB) a réclamé une formation plus approfondie des pilotes sur simulateur pour les munir des compétences dont ils ont besoin afin de reconnaître les situations où il y a perte de contrôle et de reprendre la maîtrise de leur aéronef. Par conséquent, l'ALPA a immédiatement diffusé une déclaration pour dire qu'il n'y avait « aucune excuse pour ne pas » recourir à des simulateurs de vol mobiles de pointe pour procurer aux pilotes la formation pratique voulue sur la façon de redresser leur appareil en cas de décrochage aérodynamique et d'autres situations extrêmes¹⁵³. Cependant, les représentants de la FAA adoptent une approche plus équilibrée et responsable. La FAA dit préférer mettre l'accent sur la formation des pilotes de manière à éviter d'abord que se produisent des situations où il y a perte de contrôle¹⁵⁴. L'objectif d'une formation efficace des pilotes ne doit pas être d'apprendre aux pilotes à reprendre la maîtrise de leur aéronef ayant adopté une attitude extrême ou en cas de situations graves, mais plutôt à éviter ces situations purement et simplement.

Les forces armées sont encore une fois fort bien placées pour donner le ton au développement des technologies dans le domaine de la simulation du vol, comme ce fut le cas pendant la Seconde Guerre mondiale. Contrairement à l'industrie civile, elles ne sont pas assujetties aux mêmes règles et règlements imposés par Transports Canada, la Federal Aviation Authority ou les Autorités conjointes de l'aviation. Bien qu'elles soient conscientes des coûts, les forces armées ne forment pas une organisation à but lucratif, et l'entraînement efficace des pilotes demeurera toujours primordial aux yeux du Chef d'état-major de la Force aérienne. Une fois qu'ils ont reçu l'entraînement qui les mène au niveau opérationnel dans les milieux du transport aérien, les pilotes militaires canadiens peuvent recevoir une meilleure instruction continue à un moindre coût en se servant de simulateurs de vol moins coûteux qui créent pour eux un environnement de vol virtuel. L'objectif consiste à parfaire leurs compétences intellectuelles comme celles que nécessitent la prise de décisions et la gestion des ressources en équipe. Si l'on optait pour des simulateurs moins coûteux, on pourrait en acheter un plus grand nombre, ce qui accroîtrait l'accès des pilotes à l'instruction. Toutefois, cette meilleure instruction à un coût moindre ne va pas sans un niveau de risque plus élevé.

L'objet du présent document n'a pas été de parler des effets du mouvement dans les simulateurs de vol, dans le contexte de la formation initiale des pilotes. Par ailleurs, il y aura toujours des scénarios militaires et des profils de vol qu'aucun simulateur de vol existant ne pourra reproduire. Même le programme de qualification sur type qui a été couronné de succès au centre de formation d'ATR et qui fait appel à des simulateurs fixes, comme nous l'avons décrit dans la Section 5, n'a pas abordé l'enseignement des notions de pilotage de base. Les pilotes ayant pris part à l'expérience étaient déjà des aviateurs expérimentés possédant tous les permis voulus. Toutefois, le centre d'instruction d'ATR et les JAA ont bien démontré qu'un simulateur à mouvements complets n'est pas toujours nécessaire.

153. Alan Levin, « Simulators Target Crash Scenarios », *USA Today*, 9 mars 2010.

154. *Ibid.*

L'instruction la plus intense qu'un pilote militaire reçoit après son entraînement initial au pilotage est celle qui se rapporte expressément à un type d'aéronef et qui a lieu dans les unités d'entraînement opérationnel. Pour ce genre d'instruction, les pilotes doivent prendre les commandes d'un véritable aéronef, et il n'est jamais possible de recourir à l'entraînement sans aucune heure de vol réel (ZFTT). Cependant, l'instruction continue ou périodique, qui a lieu tous les ans, met d'habitude l'accent sur les procédures d'urgence, la gestion des ressources en équipe et la gestion des missions. Dans les milieux du transport aérien, l'instruction de ce genre s'apparente beaucoup à l'entraînement type vol de ligne (LOFT) que donnent les compagnies aériennes. Selon la FAA, l'entraînement type vol de ligne est conçu pour donner aux « membres d'équipage l'occasion de s'exercer à exécuter des opérations de ligne (p. ex., manœuvres, activités de spécialiste, fonctionnement des systèmes et procédures de l'opérateur) avec un équipage complet dans un environnement réaliste¹⁵⁵ ». Comme tous les pilotes d'aéronefs de transport militaires sont assujettis à cette exigence annuelle, le coût de l'instruction connexe est très élevé. Par exemple, le seul simulateur de CC130 Hercules au Canada est situé à la 8^e Escadre Trenton (Ontario). Par conséquent, afin de recevoir leur instruction continue sur simulateur, les équipages de la Nouvelle-Écosse et du Manitoba doivent se rendre à Trenton. De même, les équipages des CC177 Globemaster et des CC150 Polaris doivent quitter le pays pour aller utiliser des simulateurs que le Canada ne possède pas à l'heure actuelle¹⁵⁶.

Les unités d'entraînement opérationnel auront toujours besoin d'avoir des simulateurs mobiles à six degrés de liberté. Les pilotes militaires qui reçoivent leur instruction initiale dans ces unités sont très inexpérimentés et, dans bien des cas, ils ont à peine plus de 200 heures de vol à leur crédit en tout. Il n'est peut-être pas nécessaire que les systèmes utilisés pour simuler le mouvement soient de grosses et coûteuses plates-formes Stewart-Gough. La technologie progresse rapidement, et un jour, on pourra remplacer le mouvement physique par l'égo-mouvement¹⁵⁷. Cependant, nous n'en sommes pas encore là, nécessairement. C'est dans le domaine de l'instruction continue que des progrès sont possibles immédiatement.

Les simulateurs de vol fixe tels que le FFT-X, qui font appel à des indications sensorielles s'adressant à tous les systèmes de perception de l'être humain, devraient avoir une place dans le secteur de l'instruction continue. Ils coûtent sensiblement moins que les autres. Les Forces canadiennes pourraient en acheter plusieurs et les installer dans toutes les bases où ils seraient nécessaires pour que les pilotes y aient accès plus facilement. De la sorte, ceux-ci pourraient se rendre plus vite là où seraient les simulateurs, les frais de déplacement et de logement des équipages seraient moins élevés, et l'effet sur les opérations serait moindre. Règle générale, une session d'instruction continue d'une journée sur simulateur, à un endroit éloigné de la base du pilote, nécessite de sa part deux jours de déplacement. La cadence opérationnelle des unités de transport aérien ne donne aucun signe de fléchissement, et il faudra donc trouver, plutôt tôt que tard, d'autres moyens d'assurer l'instruction. Pour modifier le statu quo quant à la façon dont nous utilisons les diverses plates-formes de simulation pour donner l'instruction, il faudra que les chefs de demain aient le courage de se tourner vers l'avenir au lieu de regarder en arrière.

Les associations civiles telles que l'ALPA ne veulent aucunement modifier le statu quo en ce qui concerne l'instruction des pilotes. Elles estiment que les gros simulateurs mobiles et coûteux à six

155. Federal Aviation Authority, *Line Operation Simulations, Advisory Circular 120-35C*, Washington (D.C.), Département des Transports des États-Unis, 2004, p. v.

156. Conversation téléphonique entre le major Jason Stark et le lieutenant-colonel Dave Murphy, officier des opérations de la 8^e Escadre Trenton, le 13 avril 2010.

157. L'égo-mouvement (ou ego-motion, en anglais) est un mouvement perçu que l'on n'a pas encore ressenti physiquement. Chez l'être humain, le moi est l'élément de la personnalité chargé des fonctions de défense, de perception, de connaissance et d'exécution. Pour en savoir plus sur le moi, voir Ruth Snowden, *Teach Yourself Freud*, New York, McGraw Hill, 2006.

degrés de liberté constitueront toujours le meilleur outil pour former les pilotes. La Force aérienne doit adopter une vision plus large de l'avenir. La façon dont l'illusion du mouvement d'un aéronef est créée importe peu pour le pilote. Les mécanismes de réaction au mouvement, le fonctionnement des systèmes visuel et vestibulaire et l'illusion de mouvement relatif (vection), voilà autant d'éléments dont le pilote ne se soucie guère. Le véritable critère qui détermine l'efficacité d'un simulateur de vol réside dans la question de savoir si le pilote se sent immergé dans la simulation. Le pilote croit-il à l'environnement virtuel global?

Les études qui se poursuivent au Centre Volpe, aux États-Unis, et le programme POEMS mené dans l'Union européenne contribueront à dissiper les notions préconçues sur l'importance du mouvement physique. Tant que ces notions n'auront pas été discréditées avec succès, les organisations telles que les forces armées s'en remettront à des positions mises de l'avant par des organismes civils tels que l'ALPA. Par conséquent, cela oblige les milieux scientifiques à continuer à chercher d'autres moyens de simulation. Ils doivent fournir aux décideurs le soutien dont ceux-ci ont besoin pour « prendre les bonnes décisions fondées sur les faits en ce qui concerne la simulation des vols militaires »¹⁵⁸.

L'auteur du présent document ne doute aucunement que, d'ici quelques années, quand nous songerons aux simulateurs de vol de niveau D d'aujourd'hui, à six degrés de liberté et pleinement articulés, ainsi qu'à l'infrastructure connexe, nous nous étonnerons de notre sottise. Tout comme nous nous rappelons les ordinateurs massifs des années 1960, nous dirons des simulateurs de niveau D que c'était des plates-formes inefficaces et trop coûteuses. Les scientifiques savent pertinemment que les effets du mouvement peuvent être simulés et que les systèmes de perception de l'être humain, qui se recourent, peuvent les compenser. Ils ont maintenant besoin de la technologie voulue pour trouver la façon optimale d'établir une corrélation entre ces divers éléments d'information dans un simulateur rentable. C'est dans le domaine de l'instruction continue des pilotes, après l'obtention de leur brevet, que les progrès les plus considérables sont possibles.

Revenons aux questions posées au début de cette conclusion. Faut-il une plate-forme mobile aux simulateurs de vol? Réponse : pas toujours. Quels genres de mouvements faut-il reproduire dans les simulateurs de vol? Réponse : les mouvements liés aux perturbations. Enfin, quel genre de formation sur simulateur nécessite le mouvement? Réponse : certainement *pas* la formation continue des pilotes.

Abréviations

AACMO	Army Air Corps Mail Operations (États-Unis)
ALPA	Air Line Pilots Association (États-Unis)
ATR	avions de transport régional

158. Bernd de Graaf et collaborateurs, « MSC: Vehicle Validation of Military Flight Simulation », <http://ftp.rta.nato.int/Public/PubFullText/RTO/MP/RTO-MP-HFM-136/MP-HFM-136-16.pdf> (consulté le 9 juillet 2012).

Centre Volpe	Le John A. Volpe National Transportation Systems Center, à Cambridge (Massachusetts), est un centre d'expertise de réputation internationale dans les domaines des transports et de la logistique; il a la sanction du Département des Transports des États-Unis.
cm	centimètre
FAA	Federal Aviation Administration (États-Unis)
FFS	simulateur de vol complet
FFS de niveau A	Quatre degrés de liberté de mouvement, système visuel de base. Voir la TP 9685 de Transports Canada http://www.tc.gc.ca/fra/aviationcivile/publications/tp9685-chapitre2-menu-1050.htm (consulté le 9 juillet 2012).
FFS de niveau B	Quatre degrés de liberté de mouvement, système visuel capable de reproduire la perception de la profondeur et les taux de descente. Voir la TP 9685 de Transports Canada.
FFS de niveau C	Six degrés de liberté de mouvement, système visuel capable de reproduire les scènes mieux que celui du niveau B ainsi que des scènes nocturnes et crépusculaires. Voir la TP 9685 de Transports Canada.
FFS de niveau D	Six degrés de liberté de mouvement, système visuel capable de reproduire les scènes mieux que celui du niveau C ainsi que des détails suffisants pour permettre au pilote de reconnaître le relief, les aéroports et les principaux repères au sol. Le simulateur doit pouvoir reproduire tous les éclairages diurnes et tous les détails des diverses scènes. Voir la TP 9685 de Transports Canada.
FFT-X	simulateur fixe de vol complet
FSTD	appareil de simulation pour l'entraînement au pilotage
G	un « G » est l'équivalent de la force de gravité s'exerçant sur un objet statique et immobile.
JAA	Autorités conjointes de l'aviation
NASA	National Aeronautical and Space Agency (États-Unis)
POEMS	Simulation de l'égo-mouvement axée sur la perception. Programme de recherche commandité par l'Union européenne et portant sur les simulateurs fixes faisant appel à la réalité virtuelle.
TC	Transports Canada
TdI	transfert d'instruction

Chapitre 5 – La capacité cinétique de la Force aérienne du Canada au XXI^e siècle : Que faut-il?

Major Paul J. Doyle

Résumé

La Stratégie de défense *Le Canada d'abord (SDCD)* a décrit les rôles que les Forces canadiennes pourraient être appelées à remplir dans l'avenir. En des termes généraux, elles doivent pouvoir défendre le Canada et ses intérêts à l'étranger dans le contexte des politiques adoptées par le gouvernement de notre pays. La *SDCD* traduit l'intention qu'a le gouvernement du Canada de remplacer les CF188, les seuls aéronefs qui, dans l'arsenal de la Force aérienne du Canada, peuvent exécuter des attaques au sol, avec des avions de chasse modernes. Cela montre que le gouvernement comprend le rôle que la Force aérienne du Canada peut jouer à l'appui d'opérations de déploiement nécessitant une puissance aérienne cinétique.

Le présent document a pour objet d'examiner l'élaboration de la théorie moderne des opérations de supériorité terrestre et son application aux fins de la Force aérienne du Canada du XXI^e siècle. Pour cela, nous étudierons l'intégration de la puissance aérienne cinétique dans les missions d'appui des opérations terrestres, du point de vue de la formulation de la doctrine moderne, et nous montrerons comment cette doctrine évolue en fonction de tendances concrètes pour prendre en compte l'utilisation actuelle de la puissance aérienne dans les opérations de déploiement. La Force aérienne du Canada a une occasion unique de mettre à profit l'évolution de l'appui aérien cinétique fourni aux opérations terrestres, grâce à l'acquisition de nouveaux aéronefs pour produire des effets cinétiques. Il faut examiner la capacité cinétique de la Force aérienne dans le but de déployer une force équilibrée d'aéronefs à voilure fixe, à voilure tournante et de véhicules sans pilote capable de produire une puissance de feu précise dans le cadre de missions de supériorité terrestres planifiées ou réactionnelles. C'est avec une telle structure que la Force aérienne du Canada pourra exécuter les tirs interarmées qui auront les plus grands effets.

Table des matières

Résumé 165

1. Introduction 167

2. Élaboration de la doctrine air-sol 169

 Une bataille au visage nouveau 171

 Influence sur la Force aérienne du Canada 174

3. L'histoire des combats modernes de la Force aérienne du Canada 175

4. Tendances de la puissance aérienne 181

 Les forces aériennes dans les conflits récents 182

 Acquérir l'arme idéale 184

 Une persistance meurtrière 185

 L'élément manquant – Les hélicoptères armés 187

5. Améliorer le combat interarmées 189

 La doctrine de la supériorité terrestre de la USAF 190

 Optimiser l'appui aérien rapproché (AAR) 191

 Zones de référence géographique et méthode du clavier – Les attaques air-sol de l'avenir .. 195

 Vers l'élaboration d'une nouvelle doctrine pour le Canada 197

6. Quelle direction le Canada doit-il prendre maintenant? 200

7. Conclusion 204

Abréviations 206

1. Introduction

En publiant la Stratégie de défense *Le Canada d'abord*, le gouvernement du Canada a indiqué qu'il voulait voir les Forces canadiennes jouer un rôle essentiel dans la défense des intérêts de notre pays tant chez nous qu'à l'étranger. La stratégie décrit six genres de missions que les Forces canadiennes pourront remplir tant en Amérique du Nord qu'outre-mer. Ce sont les suivantes :

- a. Mener des opérations quotidiennes nationales et continentales, y compris dans l'Arctique et par l'entremise du Commandement de la défense aérospatiale de l'Amérique du Nord (NORAD).
- b. Offrir leur soutien dans le cadre d'un événement international important au Canada.
- c. Répondre à une attaque terroriste importante.
- d. Appuyer les autorités civiles en cas de crise au Canada, par exemple en cas de catastrophe naturelle.
- e. Diriger et/ou mener une opération internationale importante durant une période prolongée.
- f. Déployer des forces en cas de crise à l'étranger pour une période de plus courte durée¹.

La mesure dans laquelle les Forces canadiennes réussiront à remplir ces missions dépend de la capacité de l'Armée, de la Marine et de la Force aérienne d'exploiter leurs ressources de façon complémentaire pour accroître au maximum l'efficacité de la contribution globale des Forces canadiennes à la réalisation des objectifs stratégiques du Canada.

La Force aérienne du Canada a un rôle clé à jouer lorsqu'il s'agit de fournir des capacités que seule permet d'offrir la projection souple de la puissance aérienne, projection qui définit cette dernière. La doctrine aérospatiale du Canada définit la Force aérienne comme suit : « [...] institution essentielle de sécurité nationale, un instrument de politique nationale et un élément de la puissance nationale »². La gamme des effets que la Force aérienne peut produire va de la puissance de feu sur un champ de bataille à la surveillance des eaux côtières de notre pays et au transport des ressources (personnes et matériel) nécessaires à l'exécution d'opérations nationales et internationales. Pour produire des effets non cinétiques, la Force aérienne a besoin d'être équipée et entraînée de manière que les unités soutenues puissent arriver à temps avec la gamme d'effectifs voulue pour mener à bien leurs missions. En ce qui concerne les effets cinétiques, la Force aérienne du Canada, munie de la bonne doctrine et des équipements appropriés, peut assumer un rôle actif et mener à bien sa mission³.

La volonté du gouvernement canadien d'utiliser les Forces canadiennes pour défendre les intérêts du pays à l'étranger au XXI^e siècle s'est manifestée quand la Marine canadienne s'est déployée au cours de l'opération *Apollo* dans le nord de la mer d'Oman en octobre 2001. L'Organisation du Traité de l'Atlantique Nord (OTAN) a invoqué l'article 5 du Traité de Washington, par suite des attentats terroristes contre les États-Unis en septembre 2001, et cela a défini le cadre de ce déploiement, dans le contexte de l'Alliance⁴. La contribution du Canada à ce qui a ensuite été appelé

1. Ministère de la Défense nationale, Stratégie de défense *Le Canada d'abord*, Ottawa (Ontario), ministère de la Défense nationale, s.d., <http://www.forces.gc.ca/site/pri/first-premier/missions-fra.asp> (consulté le 28 juin 2012).

2. Ministère de la Défense nationale, B-GA-400-000/FP-000, *Doctrine aérospatiale des Forces canadiennes*, Ottawa (Ontario), ministère de la Défense nationale, 2007, p. ii.

3. Les effets cinétiques sont ceux que produisent des armes explosives. Par exemple, l'effet cinétique d'une bombe qui explose pourrait être la destruction d'un immeuble. Les effets non cinétiques sont ceux que l'on peut engendrer sans recourir à une arme. Par exemple, un effet non cinétique, quand on veut évacuer un immeuble, peut être obtenu avec des haut-parleurs annonçant une attaque.

4. Assemblée parlementaire de l'OTAN, « Communiqué de presse, Les parlementaires des pays membres de l'OTAN déclarent leur solidarité envers les États-Unis et leur soutien quant à la déclaration concernant l'article 5 du Traité de Washington », Assemblée parlementaire de l'OTAN, <http://www.nato-pa.int/archivedpub/press/p010914c.asp> (consulté le 28 juin 2012).

la « guerre mondiale contre le terrorisme » a suivi avec le déploiement, à Kandahar (Afghanistan), d'un groupement tactique axé sur le 3^e Bataillon du Princess Patricia's Canada Light Infantry⁵. Le déploiement de forces dans la guerre mondiale contre le terrorisme s'est poursuivi pendant toute la première décennie du XXI^e siècle, avec la vigoureuse participation des Forces canadiennes qui ont envoyé des unités de l'Armée, de la Marine et de la Force aérienne exécuter des opérations dans toute l'Asie du Sud-Ouest. Pendant ces opérations, une composante était absente : la production d'effets cinétiques par la Force aérienne pour appuyer les opérations de nos soldats luttant contre l'insurrection en Afghanistan. Il a fallu attendre jusqu'en 2008, quand des CH146 Griffon ont été envoyés à Kandahar, pour qu'existe en Afghanistan une puissance aérienne cinétique canadienne; ces appareils n'étaient munis que de mitrailleuses installées dans leurs portes, ce qui a limité les effets qu'ils étaient à même de produire⁶.

La question qui se pose est celle de savoir quels autres effets cinétiques la Force aérienne du Canada est en mesure d'offrir au XXI^e siècle pour contribuer à la réalisation des objectifs stratégiques énoncés dans la Stratégie de défense *Le Canada d'abord*. La Force aérienne est munie du CF188 Hornet dont la modernisation des systèmes avioniques et des équipements est terminée, ce qui en fait un chasseur polyvalent de la quatrième génération capable de projeter rapidement une puissance aérienne offensive et défensive à de très grandes distances. Le CP140 Aurora et le CH148 Cyclone sont des plates-formes armées qui permettront à la Force aérienne canadienne d'aider la Marine canadienne à exécuter des missions maritimes partout dans le monde. Le CU170 Heron montre que la Force aérienne veut accroître l'utilité de ses véhicules aériens sans pilote (UAV) en les rendant capables d'emporter et d'utiliser des armes. La Force aérienne a ajouté à la puissance de feu des CH146 déployés en Afghanistan pour mettre en lumière la nécessité de procurer des hélicoptères d'escorte armés aux CH147 Chinook de service dans le théâtre d'opérations afghan⁷.

La Force aérienne du Canada doit définir la structure qu'il lui faut adopter au XXI^e siècle afin de produire les meilleurs effets cinétiques possibles dans les espaces de combat d'aujourd'hui et de demain. Plus particulièrement, elle doit être prête à fournir de tels effets afin de soutenir les opérations terrestres de manière à maximiser sa contribution à la défense des intérêts canadiens à l'étranger. Le présent mémoire fera valoir l'utilité de la puissance de feu aérienne dans le cadre des opérations terrestres au XXI^e siècle. Pour cela, nous étudierons tout d'abord la nature en mutation des conflits de notre époque et ce que cela signifie pour la Force aérienne. Ensuite, nous nous pencherons sur l'évolution des capacités cinétiques de la Force aérienne dans un contexte moderne, à la lumière de l'histoire des opérations des deux dernières décennies du XX^e siècle et du début du siècle actuel. L'avant-dernier thème porte sur les tendances actuelles observées dans les forces armées occidentales en ce qui concerne la mise au point et l'utilisation des aéronefs, pilotés ou non, alors que les forces aériennes envisagent l'avenir. La sixième section du mémoire suit le cadre adopté dans les sections précédentes afin de définir pour la Force aérienne une perspective sur le XXI^e siècle et sur la façon dont elle pourra le mieux contribuer à la production des effets cinétiques nécessaires pour défendre les intérêts du Canada chez lui et à l'étranger.

5. « La participation des Forces canadiennes à la campagne internationale contre le terrorisme », <http://www.forces.gc.ca/site/mobil/news-nouvelles-fra.asp?id=490>, (consulté le 27 mars 2010).

6. Lieutenant-colonel Tom Kupecz, « L'escorte des hélicoptères *Chinook* du Canada », *Revue militaire canadienne*, vol. 8, n° 3 (automne 2007), p. 94, <http://www.journal.forces.gc.ca/vo8/no3/kupecz-fra.asp> (consulté le 28 juin 2012).

7. *Ibid.*, p. 93.

2. Élaboration de la doctrine air-sol

La fin de la guerre froide a plongé les planificateurs des forces armées occidentales dans une période d'incertitude. La formidable réussite des forces coalisées pendant l'opération *Desert Storm* a été perçue comme une justification de la doctrine de combat aéroterrestre des États-Unis (É.-U.) et comme un moyen de lutter contre le Pacte de Varsovie en Europe centrale. Cette doctrine, qui représentait une version évoluée de la doctrine précédente de la United States Army appelée « défense active », synchronisait les effets combinés de la puissance de feu terrestre et aérienne afin de vaincre un adversaire qui non seulement était en contact avec les forces amies, mais aussi avec les forces de deuxième échelon qui n'étaient pas encore entrées dans la bataille. L'issue du combat aéroterrestre dépendait de la capacité des forces de l'OTAN de prendre à partie et de vaincre un ennemi supérieur en nombre grâce à la vitesse et à l'agilité de forces interarmées dynamisées par la technologie et désormais capables de frapper des points vitaux le long du front et derrière lui⁸.

Dans le contexte de la Force aérienne du Canada, l'évolution de la doctrine de combat de la United States Air Force (USAF) et de la United States Army est importante en raison de l'influence que ces forces ont sur la doctrine de combat de l'OTAN. Vu sa taille, l'appareil militaire américain exerce une énorme influence sur la doctrine de l'OTAN, non pas à des fins malveillantes, mais en raison de son importance pour l'Alliance et de la puissance de feu qu'il met à sa disposition. La Force aérienne a évolué et continuera de ce faire en fonction de sa doctrine. En ce qui a trait à la production d'effets cinétiques terrestres en particulier, le concept du combat aéroterrestre et la doctrine air-sol de la USAF continuent d'exercer une influence déterminante sur la Force aérienne du Canada pour ce qui est de l'exécution de missions de supériorité terrestre⁹.

À la fin de la guerre du Vietnam, la United States Army était devenue une force meurtrie, une institution qui avait besoin de s'auto-examiner pour tirer des leçons sur la façon dont elle combattrait dans l'avenir. Elle a aussi étudié la guerre du Yom Kippour pour se renseigner sur la façon de combattre contre un ennemi supérieur en nombre¹⁰. Le paradigme que les forces américaines avaient appliqué – des forces conventionnelles nombreuses composées de conscrits – était inspiré du modèle du deuxième conflit mondial axé sur la conception « industrielle » de la guerre. La disparition de la conscription, après la guerre du Vietnam, a mis fin à l'idée que les forces de deuxième échelon, entraînées après le début des hostilités, pouvaient contribuer à la capacité des forces américaines de gagner les guerres¹¹. L'impératif d'avoir des forces permanentes capables de porter le fardeau des combats est devenu évident quand la United States Army a tourné la page sur le Vietnam et envisagé le rôle qu'elle aurait dans n'importe quel affrontement entre l'OTAN et le Pacte de Varsovie en Europe centrale.

Après la guerre du Vietnam, la politique étrangère et la politique de défense des É.-U. « [...] donnaient à penser que la philosophie nationale du pays en matière de défense devait remettre l'accent sur le caractère primordial de la défense de l'Europe occidentale par rapport à l'intervention des É.-U. dans d'autres parties du monde »¹². Le Training and Doctrine Command (TRADOC) de la United States Army devait donc formuler une doctrine de combat qui permettrait à cette dernière de repousser une attaque soviétique en Allemagne de l'Ouest. Le TRADOC a analysé la guerre

8. John Andreas Olsen, *John Warden and the Renaissance of American Air Power*, Washington (DC), Potomac Books, 2007, p. 103.

9. Les missions de supériorité terrestre sont définies comme étant des opérations aériennes et spatiales menées contre une force terrestre ennemie afin de créer des effets qui permettent d'atteindre les objectifs du commandant de la force interarmées. United States Air Force, Air Force Doctrine Document (AFDD) 2-1.3, *Counterland Operations*, Washington (DC), United States Air Force, 2006, p. viii.

10. Saul Bronfeld, « Fighting Outnumbered: The Impact of the Yom Kippur War on the U.S. Army », partie, *The Journal of Military History*, vol. 71, n° 2, avril 2007, p. 469.

11. *Ibid.*, p. 473.

12. *Ibid.*, p. 469.

du Yom Kippour afin de situer la nouvelle tactique de la défense active, puis le concept du combat aéroterrestre, dans le contexte d'une armée conventionnelle de l'OTAN qui, surpassée en nombre mais dotée d'une technologie supérieure, dominerait le champ de bataille¹³.

Pendant que la United States Army élaborait sa doctrine du combat aéroterrestre, la USAF s'affairait à formuler sa propre doctrine, en composant avec toutes les difficultés que cela comporte. Quand la USAF est devenue une armée distincte en 1947, le bombardier stratégique nucléaire occupait la place dominante. Pendant toutes les années 1950 et 1960, c'est le Strategic Air Command (SAC) qui a exercé la plus forte influence sur la création de la tactique et des équipements de la USAF¹⁴. Il a fallu attendre la guerre du Vietnam pour que le volet tactique de la USAF acquière plus de notoriété et commence à partager la scène avec le SAC. La force aérienne tactique, qui se manifestait sous la forme de chasseurs de diverses tailles et de divers degrés de perfectionnement, a été l'instrument de combat par excellence dans les airs, les avions de chasse de la USAF, de la United States Navy et du United States Marine Corps (USMC) allant porter la guerre chez l'ennemi ou exécutant des missions à l'appui des troupes amies qui étaient en contact avec l'ennemi¹⁵.

Par suite de l'expérience acquise au Vietnam, le Tactical Air Command (TAC) s'est mis à élaborer sa doctrine de concert avec le TRADOC qui contribuait à l'intégration de la puissance aérienne cinétique dans le combat, dans l'esprit de la doctrine du combat aéroterrestre¹⁶. L'élaboration de tactiques grâce auxquelles les chasseurs pouvaient travailler près de la ligne avant des forces amies (LAFAs) ou en profondeur derrière les échelons avant des troupes ennemies a permis au TAC de militer en faveur de la mise au point et de l'achat de nouveaux avions de chasse tels que le F-16 Fighting Falcon, pour la USAF, et le F-18 Hornet, pour la United States Navy et le USMC. Avec l'accroissement de l'influence du TAC sur tout combat à venir, surtout contre le Pacte de Varsovie en Europe centrale, la puissance et l'influence ce que l'on a fini par appeler la « Mafia des chasseurs » ont crû dans la USAF¹⁷.

Les membres de la Mafia des chasseurs ne souscrivaient pas tous à l'orientation choisie par le TAC, à savoir harmoniser de près la doctrine de combat des avions de chasse avec l'appui à fournir à l'Armée conformément au concept du combat aéroterrestre. Des membres de la USAF ont commencé à faire valoir que la puissance aérienne pouvait contribuer davantage aux combats en participant à un conflit conventionnel de haute intensité en fournissant un appui direct aux forces terrestres. Le principal défenseur du recours à la puissance aérienne en tant que facteur décisif dans un combat conventionnel était John Warden, colonel et pilote de chasse dans la USAF. Dans son livre intitulé *The Air Campaign* et rédigé en 1989, il a présenté le plan à suivre pour « [...] concevoir une campagne aérienne cohérente et unifiée. Ce faisant, il espérait provoquer la réouverture du débat sur les véritables possibilités inhérentes à l'aviation militaire conventionnelle »¹⁸. Il craignait que la doctrine des combats aéroterrestres relègue la USAF à un rôle d'appui tactique auprès de la United States Army, sans permettre aux planificateurs de la USAF de désigner et d'attaquer des objectifs opérationnels dont la neutralisation favoriserait davantage la réalisation des objectifs d'une campagne aérienne opérationnelle¹⁹.

13. *Ibid.*, p. 473-474.

14. Olsen, *John Warden*, p. 102-103.

15. Wayne Thompson, « Operations Over North Vietnam », dans *A History of Air Warfare*, sous la dir. de John Andreas Olsen, Washington (DC), Potomac Books, 2010, p. 119.

16. Olsen, *John Warden*, p. 104-105.

17. Colonel John Jogerst, « Air Power Trends 2010: The Future is Closer than You Think », *Air & Space Power Journal*, vol. 23, n° 2, été 2009, p. 101-102.

18. Olsen, *John Warden*, p. 64.

19. *Ibid.*, p. 65.

À première vue, l'argument de Warden qui réclame la séparation de la campagne aérienne des opérations terrestres semble rejeter le rôle de l'appui aérien des opérations terrestres. Tel n'est pas le cas, et Warden attire l'attention sur la souplesse que l'appui aérien rapproché (AAR) peut procurer à un commandant de forces au sol. Selon Warden, il faut recourir à l'AAR comme à une réserve opérationnelle pour émuquer une attaque ennemie ou pour percer les lignes ennemies²⁰. Warden réclamait l'utilisation judicieuse et opérationnelle de l'aviation dans une campagne, et son point de vue a été justifié en 1990 quand Saddam Hussein a envahi le Koweït. La campagne aérienne que Warden a aidé à concevoir pour l'opération *Desert Storm* en janvier 1991 a parfaitement illustré l'efficacité de la puissance aérienne occidentale dans une campagne conçue pour acquérir la supériorité aérienne sur un adversaire, puis pour attaquer méthodiquement des centres de gravité désignés afin de réduire la capacité de ce dernier de livrer bataille²¹.

Le succès retentissant de la coalition alliée aux dépens des forces conventionnelles considérables de l'Iraq en 1991 a confirmé la maturité des doctrines de combat des armées et des forces aériennes occidentales. Le fameux « crochet de la gauche » exécuté par les forces terrestres à travers la partie orientale de l'Iraq, au lieu d'une attaque frontale depuis le Koweït, a été vanté comme étant l'exemple par excellence de l'ingéniosité des forces militaires occidentales modernes au combat. L'efficacité avec laquelle les aéronefs alliés ont attaqué des chefs clés, des ouvrages d'infrastructure essentiels et des objectifs militaires désignés stratégiques a montré la létalité des avions de chasse munis d'armes modernes air-air et air-sol²².

Une bataille au visage nouveau

Cette puissance de combat conventionnelle a continué d'évoluer après 1991. La campagne aérienne de l'opération *Allied Force* organisée par l'OTAN contre la Serbie en 1999 a renforcé le caractère meurtrier attribué à la puissance aérienne. L'invasion de l'Afghanistan en 2001 et de l'Iraq en 2003 n'a pas fait grand-chose pour infirmer la conclusion que la puissance de combat conventionnelle des É.-U. et, partant, celle des forces militaires occidentales dans leur ensemble, ne pouvait être égalée par aucun des autres États concurrents. Le sort subi par les talibans, puis par le régime irakien, a montré aux adversaires éventuels que le recours aux combats classiques ne serait pas un moyen efficace de résister à ces forces militaires ou de les vaincre²³.

Cette conclusion, à laquelle sont parvenus des États aussi bien que des acteurs non étatiques, fait entrevoir à quoi ressembleront les combats à venir, au XXI^e siècle. La probabilité que de graves conflits conventionnels éclatent entre des États sera minime à mesure que le temps passera²⁴. Nous assisterons plus vraisemblablement à des conflits de faible intensité dans lesquels les adversaires recourront à divers moyens de combat pour atteindre leur objectif. L'expression « guerre hybride » décrit très bien la façon dont les guerres seront livrées au XXI^e siècle. Les adeptes de cette théorie :

croyaient que les menaces irrégulières représentaient une extrémité d'un seul continuum, les défis plus dramatiques, coûteux et catastrophiques se situant à l'autre extrémité. L'association de menaces irrégulières et de défis catastrophiques ... a révélé que les menaces actives

20. *Ibid.*, p. 72-73.

21. John Andreas Olsen, « Operation Desert Storm, 1991 », dans *A History of Air Warfare*, sous la dir. de John Andreas Olsen, Washington (DC), Potomac Books, 2010, p. 182.

22. *Ibid.*, p. 196-198.

23. Nathan Freier, *Strategic Competition and Resistance in the 21st Century: Irregular, Catastrophic, Traditional and Hybrid Challenges in Context*, Carlisle, Strategic Studies Institute, 2007, p. 15, <http://www.strategicstudiesinstitute.army.mil/Pubs/display.cfm?pubid=782> (consulté le 28 juin 2012).

24. Lieutenant-colonel Bruce Floersheim, « Forging the Future of American Security with a Total Force Strategy », *Orbis* 53, n° 3, été 2009, p. 474.

fusionneraient souvent pour donner lieu à des menaces hybrides complexes. [...] Dans tout cela, cependant, il était clair que tous les acteurs conscients de la réalité, que ce soit des États ou des entités non étatiques, ont délaissé les affrontements militaires classiques comme étant la principale façon de faire face aux États-Unis²⁵.

Un excellent exemple de cette réalité réside dans le conflit qui a sévi en 2006 dans le sud du Liban entre la Force de défense israélienne (FDI) et Hezbollah, un acteur non étatique dont les attaques indirectes contre Israël ont incité ce pays à attaquer ses forces. Israël n'a pas réussi à détruire Hezbollah en raison des diverses tactiques auxquelles ce groupe a eu recours. Hezbollah a effectivement livré des combats conventionnels en opposant ses forces à celles d'Israël, mais il a aussi employé des tactiques de guérilla contre la FDI. Les tactiques conventionnelles directes et les tactiques de guérilla indirectes utilisées par Hezbollah ont représenté pour la FDI la menace hybride qui caractérisera les combats au XXI^e siècle²⁶.

La méthode de combat choisie par Hezbollah dans sa lutte contre la FDI n'est pas propre aux acteurs non étatiques. Dans l'ouvrage intitulé *Unrestricted Warfare*, les deux auteurs (Qiao Liang et Wang Xiangsui, tous deux colonels dans l'Armée de libération populaire de Chine) reconnaissent qu'il n'est pas possible de vaincre un adversaire conventionnel dominant au moyen d'attaques directes. Le livre révèle comment des pays comme la Chine, confrontés à des forces militaires américaines si avancées sur le plan technologique, peuvent surmonter cet avantage et l'emporter sur l'ennemi²⁷. Qiao et Wang expriment des idées sur la façon dont la guerre sera livrée au XXI^e siècle, en évoquant la guerre totale. Selon leur théorie, la guerre totale (combinant des attaques contre des objectifs militaires à des attaques contre des cibles économiques, sociales et politiques) est un excellent moyen par lequel une force militaire de moindre envergure pourrait profiter des vulnérabilités d'une force plus considérable pour l'affronter davantage sur un pied d'égalité. Ce plan théorique décrit par Qiao et Wang sert de guide quant aux moyens à prendre pour « [...] offrir une résistance digne de mention à une puissance militaire dominante »²⁸.

Pour relever les défis inhérents à la guerre hybride, les armées occidentales devront modifier la structure de leurs forces terrestres de manière à y inclure des forces conventionnelles souples très mobiles et capables de s'adapter à différents contextes de combat. Elles devront pouvoir se rapprocher des menaces hybrides et les prendre à partie, menaces « [...] dont la couverture et la dissimulation les rendront impossibles à détruire depuis des distances de sécurité »²⁹. Ces mêmes forces devront pouvoir contribuer à la sécurité dans une campagne anti-insurrectionnelle (COIN) ne nécessitant pas une structure aussi robuste des forces. Dans une contre-insurrection, les forces armées remportent la victoire en protégeant les efforts de développement déployés pour dénuer les insurgés de leur pertinence et les priver de tout appui³⁰. Bien que non définitives, les solutions aux problèmes inhérents à la structure des forces des armées occidentales sont plus faciles à définir dans le cas des forces terrestres que dans celui des forces aériennes. La plupart des analystes conviennent que les forces combattantes de demain seront mobiles et plus petites et qu'elles fonctionneront plus indépendamment les unes des autres que dans les contextes antérieurs. Ces forces, qui, dans bien des situations, ne seront pas en contact avec les unités de flanc, auront besoin de l'appui d'éléments aériens

25. Freier, *Strategic Competition and Resistance*, p. 6.

26. Ralph Peters, « Lessons from Lebanon: The New Model Terrorist Army », *Armed Forces Journal International*, vol. 144, n° 3, octobre 2006, p. 39.

27. Qiao Liang et Wang Xiangsui, *La Guerre hors limites*, Paris, Payot et Rivages, 2005.

28. Freier, *Strategic Competition and Resistance*, p. 37.

29. Stephen Biddle et Jeffrey A. Friedman, *The 2006 Lebanon Campaign and the Future of Warfare: Implications for Army and Defense Policy*, Carlisle, Strategic Studies Institute, 2008, p. 80-81, <http://www.strategicstudiesinstitute.army.mil/Pubs/display.cfm?pubid=882> (consulté le 28 juin 2012).

30. Kenneth C. Coons et Glenn M. Harned, « Irregular Warfare is Warfare », *Joint Force Quarterly*, vol. 52, 1^{er} trimestre de 2009, p. 99.

pour accomplir leurs missions. Dans un conflit hybride, le rôle de ces éléments équivalra souvent à « l'application indirecte de la force aérienne – c'est-à-dire l'utilisation des ressources de l'aviation pour la reconnaissance, le transport, les opérations psychologiques et les communications – qui s'avérera la plus utile »³¹. Il faut ajouter à cela le mouvement des armées :

[les forces doivent] devenir plus déployables et souples du point de vue stratégique sur le champ de bataille, [de manière à] réduire l'intensité des tirs terrestres dont ont besoin les unités de manœuvre. Le nombre des brigades d'artillerie indépendantes n'a pas encore été fixé en détail, mais il diminuera... En outre, on s'attend à ce que les opérations soient axées de plus en plus sur les brigades indépendantes qui agiront sans l'appui-feu du corps d'armée ou avec un appui-feu réduit. Ces facteurs, combinés à une [confiance] nouvellement découverte dans l'exactitude et l'utilité des tirs à vecteur aérien, entraîneront un accroissement des demandes d'AAR et d'appui aérien éloigné³².

L'accent renouvelé mis sur les opérations interarmées est clair en raison de la nature complémentaire des armes entre elles. C'est cette nature fluide des conflits qui nécessitera des forces interarmées capables de travailler ensemble pour atteindre le mieux possible les objectifs de la campagne³³.

Au cours du XXI^e siècle, la puissance aérienne devra s'abstenir d'agir comme si elle était la seule force décisive, car « [...] la capacité des forces aérospatiales, considérées en tant qu'entité, est limitée lorsqu'il s'agit de résoudre tous les [...] problèmes militaires »³⁴. La puissance aérienne demeurera capable de projeter sa puissance grâce à sa vitesse, à son rayon d'action, à sa précision et à sa polyvalence dans toute la gamme des conflits et des opérations partout dans le monde³⁵. Le général T. Michael Moseley (USAF) a décrit comme suit les principes fondamentaux en vertu desquels la puissance aérienne contribue au travail des forces armées occidentales :

- a. faire preuve d'une vigilance mondiale : la capacité permanente de surveiller sans broncher n'importe quelle entité partout dans le monde;
- b. posséder une portée mondiale : la capacité de déplacer, d'approvisionner ou de mettre en place des ressources avec une célérité et une précision inégalées;
- c. mettre en œuvre une puissance mondiale : la capacité de menacer ou de frapper n'importe quel objectif, n'importe où dans le monde, et de produire des effets décisifs et précis³⁶.

La capacité des forces aériennes occidentales de fournir des unités pouvant mettre ces principes en application est essentielle à la pertinence de la puissance aérienne au XXI^e siècle. Cela vaut pour la Force aérienne du Canada dans le contexte du soutien terrestre cinétique, en raison de l'intérêt renouvelé maintenant manifesté pour l'appui que les éléments aériens peuvent fournir aux opérations terrestres, dans le cadre des principes énoncés plus haut. La Force aérienne doit examiner de près comment elle se structurera en vue des conflits à venir, car « [...] au moment où le Canada dresse des plans pour remplacer sa flotte de F18 (sic), il envisage toute une gamme de plates-formes pilotées ou non. [...] Il réfléchit aussi à ses besoins à venir en UAV, et cela pourrait comprendre – en fait, cela inclura probablement – une plate-forme capable d'attaquer des cibles au sol »³⁷.

31. James Corum et Wray Johnson, *Airpower in Small Wars: Fighting Insurgents and Terrorists*, Lawrence (KS), University Press of Kansas, 2003, p. 8.

32. Bruce Pirnie et collaborateurs, *Beyond Close Air Support: Forging a New Air-Ground Partnership*, Santa Monica (CA), RAND, 2005, p. 167-168.

33. Chefs d'état-major interarmées (JCS), Joint Publication 3-0, *Joint Operations*, Washington (DC), Joint Chiefs of Staff, 2008, p. xii-xiii.

34. Gene Myers, « Projecting Power », *Armed Forces Journal*, vol. 146, n° 1, juillet-août 2009, p. 20.

35. *Ibid.*

36. T. Michael Moseley, « America's Air Force: The Nation's Guardian », *Joint Force Quarterly*, vol. 49, 2^e trimestre, 2008, p. 11.

37. Elinor Sloan, « The Role of Aerospace Power 2018 and Beyond », dans *The International System, Canada, Armed Forces and Aerospace Power: 2018 and Beyond*, Silver Dart Canadian Aerospace Studies, vol. V, sous la dir. de James G. Fergusson, Winnipeg (Manitoba), Université du Manitoba, Centre for Defence and Security Studies, 2009, p. 148.

En ce qui concerne la vigilance mondiale, elle pourrait être assurée par des plates-formes aérobie ou spatiales. Les premières pourraient être munies d'armes pour aider à procurer une souplesse aux commandants d'éléments terrestres et aériens. Le MQ-9 Reaper est un excellent exemple des aéronefs qui peuvent fournir à une opération un soutien constant en matière de renseignement, de surveillance et de reconnaissance (RSR), tout en procurant une capacité cinétique aux commandants avec leurs bombes ou missiles. Quand on parle de portée mondiale, on fait allusion « au rayon d'action et à la vitesse qui sont essentiels aux opérations militaires du XXI^e siècle »³⁸. Ces atouts permettront à des vecteurs très demandés et de faible densité tels que des avions de chasse de survoler toute une zone d'opérations (ZO) sans se confiner à une seule région géographique. Le dernier principe, qui se rapporte à la puissance d'envergure mondiale, est fondamental pour comprendre l'avenir de la puissance aérienne. Il évoque la capacité des unités aériennes d'employer leurs armes contre des objectifs aériens et terrestres. La capacité de projeter la force dépendra de la capacité d'atténuer l'effet des attaques de l'ennemi ou de pénétrer ses lignes, comme Warden l'a envisagé. Gene Myers a résumé comme suit à quoi ressemblera l'avenir de la puissance aérienne au XXI^e siècle :

Comme l'histoire nous enseigne clairement que nous ne savons pas vraiment où et dans quelle mesure nous serons appelés à intervenir la prochaine fois, la souplesse et la polyvalence sont essentielles à la disponibilité opérationnelle de nos forces armées, celle-ci étant la caractéristique de la puissance aérospatiale la plus importante et validée de toutes³⁹.

Par conséquent, il est intéressant d'examiner l'avenir de l'aviation militaire dans le contexte de la Force aérienne du Canada. Cette étude est particulièrement opportune, maintenant que le gouvernement a annoncé une réduction du rôle que le Canada jouera dans la lutte contre l'insurrection en Afghanistan : celle-ci a été une mission déterminante dans l'histoire des Forces canadiennes. L'absence d'une puissance aérienne cinétique dans ce théâtre jusqu'en 2008 devrait inciter les commandants de la Force aérienne à réfléchir à la façon, le cas échéant, dont il conviendrait d'équiper les aéronefs canadiens d'armes offensives.

Influence sur la Force aérienne du Canada

La politique étrangère et la politique de défense du Canada continueront d'être axées sur la relation de celui-ci avec les États-Unis. Cependant, Ottawa ne rendra aucun compte à Washington pour ce qui sera de formuler les politiques qui décideront de l'emploi des Forces canadiennes dans l'avenir. Cela est exprimé très clairement dans la Stratégie de défense *Le Canada d'abord*, comme on peut le lire dans l'introduction⁴⁰. En outre, Alexander Moens fait observer ce qui suit :

[l]a croissance du rôle et du mandat de l'OTAN constituera un aspect important de la politique étrangère du Canada, car cela permettra à ce dernier d'agir au sein d'une alliance tout en poursuivant ses intérêts canado-américains. Les investissements dans l'équipement militaire ont commencé en 2006 pour soutenir le solide rôle du Canada en Afghanistan et donner à notre pays de bons moyens de base pour être à l'avant-garde des opérations de l'Alliance⁴¹.

Comme dans d'autres pays du monde, il y a au Canada un débat sur la façon dont la politique de défense et la politique étrangère seront définies au XXI^e siècle. Il est entendu que le Canada n'agira

38. Gene Myers, « Projecting Power », p. 21.

39. *Ibid.*, p. 40.

40. Stratégie de défense *Le Canada d'abord*.

41. Alexander Moens, « Canadian Domestic and Foreign Policy Determinants in 2018 », dans *The International System, Canada, Armed Forces and Aerospace Power: 2018 and Beyond*, Silver Dart Canadian Aerospace Studies, vol. V, sous la dir. de James G. Fergusson, Winnipeg (Manitoba), Université du Manitoba, Centre for Defence and Security Studies, 2009, p. 123.

pas unilatéralement sur le plan militaire, mais qu'il travaillera en coopération avec d'autres pays pour atteindre des buts et des objectifs stratégiques. Les coalitions auxquelles il adhérera ne se limiteront pas nécessairement à celles de l'OTAN ou des Nations Unies (ONU), mais elles seront constituées en fonction de la situation géopolitique de l'heure. Les Forces canadiennes doivent demeurer capables d'exécuter toute une gamme de missions en fonction de la réalité actuelle et future. Par conséquent, comme l'avenir est incertain, les forces armées canadiennes doivent conserver la capacité de mener la gamme complète des opérations auxquelles elles pourraient en théorie être appelées à prendre part⁴².

Revenons à la *SDCD*. La Force aérienne du Canada peut contribuer à fournir la puissance de feu dans tous les rôles de combat envisagés et décrits dans ce document. Les avions de chasse continueront à assumer un rôle clé dans la contribution apportée par le Canada au NORAD. Dans l'avenir immédiat, des aéronefs armés continueront de protéger la souveraineté du Canada dans l'Arctique ou plus au sud. La puissance aérienne cinétique procurera aussi aux Forces canadiennes des moyens sans pareils pour appuyer les opérations internationales à l'étranger pendant des périodes prolongées ou brèves. Ce soutien cinétique ne se limitera pas aux avions de chasse; interviendront également dans ce contexte des UAV et des hélicoptères armés capables de fournir un appui-feu aux commandants des missions.

La capacité de la Force aérienne du Canada de fournir des atouts cinétiques pertinents dépendra des décisions qui seront prises au cours de la prochaine décennie au sujet du remplacement d'aéronefs tels que le Griffon et le Hornet. Aux nouvelles plates-formes de remplacement s'ajouteront d'autres aéronefs qui permettront à la Force aérienne de fournir une puissance de feu souple, polyvalente et précise aux commandants des opérations. Vu la nature chaotique des conflits du XXI^e siècle, le Canada devra entretenir ses relations internationales pour protéger sa souveraineté et promouvoir ses intérêts à l'étranger. Par conséquent, une capacité cinétique pour la Force aérienne sera essentielle à l'exécution efficace des opérations des FC quand celles-ci prendront part à des missions telles que celles qui ont été accomplies récemment en Afghanistan.

3. L'histoire des combats modernes de la Force aérienne du Canada

Après la Seconde Guerre mondiale, 46 années ont passé avant que la Force aérienne du Canada décolle pour participer aux combats dans le ciel du golfe Persique, pendant l'opération *Desert Storm*⁴³. Huit autres années se sont écoulées avant que des avions de chasse canadiens dirigent de nouveau des attaques aériennes offensives pendant l'opération *Allied Force*, c'est-à-dire la campagne aérienne que l'OTAN a menée en 1999 contre la Serbie par mesure de représailles après les atrocités commises par ce pays dans la province du Kosovo⁴⁴. Depuis, la Force aérienne n'a envoyé aucun aéronef participer à des combats offensifs, malgré la participation considérable de l'Armée canadienne aux combats en Afghanistan et celle de la Marine canadienne dans le golfe Persique et la mer d'Oman, dans le cadre de la guerre mondiale contre le terrorisme. Des aéronefs canadiens, tels que des CC130 Hercules, ont travaillé dans des théâtres où ils ont été attaqués, mais aucun CF188, seul appareil de la Force aérienne capable de mener des opérations cinétiques offensives contre des objectifs terrestres, n'a été

42. Ministère de la Défense nationale, *Fort-épée ou rapière? : la participation des Forces canadiennes aux opérations de coalition dans le XXI^e siècle*, Kingston (Ont.), Institut de leadership des Forces canadiennes, avril 2008, p. 38.

43. Des pilotes de chasse canadiens ont effectivement été aux commandes d'avions Sabres de la USAF en Corée, mais ils n'ont pas combattu au sein d'une unité canadienne dûment constituée. Brereton Greenhous et Hugh A. Halliday, *L'aviation militaire canadienne, 1914-1999*, Montréal (Qc), Art Global, 1999, p. 130.

44. Michael W. Manulak, « Canada and the Kosovo Crisis: A 'Golden Moment' in Canadian Foreign Policy? », *International Journal*, vol. 64, n° 2, printemps 1999, p. 566-567.

envoyé au combat depuis 1999. Il n'est pas facile de répondre à la question de savoir pourquoi aucun chasseur canadien n'a pris part à des opérations aux côtés de l'Armée canadienne, mais on peut situer la question en contexte en étudiant l'évolution des capacités cinétiques dans la Force aérienne, dans le contexte des missions air-air ou air-sol depuis 1945.

Quand la guerre de Corée a éclaté en 1950, le Canada a choisi de participer à l'effort collectif des Nations Unies, pour combattre en Corée du Sud et obliger les forces nord-coréennes à se retirer de ce dernier pays⁴⁵. La contribution du Canada à la guerre, si l'on s'en tient aux aéronefs, a été limitée : ses forces terrestres et navales ont grandement pris part aux combats pendant tout le conflit, mais l'Aviation royale du Canada (ARC) n'a fourni que le 426^e Escadron de transport⁴⁶. À ce moment-là, l'ARC était en train de passer des avions à hélice, tels que le P51 Mustang, aux avions de chasse à réaction, tels que le DH100 Vampire⁴⁷. Cependant, elle n'a pas pu contribuer à la guerre aérienne en raison des limites qui s'appliquaient aux aéronefs autres que les avions à réaction.

Pendant la guerre de Corée, la guerre aérienne a aligné des aéronefs dotés d'une technologie nouvelle et aussi des appareils qui avaient fait leurs preuves pendant la Seconde Guerre mondiale. L'ARC n'avait plus de bombardiers robustes qui avaient fait partie du 6^e Groupe de bombardement (6th Bomber Group), car ces appareils avaient été rendus vétustes par la mise en service des avions de chasse à réaction. Les B29 Superfortress de la USAF ont été grandement utilisés pendant le conflit pour exécuter des attaques air-sol, mais ils se sont heurtés aux MiG15 soviétiques. Il était entendu que les DH100 de l'ARC n'étaient pas de taille à lutter contre ces derniers aéronefs, de sorte que, par la suite, aucun chasseur de l'ARC n'a été envoyé en Corée. L'ARC était en train de s'équiper de F86 Sabre, un avion de chasse capable de se mesurer au MiG15 ou de le supplanter, mais les Sabre étaient surtout destinés à l'Europe et non à la Corée. « Les Sabre canadiens furent affectés à la défense territoriale ou mis au service de l'OTAN [...] », à un moment où le conflit coréen s'était stabilisé et où aucun accroissement de la participation en Corée n'était exigé de la part de l'ARC⁴⁸.

Ce fut cet accent mis sur la défense de l'Amérique du Nord et sur les engagements pris envers l'OTAN qui a déterminé les capacités offensives et défensives de l'ARC, et c'est là une tendance qui existe encore aujourd'hui. L'achat des avions de chasse après l'entrée en service du F86 Sabre a été fonction des exigences propres aux missions à exécuter pour le NORAD et l'OTAN. Pour celles du NORAD, les chasseurs devaient être des intercepteurs capables d'intercepter par tous les temps les bombardiers transcontinentaux soviétiques. Afin de satisfaire à cette exigence, le Canada s'est procuré des aéronefs tels que le CF100 Canuck et le CF101 Voodoo, qui ont été les principaux appareils canadiens affectés auprès du NORAD pendant la guerre froide⁴⁹. Ces deux aéronefs n'avaient pas les moyens d'appuyer l'Armée canadienne au sol. Les aéronefs achetés pour répondre aux exigences que comportaient les rôles attribués par l'OTAN étaient eux aussi limités quant à l'ampleur du soutien qu'ils étaient à même d'assurer à l'Armée⁵⁰.

Le premier chasseur canadien air-sol destiné à remplir les missions de l'OTAN a été le CF104 Starfighter. L'ARC en a fait l'acquisition à l'origine pour se doter d'un chasseur très rapide d'attaque et de reconnaissance et pour équiper ses escadrons en Europe centrale. Le Starfighter avait été conçu par Kelly Johnson et son équipe dans l'usine Skunk Works de Lockheed Martin;

45. Elizabeth Ridell-Dixon, « Canada at the United Nations 1945–1989 », *International Journal*, vol. 62, n° 1, hiver 2006–2007, p. 148.

46. Ministère de la Défense nationale, *Sur des sommets balayés par le vent*, Ottawa (Ont.), ministère de la Défense nationale, 2009, p. 36.

47. Greenhouse et Halliday, *L'aviation militaire canadienne*, p. 130.

48. *Ibid.*

49. *Ibid.*, p. 150–151.

50. John Gellner, « Canada in NATO and NORAD », *Air University Review*, vol. XVIII, n° 3, mars-avril 1967, p. 24–25.

ce devait être un intercepteur supersonique capable de voler à haute altitude, mais il a servi en Europe dans des rôles d'attaque. Par définition, ces rôles ne rendaient pas le Starfighter très apte à coopérer de près avec les forces terrestres. Les armes nucléaires que les Starfighter auraient lancées étaient dirigées bien au-delà de la ligne de front; les objectifs visés par les pilotes canadiens étaient situés profondément en Allemagne de l'Est et en Tchécoslovaquie. Quand Ottawa a décidé de retirer tout rôle nucléaire aux Forces canadiennes, la mission du Starfighter a changé : il a dès lors été chargé de mener des attaques conventionnelles, mais toujours en mettant l'accent sur l'appui aérien éloigné plutôt que sur l'appui direct de l'Armée canadienne⁵¹.

L'ARC avait acheté des avions de chasse qui ne se prêtaient pas au soutien des opérations terrestres et, au moment de l'unification, la Force aérienne du Canada en a hérité. Non pas nécessairement par dessein, mais plutôt par suite de tractations politiques, le prochain avion de chasse que la Force aérienne a acheté allait pouvoir servir à l'AAR. Paul Hellyer, qui a été ministre de la Défense nationale de 1963 à 1967, a obligé les Forces canadiennes à choisir le CF116 Freedom Fighter. Les dirigeants de la Force aérienne souhaitaient ardemment conserver une polyvalence et ils avaient convenu que le McDonnell Douglas F4C était tout indiqué pour satisfaire aux exigences de l'OTAN et du NORAD⁵². Toutefois, Hellyer accordait la préférence au CF116 non pas en prenant en compte les missions à remplir, mais pour des motifs politiques et économiques. Les CF116 devaient être construits sous licence au Canada, ce qui créerait des emplois, et ils ne seraient pas aussi coûteux à l'achat parce qu'il s'agissait d'avions d'attaque au sol uniquement. En fait, quand le CF116 est entré en service, les Forces canadiennes ont dû lui trouver un rôle, car on ne le jugeait pas apte à servir en Europe centrale. Le rôle que le Canada a accepté en renfort de la Norvège en cas de conflit convenait bien au CF116, car l'évaluation des défenses aériennes et des capacités des chasseurs de l'URSS dans cette zone d'opérations a montré que le CF116 pouvait y jouer un rôle acceptable⁵³.

Par conséquent, des chasseurs canadiens ont participé pour la première fois à des missions à l'appui d'opérations terrestres non pas parce que la Force aérienne l'avait planifié, mais plutôt par défaut, avec l'acquisition du CF116. Ces aéronefs équipaient des escadrons qui faisaient partie du 10^e Groupe aérien tactique (10 GAT), au sein du Commandement de la Force mobile (CFM)⁵⁴. Celui-ci avait été créé après l'unification des Forces canadiennes en 1964, et c'était le commandement propre à l'Armée canadienne. Le rayon d'action et la charge utile du CF116 étaient limités, mais il pouvait appuyer les opérations au sol, ce qui a constitué un point culminant de la collaboration entre l'Armée canadienne et les avions de chasse de notre pays. Les pilotes de chasse étaient des contrôleurs aériens avancés (CAA) qualifiés complétant le travail des autres CAA de la Force aérienne qui volaient à bord de CH136 Kiowa dans d'autres escadrons du 10 GAT⁵⁵. L'inclusion de CAA de la Force aérienne, en particulier des pilotes de chasse, montrait à l'Armée la contribution que des éléments aériens coordonnés pouvait apporter aux opérations terrestres.

Des pilotes de chasse ont continué à se qualifier comme CAA et à occuper des postes de ce genre à l'ère moderne quand les CF104, CF101 et CF116 ont été remplacés par le CF188 Hornet à partir de 1982. On envisageait le Hornet comme étant un chasseur polyvalent qui pourrait exécuter des missions air-air et air-sol tant pour le NORAD que pour l'OTAN. Il a connu le succès dans les deux rôles, et ses systèmes avioniques ont été considérablement améliorés grâce au Projet de

51. Anthony Stachiw et Andrew Tattersall, *Canadair CF104 Starfighter*, St. Catharines (Ontario), Vanwell Publishing, 2007, p. 24.

52. Ray Stouffer, « La puissance aérienne de l'Aviation royale du Canada pendant la guerre froide : Paul Hellyer et le choix du chasseur CF-5 Freedom Fighter », *Revue militaire canadienne*, vol. 7, n° 3 (automne 2006), p. 63, <http://www.journal.forces.gc.ca/vol7/no3/stouffer-fra.asp> (consulté le 28 juin 2012).

53. *Ibid.*, p. 69.

54. Greenhous et Halliday, *L'aviation militaire canadienne*, p. 142.

55. *Ibid.*

modernisation progressive (PMP) qui a donné à la Force aérienne du Canada un chasseur qui se compare à des chasseurs semblables aux chapitres des communications, des capteurs et des armes⁵⁶.

Le CF188 constitue pour la Force aérienne du Canada un excellent avion de chasse capable d'exécuter avec brio des missions d'attaque dans les airs et au sol, mais il n'a pas été envoyé en Afghanistan pour appuyer l'Armée canadienne dans la province de Kandahar. Pourquoi? La réponse superficielle est que le déploiement de Hornet dans ce théâtre équivaldrait à une escalade de la mission canadienne et que le coût en serait prohibitif. Ces arguments contribuent effectivement à expliquer pourquoi des Hornet n'ont pas été envoyés à l'aérodrome de Kandahar, mais la véritable réponse réside davantage dans les cultures que la Force aérienne et l'Armée ont adoptées au cours des 20 dernières années, soit depuis la fin de la guerre froide.

Quand les Hornet se sont envolés pour prendre part aux opérations *Desert Storm* et *Allied Force*, les missions qui ont été exécutées alors ont été perçues comme validant les théories de John Warden sur l'aviation militaire dans le contexte d'une campagne aérienne faisant appel à des avions de chasse pour affaiblir la puissance de l'adversaire en frappant des points vitaux chez lui. Au Koweït et en Iraq, les pilotes canadiens ont exécuté des missions air-air de balayage et d'escorte; ils ont aussi mené des missions d'interdiction aérienne en larguant des bombes non guidées sur les positions irakiennes, après le début de l'offensive terrestre⁵⁷. Quand des Hornet sont de nouveau allés au combat pendant l'opération *Allied Force*, ils ont surtout rempli des missions d'interdiction aérienne (IA) ou des missions défensives contre le potentiel aérien (DCA). Les sorties qui ont été décrites comme étant des missions d'AAR au Kosovo ne étaient pas vraiment du point de vue doctrinal, car, comme aucune force terrestre de l'OTAN n'était engagée dans le conflit au Kosovo, elles n'étaient pas exécutées pour intégrer des frappes aériennes offensives dans le schème de manœuvre terrestre. L'expérience acquise pendant les opérations *Desert Storm* et *Allied Force* a servi à justifier l'accent mis sur l'entraînement que les pilotes de chasse canadiens recevaient aux fins des missions d'IA et de DCA⁵⁸.

Tant avant qu'après l'opération *Allied Force*, l'aviation de chasse a vu fléchir le nombre de ses pilotes et de ses techniciens dûment entraînés. La modernisation de la cellule a par ailleurs été annoncée, mais les autorités ont décidé, pour des raisons techniques et financières, que seulement 80 Hornet seraient mis à niveau et que les autres seraient mis au rancart⁵⁹. Ensuite, un événement a eu lieu qui a modifié la dynamique de l'entraînement et de l'emploi de l'aviation de chasse, à savoir les attentats terroristes perpétrés contre les États-Unis le 11 septembre 2001. Ces attaques ont entraîné une augmentation du nombre de CF188 mis en état d'alerte au moment même où la flotte commençait sa modernisation⁶⁰. L'intensification des opérations du NORAD en 2001 et 2002 a considérablement réduit le nombre d'aéronefs dont les FC disposaient pour exécuter des opérations expéditionnaires. Quand l'Armée canadienne est devenue fortement engagée dans les opérations en Afghanistan, en 2003, la flotte de Hornet était prête à contribuer aux tirs aériens destinés à appuyer les opérations canadiennes, mais aucun n'a été affecté à cette tâche. Le niveau d'activité du NORAD avait diminué, ce qui libérait des aéronefs en vue d'un déploiement, mais les Hornet n'ont pas été chargés de missions de combat à cause de la culture qui s'était installée dans l'aviation de chasse relativement à l'AAR.

56. Ministère de la Défense nationale, « Modernisation des CF-18 : Acceptation du premier avion modernisé de la Phase I », BG-03.031, 14 mai 2003, <http://www.forces.gc.ca/site/news-nouvelles/news-nouvelles-fra.asp?id=1074> (consulté le 28 juin 2012).

57. Greenhouse et Halliday, *L'aviation militaire canadienne*, p. 154-155.

58. Ministère de la Défense nationale, B-GA-432-000/FP-002, *Fighter Pilot Training Directive*, Winnipeg (Manitoba), ministère de la Défense nationale, 2002.

59. La décision de moderniser 80 aéronefs était fonction des fonds affectés au projet et du fait que les tout premiers contingents de CF188 reçus ne pouvaient être modernisés en vertu du programme ECP-583, à cause des limites physiques de la cellule (ex. : cloisons différentes).

60. Joseph Jockel, *Canada in NORAD, 1957-2007: A History*, Kingston (Ontario), McGill-Queen's University Press, Queen's Centre for International Relations and Defence Management Program, 2007, p. 167.

Avant le déploiement d'unités canadiennes en Afghanistan, l'Armée canadienne et l'aviation de chasse s'étaient distancées l'une de l'autre par rapport à l'époque où des chasseurs faisaient partie du 10 GAT. La mise sur pied de la 1^{re} Division aérienne du Canada, parallèlement à la dissolution des groupes aériens, en 1997, a marqué la première étape de la séparation entre l'aviation de chasse et l'Armée canadienne. Cette séparation avait commencé avec le retrait des CF116 des escadrons opérationnels, en 1988, et elle s'était accentuée pendant toutes les années 1990. Des pilotes de chasse canadiens ont joué le rôle de CAA à l'appui d'unités canadiennes en Bosnie-Herzégovine, mais cela a été le point culminant de la coopération entre eux et l'Armée canadienne. Après ces déploiements, le nombre de pilotes de chasse qualifiés pour occuper un poste de CAA a diminué constamment. Par ailleurs, la fin des exercices de brigade *Rendez-vous* en 1997 a réduit le nombre d'exercices d'envergure auxquels les CF188 ont dès lors participé avec les brigades de l'Armée. Après l'opération *Allied Force*, l'aviation de chasse a continué de se concentrer sur les missions air-sol d'IA, en en faisant sa spécialité. En revanche, comme l'aviation de chasse ne fournissait plus de CAA, les officiers de l'Armée n'étaient plus au courant de la puissance de feu que les chasseurs étaient à même de procurer aux commandants des forces terrestres⁶¹.

Tous ces faits ont eu des conséquences involontaires qui ont culminé de façon tragique en septembre 2006 quand un avion A-10 de la USAF a fait feu par erreur sur des troupes canadiennes, tuant un soldat et en blessant plus de 30 autres au cours d'une seule attaque à la mitrailleuse⁶². De nombreux événements individuels ont abouti à cette tragédie, depuis les situations où la visibilité était obscurcie jusqu'au cas de fatigue, mais l'absence d'un élément de contrôle aérien tactique (ECAT) auprès des Canadiens au niveau de la brigade ou du groupement tactique a constitué un facteur clé. En Bosnie, il y avait eu des ECAT composés de pilotes de chasse affectés auprès des unités canadiennes. Ces pilotes avaient reçu l'instruction des CAA, et les compétences qu'ils avaient en matière d'AAR ont été mises à profit pour fournir au commandant au sol le meilleur AAR possible. Cependant, en 2006, les Forces canadiennes ne suivaient pas la doctrine, et des ECAT n'avaient été ni constitués ni déployés dans le théâtre d'opérations⁶³. Malheureusement, il a fallu que cet accident se produise pour mettre en lumière cette lacune au cours des enquêtes ultérieures.

Selon la doctrine, le rôle d'un ECAT consiste à conseiller les commandants au sol sur le meilleur emploi des avions, à conserver le commandement et le contrôle des avions et, selon les besoins, à guider, au stade terminal, les attaques menées pour appuyer les opérations terrestres⁶⁴. Les CAA, également appelés « contrôleurs aériens tactiques interarmées, ou CATI », appartiennent au commandant de l'ECAT et travaillent au niveau de l'unité afin de procurer au commandant local le degré de contrôle précis dont il a besoin pour protéger les forces amies et limiter les dommages collatéraux, tout en exécutant des attaques contre les adversaires. On a admis que l'absence d'ECAT et de pilotes de chasse qualifiés à titre de CAA constituait une lacune au sein de la Force aérienne du Canada et de l'Armée. Le commandant de la 1^{re} Division aérienne du Canada et celui du Système de la doctrine et de l'instruction de la Force terrestre (SDIFT) ont ensemble revigoré les unités tactiques de la Force aérienne et de l'Armée, de manière à mieux unifier les efforts de l'aviation de chasse et de l'Armée et à mieux intégrer les unités déployées en Afghanistan⁶⁵.

61. Pendant que l'auteur a été pilote dans un escadron de chasse opérationnel, il n'y a eu aucun exercice d'entraînement d'envergure avec l'Armée canadienne jusqu'au début de la série d'exercices *Maple Guardian* à Wainwright, exercices dont la planification a commencé en 2005-2006.

62. Ministère de la Défense nationale, *Procès-verbal de la commission d'enquête. Sujet de l'enquête : incident de tir ami d'un avion A-10A, le 4 septembre 2006, District de Panjwayi, en Afghanistan*, Ottawa (Ont.), Ministère de la Défense nationale, 2006, p. 4, http://www.forces.gc.ca/site/focus/opmedusa/A10_BOI_Report_f.pdf (consulté le 28 juin 2012).

63. *Ibid.*, p. 5.

64. États-Unis, Joint Chiefs of Staff, Joint Publication (JP) 3-09.3, *Joint Tactics, Techniques, and Procedures for Close Air Support (CAS)*, Washington (DC), Joint Chiefs of Staff, 2003, GL-18.

65. Le SDIFT et la 1^{re} Division aérienne du Canada ont participé activement à la réorganisation de l'entraînement concernant l'AAR dans l'Armée et la force de chasse. En 2009, une cellule interarmées de normalisation de cet entraînement a été créée au QG SDIFT, à Kingston, et un pilote de CF188 faisait partie du personnel.

L'expérience acquise par l'Armée canadienne à la faveur des opérations en Afghanistan a eu un autre effet en montrant la nécessité pour les forces de recevoir un entraînement réaliste au Canada avant de partir en déploiement dans le théâtre d'opérations. Les CF188 de la 3^e Escadre Bagotville et de la 4^e Escadre Cold Lake ont fourni un appui essentiel à l'Armée sur le plan de l'entraînement, et ce, à tous les niveaux, depuis l'instruction de base des CAA jusqu'aux exercices de validation des groupements tactiques au Centre d'entraînement canadien aux manœuvres à la Base des Forces canadiennes Wainwright⁶⁶. Bien que le soutien assuré par ces chasseurs aux groupements tactiques ait été essentiel pour entraîner de façon réaliste les soldats canadiens avant leur départ pour l'Afghanistan, l'aviation de chasse n'est pas plus près de voir ses aéronefs partir pour le même théâtre.

En résumé, quand les Forces canadiennes se sont déployées en Afghanistan, des CF188 (qui auraient fourni un soutien au groupement tactique canadien) n'ont pas fait partie des éléments envoyés là-bas. Pendant la guerre froide, les chasseurs canadiens avaient été organisés pour exécuter des missions du NORAD ou de l'OTAN qui ne comportaient aucune sortie d'AAR. Le seul contact opérationnel étroit entre des chasseurs canadiens et la Force mobile a eu lieu par l'intermédiaire du 10 GAT et des quelques CF116 qui étaient opérationnels. Quand ces derniers ont été retirés du service, la séparation entre la chasse canadienne et l'Armée canadienne, sur le plan opérationnel, s'est accentuée et a culminé pendant l'opération *Allied Force*. Les missions de DCA et d'IA que les CF188 ont exécutées au Kosovo et en Serbie pendant ce conflit ont été perçues comme une confirmation de l'importance que l'aviation de chasse avait accordée à la nécessité de s'équiper et de s'entraîner en vue des genres de missions qui respectaient les principes stratégiques énoncés par le colonel Warden dans son livre *The Air Campaign: Planning for Combat* où il préconisait la renaissance de la puissance aérienne stratégique. Ce livre a fourni le plan de la campagne aérienne menée en 1991 pendant la guerre du Golfe. L'expérience que les avions de chasse de la Force aérienne avaient acquise depuis la fin de la Seconde Guerre mondiale aux chapitres de l'entraînement et des opérations était axée sur les missions aériennes. Cela ne s'agencait pas bien avec les capacités interarmées dont les CF188 avaient besoin pour avoir leur place dans les plans de déploiement et de bataille de la force opérationnelle interarmées qui a été envoyée en Afghanistan. Un autre obstacle a empêché l'intégration des opérations cinétiques de la Force aérienne et de l'Armée au Canada : la multiplication des missions à exécuter pour le NORAD au lendemain des attentats du 11 septembre 2001, ce qui a réduit le nombre d'aéronefs qu'il était dès lors possible d'envoyer en déploiement.

Les FC ont raté une occasion de renforcer les liens entre l'aviation de chasse et l'Armée canadienne quand elles se sont abstenues de déployer des CF188 en Afghanistan pour soutenir les soldats canadiens au combat. Les pilotes de chasse ont reçu l'instruction des CAA et ils ont occupé des postes en cette capacité dans des ECAT; en outre, ils ont fourni un appui vital aux commandants des forces terrestres à Kandahar. Par ailleurs, la participation de CF188 à l'entraînement des soldats au Canada, avant leur départ en déploiement, a contribué elle aussi à combler le fossé tactique entre l'aviation de chasse et les armes de combat. La fin du Programme de modernisation progressive des CF188, qui a accru l'interopérabilité des systèmes et des armes, a marqué le franchissement d'une étape clé pour l'aviation de chasse quant à sa capacité de mener des missions d'AAR avec les technologies et les armes les plus récentes. Au stade de l'achèvement du programme de modernisation, il faut conférer à la plate-forme armée qu'est le Hornet la létalité et l'efficacité maximales qui lui permettront de remplir des missions s'intégrant bien dans le schéma de manœuvre des forces terrestres. L'avenir dira si l'aviation de chasse sera déployée pour produire les effets cinétiques souples qui caractérisent la puissance aérienne, dans des missions air-air ou air-sol menées non seulement aux fins de l'IA, mais aussi à celles de l'AAR. Pour que les chasseurs participent aux déploiements dans l'avenir, ils

66. Scott Taylor, « Ex Maple Guardian », *Esprit de Corps, Canadian Military Then and Now*, vol. 15, n° 5, juin 2008, p. 9.

devront manifester leur valeur, et les Forces canadiennes devront inclure la puissance cinétique de la Force aérienne dans les forces opérationnelles interarmées. Comme nous le verrons dans une section ultérieure, la production de ces effets cinétiques ne doit pas être le fait des chasseurs uniquement; il conviendrait aussi d'inclure un véhicule aérien de combat sans pilote (UCAV), car c'est là une plateforme d'armes qui pourrait entrer en service dans un avenir qui n'est pas très lointain.

4. Tendances de la puissance aérienne

La façon dont la puissance de la Force aérienne du Canada a évolué depuis la fin de la Seconde Guerre mondiale ne lui est pas unique. Dans toutes les aviations militaires de l'OTAN, on peut voir l'accent qui a été mis sur le développement de la capacité des chasseurs de défendre l'espace aérien et d'attaquer des objectifs stratégiques. La force aérienne la plus considérable en Occident, à savoir celle des États-Unis, a préconisé vigoureusement l'emploi de plates-formes permettant le mieux d'exécuter les opérations telles que *Desert Storm* et *Allied Force*. Les missions remplies dans le cadre de ces opérations, auxquelles les pilotes de chasse canadiens ont participé avec compétence, l'ont été par des formations massives de chasseurs, de bombardiers et d'aéronefs d'appui qui ont pénétré dans l'espace aérien de l'adversaire pour attaquer des objectifs jugés essentiels à sa capacité de combattre. Toutefois, les tendances observées au cours de la dernière décennie attestent une diminution de l'intérêt pour les conflits de haute intensité, tels que l'opération *Desert Storm*, et une inclination à favoriser les conflits contemporains hybrides menés dans un espace de combat non linéaire où la puissance aérienne peut fournir un appui essentiel aux forces terrestres.

Peu importe le genre de conflit, qu'il s'agisse d'une lutte contre les talibans en Afghanistan ou contre les forces irakiennes, des tendances concrètes se dessinent qui détermineront les effets que la puissance aérienne aura dans l'avenir et les rôles que les aéronefs joueront alors dans les conflits. L'importance de la maîtrise du ciel a été mise en exergue comme étant une tendance qui se poursuivra, maintenant que l'on favorise de plus en plus les aéronefs furtifs tels que le F22, qui a été décrit comme étant le premier chasseur de supériorité aérienne du monde. En second lieu, les tendances technologiques montrant que les aéronefs peuvent utiliser des armes de plus en plus précises font fortement contraste avec les effets cinétiques que les aéronefs pouvaient produire avant l'invention des munitions guidées par système de positionnement mondial (GPS). Troisièmement, les commandants misent davantage sur le renseignement, la surveillance et la reconnaissance (RSR) par suite de l'inclination à recourir aux forces mises en réseau de plus en plus nombreuses. C'est dans le ciel du Kosovo que l'utilisation soutenue de moyens de RSR sous la forme d'UAV à grande autonomie a commencé à avoir des effets, et cette tactique a évolué au point que les UAV font maintenant partie intégrante de n'importe quelle force en déploiement. Une dernière tendance mérite qu'on l'examine : elle se rapporte à la place que les commandants de l'avenir réserveront aux hélicoptères armés tels que les AH64 Apache dans l'arsenal mobile d'attaque dans toute la zone d'opérations, et au fait que ces aéronefs risquent de subir des dommages graves si on ne les emploie pas convenablement. En ce qui concerne l'utilisation des hélicoptères armés, la tendance montre qu'ils sont peut-être trop vulnérables aux tirs sol-air quand ils prennent part à des combats de haute intensité.

Comme nous l'avons mentionné plus haut, la Force aérienne du Canada s'intéresse de nouveau au rôle qu'elle peut jouer dans le cadre des tirs interarmées utilisés dans des opérations menées avec l'Armée canadienne pour avoir un effet visible sur le champ de bataille. Par « tirs interarmées », on entend « [...] l'emploi de forces appartenant à au moins deux composantes dans le cadre d'une

action concertée visant à produire les effets voulus et à atteindre un objectif commun »⁶⁷. Ce regain d'intérêt s'explique par la prise de conscience du fait que la puissance aérienne est devenue essentielle aux tirs interarmées. La capacité de frapper des objectifs avec précision et sans long délai entre le moment où l'attaque est demandée et celui où l'objectif est détruit a fait de l'intervention souple de la puissance aérienne un élément clé de la réussite des opérations. Afin de mieux définir l'avenir de la puissance aérienne cinétique de la Force aérienne, on devra examiner tour à tour les tendances qui se sont manifestées pendant les opérations aériennes de la dernière décennie, depuis celles menées au Kosovo jusqu'à celles qui ont actuellement cours en Afghanistan, et analyser aussi le rôle qu'a joué l'aviation militaire lors de l'invasion de l'Iraq en 2003, sous la direction des États-Unis. Cette démarche nous renseignera sur la façon dont la puissance aérienne du Canada peut évoluer et sur les plates-formes dont la Force aérienne devra se doter pour contribuer le mieux possible aux tirs interarmées et maximiser l'effet de la puissance aérienne dans les opérations que le Canada exécutera et qui sont décrites dans la Stratégie de défense *Le Canada d'abord*.

Les forces aériennes dans les conflits récents

L'opération *Allied Force* – la campagne aérienne de l'OTAN en Serbie – représente un cas intéressant, car c'est là le seul conflit récent qui ait été livré uniquement avec des aéronefs et sans qu'interviennent des forces au sol. Elle a commencé le 24 mars 1999 afin

[...] d'obliger [le président de la Serbie, Slobodan] Milosevic à revenir à la table des négociations, de manière que l'OTAN puisse trouver un moyen, hormis l'indépendance, de protéger la population albanaise du Kosovo contre la violence et la domination politique des Serbes. Cette campagne de bombardement, a-t-on souligné avec vigueur, n'était pas une guerre, et aucun des chefs de l'OTAN n'avait l'intention d'en livrer une⁶⁸.

Les tendances qui se sont dégagées de la campagne menée au Kosovo, en ce qui concerne les tirs interarmées, sont limitées pour une raison très simple : l'opération *Allied Force* n'a comporté aucun tir de ce genre, car il n'y a eu aucune campagne terrestre. Peu importe la forme de la puissance aérienne, il n'a pas fallu l'intégrer à un schème de manœuvre terrestre et, par conséquent, aucune coordination complexe de tirs interarmées n'a eu lieu pendant la campagne de bombardement. Au Kosovo, « [...] la guerre aérienne livrée par l'OTAN comportait deux volets : une campagne stratégique contre le cœur de la Serbie et une campagne tactique contre les forces serbes qui exécutaient les tueries et les expulsions forcées au Kosovo »⁶⁹. La campagne stratégique a été menée suivant le même plan que celui adopté pour l'opération *Desert Storm* : l'acquisition de la supériorité aérienne, puis l'attaque systématique d'objectifs conformément aux théories de John Warden appliquées en 1991 en Iraq. La domination de la Force aérienne serbe par l'OTAN a permis à celle-ci d'exécuter l'opération comme elle en avait décidé pendant son cycle de planification. L'OTAN possédait « une supériorité écrasante en ce qui concernait les combats aériens, les aéronefs de combat, les capteurs, les systèmes de gestion de la bataille et les moyens d'attaque nécessaires pour supprimer les bases aériennes »⁷⁰. La capacité de s'emparer de la maîtrise du ciel au-dessus de la Serbie et du Kosovo a renforcé la conviction qu'il fallait acquérir la supériorité aérienne ou, mieux encore, dominer l'espace aérien, avant d'attaquer des objectifs au sol. Le système serbe de défense aérienne intégrée (IADS) n'a pas été détruit, mais l'OTAN l'a paralysé au point que seulement deux aéronefs alliés pilotés ont été abattus, sans que les équipages perdent la vie; par ailleurs, quatre UAV Predator ont été descendus. L'IADS serbe a été

67. Joint Chiefs of Staff, Joint Publication 3-0, *Joint Operations*, p. III-17-III-18.

68. Ivo H. Daalder et Michael E. O'Hanlon, *Winning Ugly: NATO's War to Save Kosovo*, Washington, Brookings Institution Press, 2000, p. 2.

69. *Ibid.*, p. 4-5.

70. Anthony H. Cordesman, *The Lessons and Non-lessons of the Air and Missile Campaign in Kosovo*, Westport, Praeger, 2001, p. 258.

supprimé grâce à l'action d'aéronefs tels que l'EA-6B Prowler et le F16CJ affectés exclusivement à la guerre électronique et munis de moyens de brouillage et de missiles antirayonnement à grande vitesse (HARM) AGM-88 conçus pour attaquer les systèmes de défense aérienne comportant des radars⁷¹.

Au cours de l'opération *Enduring Freedom* en Afghanistan, les aéronefs alliés n'ont dû faire face à aucun IADS. Les talibans n'avaient aucun moyen systématique d'empêcher les aéronefs alliés d'entrer dans l'espace aérien, sauf des armes portatives et des systèmes portatifs de défense aérienne tels que des missiles surface-air (MSA) tirés à l'épaulé. Comme les commandants n'avaient pas à composer avec des chasseurs ou des systèmes de radar ennemis, ils étaient tout à fait libres de concentrer la puissance aérienne là où ils le voulaient et quand ils le voulaient⁷². Les missions exécutées pour intégrer les aéronefs dans les tirs interarmées risquent d'exiger beaucoup de temps quand ces attaques ont lieu près de positions amies, car il faut alors s'assurer que les bons objectifs sont touchés, tout en réduisant au minimum la probabilité de pertes chez les troupes amies. L'opération *Enduring Freedom* a montré l'avantage que l'on acquiert quand on peut dominer l'espace aérien dans un théâtre d'opérations, car cela accroît au maximum les effets que la puissance aérienne peut produire dans un combat.

Pendant l'opération *Iraqi Freedom*, les aéronefs de la coalition ont de nouveau dominé le ciel au-dessus de l'Iraq, mais cela s'inscrivait dans la foulée des résultats de l'opération *Desert Storm*. En 1991, l'Iraq avait déployé des chasseurs et des missiles surface-air contre les aéronefs et les missiles de croisière de la coalition qui attaquaient des objectifs au Koweït et en Iraq dans le cadre de l'opération destinée à expulser les forces irakiennes du Koweït. Après le conflit, deux secteurs ont été désignés comme étant des zones d'exclusion aérienne pour l'Aviation irakienne. Des chasseurs américains et britanniques décollant de bases situées près de l'Iraq patrouillaient constamment dans ces zones, afin de faire observer les sanctions imposées par l'ONU contre ce pays. Les unités irakiennes de défense aérienne étaient attaquées si elles menaçaient l'aviation alliée. L'opération *Desert Fox*, déclenchée en décembre 1998, a frappé des objectifs liés au programme irakien de fabrication d'armes de destruction massive, mais aussi des unités de défense aérienne afin de réduire encore plus la capacité des forces irakiennes d'organiser une défense contre l'aviation alliée. Pour préparer l'invasion de l'Iraq qui a eu lieu en mars 2003, les forces américaines ont commencé à attaquer ce pays en juillet 2002. Aux termes d'un plan secret baptisé *Southern Focus*, le commandant de la composante aérienne alliée, le lieutenant-général T. Michael Mosely de la USAF, « a allongé la liste des objectifs [qui pouvaient être attaqués]. [Il a agi de la sorte] au cas où les commandants des formations aériennes auraient peu de temps pour préparer une attaque terrestre⁷³. » À la fin de l'opération *Southern Focus*, les Américains « [...] avaient largué 606 bombes sur 391 objectifs [...] », y compris pendant des attaques contre le Commandement irakien de la défense aérienne à l'aérodrome H-3 dans l'Ouest du pays⁷⁴. Contrairement à ce qui avait été le cas lors de l'opération *Desert Storm*, l'invasion de l'Iraq en 2003 n'a pas été précédée par des semaines d'attaques aériennes intensives dans tout le pays. Pendant la campagne aérienne menée dans le cadre de l'opération *Iraqi Freedom*, la coalition a frappé les objectifs dont la neutralisation allait aider le plus les commandants des forces terrestres, sans détruire l'infrastructure du pays qui serait essentielle au nouveau gouvernement irakien après que

71. Daniel Haulman, *U.S. Unmanned Aerial Vehicles in Combat, 1991–2003*, Maxwell AFB (Alabama), Air Force Historical Research Branch, 2003, p. 8.

72. Eric Theisen, *Ground-Aided Precision Strike: Heavy Bomber Activity in Operation Enduring Freedom*, Maxwell AFB (Alabama), Air War College, 2003, p. 2.

73. Michael R. Gordon et Bernard E. Trainor, *Cobra II: The Inside Story of the Invasion and Occupation of Iraq*, New York, Pantheon Books, 2006, p. 69.

74. *Ibid.*

Saddam Hussein eut été écarté du pouvoir⁷⁵. Ces attaques ont été possibles parce que la coalition s'était rendue maîtresse de l'espace aérien au-dessus de l'Iraq.

Les opérations exécutées dans le ciel du Kosovo, de l'Afghanistan et de l'Iraq montrent l'importance d'acquérir, en vue des opérations à venir, la supériorité aérienne au moins et, idéalement, la maîtrise de l'air. L'OTAN définit comme suit l'expression « supériorité aérienne » : « Degré de maîtrise dans la bataille aérienne d'une force sur une autre qui permet à la première de mener des opérations [...] à un moment et en un lieu donnés, sans intervention prohibitive de la seconde⁷⁶. » La maîtrise de l'air est différente en ce sens qu'il s'agit d'un « degré de supériorité aérienne à partir duquel les forces aériennes adverses sont incapables d'intervenir efficacement⁷⁷ ». Le F22 de la USAF est un exemple d'aéronef conçu pour dominer l'espace aérien dans n'importe quel théâtre. C'est le premier chasseur de la cinquième génération; il est conçu pour agir impunément contre les chasseurs ennemis de pointe volant dans l'espace protégé par un IADS moderne muni des missiles surface-air les plus perfectionnés. Le F35 Lightning II, également appelé « avion d'attaque interarmées » est en cours de mise au point; ce sera l'avion d'attaque de la prochaine génération qui remplacera les aéronefs actuels de la quatrième génération tels que le CF188. Le F35 est lui aussi conçu pour exploiter les technologies qui réduisent la menace présentée par l'IADS d'un adversaire⁷⁸. La tendance à dominer l'espace aérien au-dessus d'un espace de combat a été au cœur des opérations qui ont eu lieu jusqu'ici au XXI^e siècle.

Acquérir l'arme idéale

Les armes employées pendant l'opération *Allied Force* ont montré que l'on tendait de plus en plus rapidement à utiliser des armes guidées de précision et des armes de précision au cours des opérations modernes. Les armes guidées de précision suivent l'énergie laser envoyée par un dispositif terrestre ou aérien de désignation et réfléchi par l'objectif, pour frapper ce dernier. Pour qu'elles atteignent leur cible avec succès, il leur faut une ligne de visée claire pendant des parties clés de la trajectoire les menant jusqu'à la cible en question. Les armes de précision utilisent des données reçues des satellites d'un GPS pour repérer leur propre emplacement relativement à la position calculée de la cible, afin de frapper un point de visée choisi; elles n'ont besoin d'aucune autre intervention humaine pour atteindre leur cible. Pendant l'opération *Desert Storm*, moins de 10 p. 100 des armes utilisées étaient des engins guidés de précision.⁷⁹ Pendant l'opération *Allied Force*, ce pourcentage est passé à environ 33 p. 100; les engins utilisés comprenaient des bombes guidées par GPS, telles que des munitions interarmes d'attaque directe (JDAM), et des missiles de croisière employés massivement depuis divers aéronefs, depuis les chasseurs jusqu'aux bombardiers stratégiques tels que les B-2 Spirit qui se rendaient directement au combat depuis leur base au Missouri⁸⁰. Ce pourcentage a augmenté encore plus pendant l'opération *Iraqi Freedom*, au point que la grande majorité (près de 70 p. 100) des armes larguées était guidée soit par laser soit par GPS⁸¹. Des armes pouvant être guidées aussi bien par laser que par GPS font maintenant partie de l'arsenal de la Force aérienne du Canada. Elles peuvent être munies de l'un ou de l'autre système de guidage, selon celui qui convient le mieux à l'attaque envisagée et en fonction des conditions environnementales de l'heure. Dans l'espace de combat non linéaire actuel, tel que celui que l'on a connu typiquement pendant les opérations *Enduring Freedom*

75. *Ibid.*, p. 209.

76. Agence OTAN de normalisation, AAP-6 (2010), *Glossaire OTAN de termes et définitions*, Bruxelles, Agence OTAN de normalisation, 2009, p. 3-S-7.

77. *Ibid.*, p. 3-M-1.

78. Bill Sweetman, *Ultimate Fighter: Lockheed Martin F-35 Joint Strike Fighter*, St. Paul (Minnesota), MBI Publishers, 2004, p. 52.

79. Anthony H. Cordesman, *The Iraq War: Strategy, Tactics and Military Lessons*, Westport, Praeger, 2003, p. 279.

80. Cordesman, *Air and Missile Campaign in Kosovo*, p. 97.

81. Cordesman, *Iraq War*, p. 279-280.

et *Iraqi Freedom*, il faut absolument des tirs interarmées d'une précision sans précédent que l'on ne peut obtenir qu'en recourant à des munitions guidées pour éviter de causer des pertes chez les forces amies ou des dommages matériels collatéraux non souhaités. La tendance à miser toujours plus sur les armes guidées aux fins des tirs interarmées ne diminuera pas au XXI^e siècle. En fait, les forces aériennes pourraient en venir au stade où les seules armes non guidées employées seront des armes à tir direct telles que les canons Vulcan de 20 mm qui équipent les chasseurs comme les CF188.

Une persistance meurtrière

La tendance vers une meilleure intégration de la puissance aérienne dans les tirs interarmées n'est pas due à de nouveaux aéronefs pilotés de pointe, mais plutôt à des UAV de plus en plus perfectionnés et efficaces. L'évolution technologique est parvenue au point où ces engins sont devenus essentiels aux commandants des forces terrestres et aériennes, qui s'en servent pour bien visualiser l'espace de combat. Les UAV, qui ont d'abord été des avions-robots de surveillance (le Pioneer, par exemple) utilisés en grand nombre pendant *Desert Storm* au niveau tactique, ont évolué pour devenir des atouts stratégiques comme le Global Hawk. Leur autonomie se mesure en dizaines d'heures, et ils peuvent voler à des altitudes autrefois réservées aux avions de reconnaissance tels que le SR-71 et le U-2. Les RQ-1 Predator qui ont servi pendant l'opération *Allied Force* ont procuré aux commandants un aperçu des événements en temps réel au Kosovo, grâce à la transmission d'images au centre multinational des opérations aériennes, en Italie, qui dirigeait la campagne aérienne⁸². On a eu recours aux Predator pour identifier des cibles et amorcer ce qui est devenu la désignation de cibles à facteur temps critique (TST); c'était là un processus dont l'objet était d'identifier les cibles, d'obtenir la permission de les frapper et de les attaquer, elles qui avaient tout d'abord été repérées par un UAV. Ces engins avaient cependant des lacunes : par exemple, ils ne pouvaient fournir des données sur les points de cheminement d'une cible avec un degré d'exactitude suffisant pour en permettre l'attaque par des bombes guidées par GPS, mais la technologie a progressé pour amenuiser ces lacunes et maximiser l'utilité de ces véhicules aériens.

Les UAV modernes, tels que le MQ-9 Reaper, fournissent aux commandants un service permanent de RSR qui comprend maintenant un atout supplémentaire pour le commandant au sol : les MQ-1 Predator mis à niveau ont été armés de missiles AGM-114 Hellfire, tandis que les MQ-9 Reaper, c'est-à-dire une version plus grande du Predator, sont munis à la fois de missiles Hellfire et de bombes guidées de 550 lb (225 kilogrammes). Des UAV armés ont été utilisés pour la première fois aux tout débuts de la guerre mondiale contre le terrorisme, avec beaucoup de succès. Un AGM-114 lancé depuis un Predator a touché un camion, au Yémen, et tué un commandant haut placé d'al-Qaïda, en 2002⁸³. Ce fut le premier cas documenté où un UAV a servi à attaquer une cible avec succès, mais les missions de ce genre sont depuis devenues courantes en Iraq et en Afghanistan. Outre qu'ils peuvent conférer une persistance mortelle aux tirs interarmées, les UAV sont à même de circuler à la verticale de l'espace de combat sans se faire repérer. Flânant à haute altitude au-dessus d'une zone d'opérations, les UAV peuvent mettre à profit leurs faibles signatures visuelle et acoustique pour demeurer ainsi invisibles aux adversaires au sol⁸⁴.

82. Haulman, *U.S. Unmanned Aerial Vehicles*, p. 4-5.

83. Carl Doyon, « Le remplacement du CF-18 Hornet : le drone de combat ou l'avion de combat Joint Strike Fighter? », *Revue militaire canadienne*, vol. 6, n° 1, printemps 2005, p. 35, <http://www.journal.forces.gc.ca/vo6/no1/technolo-fra.asp> (consulté le 28 juin 2012).

84. L.S. Turner, J.T. Adair et L. Hamel, « Optimiser la persistance létale à Kandahar : intégration des UAV armés dans le combat tactique interarmées », *Journal de l'Armée du Canada*, vol. 13, n° 1 (printemps 2010), p. 126.

Les UAV « [...] parviennent à maturité à une époque caractérisée par les réseaux de communication des données, et ils intègrent cette technologie à fond »⁸⁵. En fait, l'adoption de plus nombreux systèmes de commandement et de contrôle réseautés a mis en lumière les avantages qu'il y a à inclure des UAV dans le plan de RSR d'une campagne : « [...] les opérations réseautées permettent, grâce aux UAV et aux munitions réseautées, de mieux exécuter les missions et d'accroître l'efficacité des plates-formes pilotées et spatiales⁸⁶. » Voici un exemple de la façon dont il est possible d'optimiser les capacités des UAV pour aider les avions avec pilote à attaquer des unités ennemies susceptibles d'empêcher ceux-ci d'utiliser totalement et librement l'espace aérien : pendant l'opération *Iraqi Freedom*, des avions Global Hawk ont été « [...] utilisés dans 55 p. 100 des missions TST menées contre les équipements ennemis de défense aérienne »⁸⁷. Une indication des tendances dans l'évolution des UAV se reflète dans ce que la USAF croit à ce sujet :

les systèmes-robots armés peuvent, dans certaines circonstances, offrir des solutions de rechange moins coûteuses et moins risquées que les avions pilotés pour exécuter des missions. Utilisés à l'attaque conjointement avec des avions pilotés ou avec d'autres avions-robots, les UAV [...] armés peuvent détruire ou neutraliser des éléments des systèmes ennemis de défense aérienne grâce à des armes cinétiques et non cinétiques⁸⁸.

De grandes tendances se sont manifestées dans la mise au point des systèmes aériens contribuant aux tirs interarmées, mais la création et l'utilisation des UAV armés constituent de loin la plus importante observée jusqu'ici.

La Force aérienne du Canada est consciente de cette tendance, mais elle n'a encore mis en service aucun UAV armé qui s'apparenterait au MQ-1 ou au MQ-9. Le CU161 *Sperwer* a été remplacé en Afghanistan par le CU170 *Heron* confiés à la Force aérienne. Le *Heron* bénéficie d'une capacité de RSR plus persistante que celle offerte par le *Sperwer* et il peut rester à son poste pendant 24 heures afin d'appuyer les commandants au sol. Les capacités limitées du *Sperwer* en ce qui concernait la RSR et la persistance ont montré que la Force aérienne devait mettre en service un UAV mieux à même de répondre aux besoins de ces commandants. Le *Heron* représente une amélioration sensible par rapport au *Sperwer* en ce sens qu'il renforce les moyens de RSR grâce au récepteur à rehaussement vidéo commandé à distance (ROVER)⁸⁹. Au sol, une unité équipée d'un ROVER peut recevoir des images transmises par n'importe quel système. Cet atout permet aux CAA de mettre précisément en lumière les cibles à attaquer, au moyen des images fournies par le *Heron*. Les commandants au sol peuvent aussi utiliser ce système pour mieux se sensibiliser à ce qui se passe dans une zone qu'ils ne peuvent observer directement à cause de la distance ou du relief du terrain⁹⁰. La Force aérienne est bien placée pour renforcer sensiblement la contribution soutenue qu'elle peut fournir aux tirs interarmées en exploitant les capacités désormais rendues possibles par les UAV modernes.

Il reste une dernière tendance à examiner, soit celle de la mise au point d'hélicoptères armés en vue de les intégrer dans l'équation des tirs interarmés; il faut aussi répondre à la question de savoir quand il convient le mieux d'utiliser ces avions. La « [...] norme chez les moyennes et

85. États-Unis, United States Air Force, *The U.S. Air Force Remotely Piloted and Unmanned Aerial Vehicle Strategic Vision*, Washington (DC), United States Air Force, 2005, p. 7.

86. *Ibid.*

87. *Ibid.*, p. 2.

88. *Ibid.*, p. 9-10.

89. Des détails sont fournis sur les capacités des capteurs du CU170 *Heron* dans le site <http://www.casr.ca/101-af-cu170-heron-uav.htm> (consulté le 28 juin 2012).

90. *Ibid.*

les grandes puissances de l'Alliance occidentale » consiste à inclure ces aéronefs polyvalents dans les flottes de combat de leurs forces armées, peu importe que ce soit l'armée de terre ou la force aérienne⁹¹. Par conséquent, les commandants au sol en sont venus à compter sur la souplesse que ces plates-formes offrent lorsqu'il s'agit de fournir un appui-feu à point nommé aux fins du schéma de manœuvre terrestre. Cela est particulièrement vrai dans la United States Army; celle-ci emploie des hélicoptères d'attaque spécialisés depuis la guerre du Vietnam, et sa principale plate-forme d'attaque est maintenant l'AH-64 Apache. Les aéronefs de ce genre ont été mis au point surtout parce que le commandant au sol peut ainsi exercer un contrôle direct sur une plate-forme qui fait partie intégrante de sa structure organisationnelle. C'est là une conclusion compréhensible qui, bien qu'elle soit peut-être une source de friction entre les commandants des éléments aériens et les commandants au sol, est quasi hors de propos. Comme nous en parlerons dans la prochaine section, ce qui est primordial relativement à la contribution que la puissance aérienne apporte aux feux interarmées, ce n'est pas la plate-forme qui fournit l'appui cinétique pendant le conflit, mais bien le genre d'appui cinétique qui est assuré. En deux mots, il s'agit ici d'une « approche axée sur les effets : on définit d'abord le résultat souhaité [...], puis les ressources nécessaires pour le produire »⁹².

L'élément manquant – Les hélicoptères armés

Dans les opérations menées en Afghanistan et en Iraq, les hélicoptères armés ont rendu des services inestimables lorsqu'il s'est agi de fournir des tirs interarmées. Toutefois, on a relevé chez ces appareils des lacunes qui portent à croire que, bien qu'ils jouent un rôle extrêmement important dans les opérations cinétiques, ils ne peuvent survoler impunément le champ de bataille; en outre, ils ne constituent parfois pas la meilleure plate-forme pour assurer le soutien nécessaire aux opérations terrestres. L'expérience a montré que les hélicoptères sont vulnérables aux tirs venant du sol, car ils volent à des basses altitudes et à des vitesses plus faibles quand ils assurent l'AAR ou qu'ils exécutent des attaques rapprochées (CCA)⁹³. Cela ne veut pas dire que les hélicoptères armés n'ont pas leur place sur le champ de bataille; c'est plutôt là une prise de conscience du fait que les commandants doivent trouver un juste équilibre entre les risques et les avantages quand ils choisissent la plate-forme qui fournira les tirs interarmées au moment où ils deviendront nécessaires.

L'opération *Anaconda*, exécutée dans la vallée de Shahi Kot, dans l'est de l'Afghanistan, du 2 au 16 mars 2002, est maintenant un exemple classique de ce à quoi ressemblent les combats dans les champs de bataille non linéaires où l'intégration complète des tirs interarmées s'impose. Cette opération, qui visait à chasser de la vallée les forces d'al-Qaïda et talibanes qui s'y trouvaient encore, a eu lieu à la fin de la première étape des opérations menées en Afghanistan⁹⁴. Au cours des deux semaines qu'ont duré les combats (auxquels ont pris part des troupes de huit pays, y compris l'Afghanistan), « [...] des bombardiers, des chasseurs, des hélicoptères et des hélicoptères de combat AC-130 ont assuré un AAR dans une minuscule zone de bataille mesurant environ huit milles marins sur huit (14,8 kilomètres sur 14,8) ». Pour donner une idée du rôle que l'AAR a joué, disons que pendant les 72 premières heures de l'opération, plus de 750 bombes ont été larguées dans cette petite zone⁹⁵. Tous les AH-64 qui ont alors pris part aux combats « [...] ont été endommagés. En fin de compte, quatre d'entre eux sont retournés au point avancé de réarmement et de ravitaillement

91. Thierry Gongora et Slawomir Wesolkowski, « À quoi une force d'hélicoptères tactiques équilibrée ressemble-t-elle? : comparaison internationale », *Revue de la Force aérienne du Canada*, vol. 1, n° 2 (été 2008), p. 16.

92. Lieutenant-colonel J. P. Hunerwadel, « The Effects-Based Approach to Operations », *Air & Space Power Journal*, printemps 2006, p. 57, <http://www.airpower.au.af.mil/airchronicles/apj/apj06/spr06/hunerwadel.html> (consulté le 28 juin 2012).

93. L'AAR et les CCA sont identiques, mais la United States Army emploie la description des CCA pour ne pas violer les termes de l'Accord de Key West qui décrivaient les rôles et les missions qu'allaient remplir la USAF et la United States Army.

94. États-Unis, United States Air Force, *Operation Anaconda: An Air Power Perspective*, p. 3.

95. *Ibid.*, p. 7.

(PARR), tandis que trois autres ont poursuivi la lutte malgré les dommages subis »⁹⁶. L'AAR fourni aux troupes dans la vallée a été si intense qu'au cours de l'opération, 235 bombes ont été lâchées par jour en moyenne, sans compter les tirs de mitraillage des chasseurs et l'appui-feu assuré par les hélicoptères de combat et les AC-130 Spectre⁹⁷. Cela atteste le rôle vital que l'aviation a joué au cours des combats. Les troupes qui livraient bataille n'avaient aucun appui d'artillerie organique et elles comptaient sur l'AAR pour obtenir la puissance de feu dont elles avaient besoin afin de dominer les échanges de feux et vaincre leurs adversaires.

La prochaine section montre comment, du point de vue doctrinal, le recours à l'aviation dans les tirs interarmées n'a pas été aussi efficace qu'il aurait pu l'être parce que l'on a mis l'accent sur les effets nécessaires plutôt que sur les plates-formes qui fournissaient l'appui. La Force aérienne n'a pris part à la planification du soutien nécessaire à l'opération que cinq jours avant la date prévue du début de la bataille. Cela signifie que « ni la composante terrestre ni la composante aérienne n'ont fait ce qu'elles devaient faire pour mettre sur pied un système de contrôle aérien dans le théâtre devant leur permettre de répondre aux demandes d'appui aérien »⁹⁸. Par conséquent, les aéronefs qui devaient « [...] compenser l'absence d'éléments d'armes combinées au sol » ont laissé aux AH-64 de la United States Army le soin de fournir l'appui aérien organique; les États-Unis pouvaient en effet utiliser ces derniers à leur guise, car la planification de l'opération leur avait incombé au premier chef⁹⁹. L'intensité des tirs d'armes portatives et de grenades propulsées par fusée a réduit le rôle des hélicoptères Apache à cause des dommages qu'ils subissaient, et les contrôleurs qui dirigeaient l'AAR ont dû miser sur les tirs interarmées des chasseurs, des bombardiers et des AC-130 pour obtenir l'appui dont ils avaient besoin sans exposer les équipages à des risques ingérables. Au cours de l'opération *Anaconda*, ce n'est pas que les hélicoptères armés ne pouvaient pas fournir les tirs interarmées nécessaires, mais plutôt qu'il y avait des plates-formes à voilure fixe aptes à fournir le même appui sans s'exposer aux mêmes risques; c'est pourquoi les hélicoptères n'ont pas été utilisés autant qu'autrement¹⁰⁰.

Un autre exemple illustre à quel point les hélicoptères risquent d'être exposés aux tirs venant du sol : il s'agit de l'attaque désastreuse lancée contre la Division irakienne Medina, le 24 mars 2003, par des AH-64 du 11^e Régiment d'aviation. Au cours de l'attaque, « [...] les hélicoptères se sont heurtés à des tirs intenses d'armes portatives et à des tirs d'armes de DCA légères avant de pouvoir s'approcher des blindés irakiens, et ils ont dû retourner à leur base après avoir infligé des dommages minimes »¹⁰¹. Après cet échec, la United States Army a apporté des changements non pas aux plates-formes, mais à leur emploi, pour s'assurer que les hélicoptères armés pourraient produire le meilleur effet possible. Les appareils Apache ont été utilisés pour exécuter des attaques dites « en profondeur » derrière la ligne de front, mais ils ont connu un succès maximum et fourni les meilleurs effets aux commandants au sol quand on s'en est servi comme aéronefs armés de reconnaissance, soit pour protéger un flanc, soit pour assurer une puissance de feu mobile dans le cadre du schème de manœuvre terrestre¹⁰². L'attaque avortée du 24 mars 2003 montre les dommages qu'un ennemi alerté peut causer à une attaque par hélicoptères quand « [...] l'objectif de leur attaque [devient] clairement prévisible [...] »¹⁰³. Par conséquent, en ce qui concerne l'utilisation des hélicoptères armés, la tendance

96. *Ibid.*, p. 66.

97. *Ibid.*, p. 101.

98. *Ibid.*, p. 6.

99. Lieutenant-colonel Collin T. Ireton, « Changer l'idéologie de soutien de l'U.S. Air Force pour exploiter les armes combinées dans le combat rapproché », *Air & Space Power Journal en français*, vol. V, n° 3 (automne 2009), p. 24.

100. *Ibid.*

101. Cordesman, *Iraq War*, p. 318.

102. *Ibid.*, p. 320-321.

103. *Ibid.*, p. 321.

n'est pas à en contester l'utilité, mais plutôt à faire en sorte que ces plates-formes essentielles soient employées dans des missions qui exigent leurs capacités particulières.

En deux mots, toutes les tendances dont nous venons de parler sont les prolongements de l'évolution de l'aviation et de ce qu'elle apporte au combat. La puissance aérienne doit répondre aux exigences d'un conflit, pour être « [...] capables de fournir une puissance destructrice évolutive, à l'aide d'une variété de mécanismes létaux, là où nos forces au sol en ont besoin et au moment où elles en ont besoin – tout en échappant à d'éventuelles menaces sur le champ de bataille »¹⁰⁴. En échappant aux menaces pour atteindre les cibles avec leurs armes, les aéronefs de combat pourront « [...] employer celles-ci à proximité des troupes ou loin d'elles [...], de jour ou de nuit et par mauvais temps »¹⁰⁵. Dans la prochaine section, nous verrons comment l'emploi de la puissance aérienne et la doctrine évoluent à la lumière des leçons retenues pendant les derniers conflits auxquels les puissances occidentales ont pris part. L'acquisition de la maîtrise de l'air demeure l'objectif fondamental des opérations menées sur terre, en mer et dans les airs. Les atouts que les armes guidées de précision et les armes de précision représentent aux fins des tirs interarmées accroissent considérablement l'efficacité de l'aviation dans les opérations cinétiques. Les changements apportés à la doctrine sur les tirs interarmées attestent ce constat; en effet, la distance de sécurité que les CAA maintiennent par rapport aux troupes amies, quand ils réclament des tirs interarmées avec des bombes à guidage au laser ou au GPS a diminué. Les vols continus de RSR (que les UAV de divers genres peuvent effectuer) sont devenus aussi essentiels aux opérations que le maintien de la maîtrise de l'air. Si les unités de RSR n'alimentaient pas en informations les cycles du renseignement et de désignation des objectifs, l'aviation ne serait pas aussi efficace qu'elle l'est maintenant. Enfin, quand ils sont employés judicieusement, les hélicoptères armés peuvent assurer un appui incroyable aux commandants au sol. La liberté de manœuvre et la puissance de feu que ces aéronefs apportent sur le champ de bataille sont inégalables, car les commandants des forces terrestres peuvent les intégrer étroitement dans leurs plans. L'avenir de l'aviation dans le contexte des tirs interarmées est prometteur, et les sections à venir montreront comment la Force aérienne du Canada pourra fournir à l'Armée canadienne les effets et les tirs interarmées dont elle aura besoin.

5. Améliorer le combat interarmées

Dans la section précédente, nous avons parlé des toutes dernières tendances s'étant manifestées dans l'utilisation de l'aviation, afin de préparer la discussion sur l'influence qu'auront ces tendances sur l'avenir de l'aviation et sur sa capacité de produire des effets cinétiques sur le champ de bataille de demain. C'est là une question importante à examiner, car c'est à partir de cette évaluation des effets que l'aviation aura dans l'avenir sur le champ de bataille que l'on pourra étudier l'avenir de la Force aérienne du Canada. Cette discussion arrive fort à propos pour cette dernière, au moment où l'on examine l'avenir des UAV chez elle, où le remplacement des CF188 approche, où des CH146 sont envoyés en Afghanistan et où la Stratégie de défense *Le Canada d'abord* accorde une importance primordiale à la défense du Canada. Afin de situer tous ces facteurs en contexte pour notre pays, il importe tout d'abord de parler des effets cumulatifs des tendances actuelles observées dans l'évolution de la puissance aérienne cinétique et dans sa capacité d'apporter une contribution dans les zones d'opérations.

La façon la plus facile de résumer comment on perçoit le rôle de la puissance aérienne dans les tirs interarmées consiste à dire, au niveau le plus élémentaire, que l'on y voit tout simplement une

104. Ireton, « Changer l'idéologie de soutien de l'U.S. Air Force », p. 25.

105. *Ibid.*

coopération accrue avec les forces terrestres et une intégration plus prononcée dans celles-ci. On en a vu les premiers signes pendant l'opération *Desert Storm*, mais le rôle n'a été pleinement identifiable qu'au cours des récentes opérations *Enduring Freedom* et *Iraqi Freedom*. Pendant l'opération *Desert Storm*, les planificateurs de la campagne aérienne se sont détournés à leur corps défendant de la campagne stratégique suivant le modèle de Warden qui consistait à ne plus faire de l'aviation une force subordonnée aux formations terrestres, mais capable de frapper l'appareil militaire et la société de l'ennemi en plein cœur, pour mener le combat¹⁰⁶. Les missions que l'aviation a exécutées pour appuyer les offensives terrestres, depuis les missions d'AAR remplies par les A-10 et les aéronefs des Marines jusqu'aux missions d'attaque rapprochée (AR) accomplies par les AH-64, n'étaient pas perçues comme étant aussi importantes que les attaques indépendantes du schème de manœuvre des forces terrestres¹⁰⁷. Cet isolement de l'aviation par rapport aux forces terrestres a perduré au-delà des années 1990 : il existait encore pendant l'opération *Allied Force* et il s'est introduit dans l'aviation de chasse canadienne, comme nous en avons parlé dans la section précédente. L'opération *Enduring Freedom* a renversé ce paradigme en vertu duquel des forces aériennes indépendantes attaquent des objectifs au-delà de la ligne de front et elle a obligé les chefs des forces aériennes occidentales à étudier sérieusement le rôle de l'aviation dans les tirs interarmées. L'opération *Iraqi Freedom* et les opérations qui ont suivi en Iraq et en Afghanistan jusqu'en 2010 ont renforcé l'idée que l'aviation est une pierre d'angle nécessaire aux fins des tirs interarmées. Dans les espaces de combat contemporains et futurs, l'aviation devra, pour conserver sa pertinence, participer aux tirs interarmées sur un pied d'égalité avec les forces terrestres. Les défenseurs de l'emploi de la puissance aérienne indépendamment des forces terrestres sont de moins en moins nombreux, à mesure que l'on évalue à fond les leçons retenues à l'issue des opérations *Enduring Freedom* et *Iraqi Freedom* et qu'elles sont intégrées dans la doctrine.

La doctrine de la supériorité terrestre de la USAF

La USAF élabore énergiquement sa doctrine sur l'emploi de la puissance aérienne dans les opérations contemporaines. Elle perçoit cette dernière, combinée à des atouts spatiaux, comme une sorte « de stratagème aérien dont l'objet est de briser la capacité d'un ennemi de combattre, en dirigeant des attaques bien orchestrées contre ses ressources militaires clés »¹⁰⁸. La toute dernière version de la doctrine de la USAF, intitulée *Counterland Operations*, a été publiée en 2006 après que l'on y eut inclus les leçons tirées des campagnes menées en Afghanistan et en Iraq. Ce qui est intéressant, c'est la façon dont certains vestiges de la pensée d'autrefois demeurent dans la doctrine de la USAF sur la supériorité terrestre, en ce qui concerne la division des missions entre l'IA et l'AAR. Cette opposition entre ces missions n'a pas ses racines dans le refus d'en admettre la nécessité, mais plutôt dans la question de savoir qui est l'autorité coordonnant les missions dans l'espace de combat. Dans le cadre des manœuvres aériennes, on peut recourir aussi bien à l'AAR qu'à l'IA pour attaquer l'ennemi, mais la nature de ces missions, qu'elles soient planifiées ou provoquées, risque de changer en fonction de l'effet qu'elles sont censées produire. Cette opposition nous ramène au débat qui persiste sur la question de savoir si l'aviation est une arme d'artillerie aérienne au service du commandant des forces au sol, ou si, dans les missions d'IA, elle est plus avantageusement employée contre des objectifs désignés comme étant essentiels à l'ennemi, suivant l'école de pensée de Warden.

La USAF définit comme suit l'AAR : « Intervention d'aéronefs à voilure fixe ou tournante contre des objectifs hostiles qui se trouvent très près de forces amies et dont la destruction nécessite une intégration complète de chaque mission aérienne et des tirs et mouvements de ces forces¹⁰⁹. »

106. Olsen, « Operation Desert Storm », p. 182.

107. *Ibid.*, p. 195-196.

108. USAF, AFDD 2-1.3, *Counterland Operations*, p. 2.

109. *Ibid.*, p. 6.

Tous conviennent que l'AAR doit être très contrôlé si l'on veut réduire le risque de toucher la mauvaise cible et d'attaquer des troupes amies au lieu de l'adversaire¹¹⁰. La coordination de l'AAR se fait aux stades de la planification avec des ECAT à tous les paliers de commandement, et ce sont les CAA qui, en dernier lieu, autorisent l'utilisation des armes. La définition de l'AAR est bien comprise du point de vue doctrinal, tout comme les avantages que l'AAR offre au commandant d'une force interarmées. L'aviation dispose « [...] de la vitesse, du rayon d'action et de la manœuvrabilité voulues pour permettre à ses unités d'AAR d'attaquer des cibles que d'autres armes d'appui risquent de ne pas pouvoir prendre à partie efficacement »¹¹¹. Par conséquent, l'aviation procure au commandant au sol la puissance de feu essentielle pour « [...] enrayer les attaques, aider à créer des percées, détruire des objectifs inopinés, couvrir les retraites et protéger les flancs »¹¹².

L'interdiction aérienne (IA) constitue le deuxième volet de la doctrine définie dans *Counterland Operations*. Elle a pour objet « [...] d'attaquer les moyens dont l'ennemi dispose pour combattre, en s'en prenant aux forces et aux infrastructures tactiques et opérationnelles [...]. Les missions d'IA sont exécutées tellement loin des forces amies que leur harmonisation détaillée avec les tirs et mouvements des forces amies n'est pas nécessaire »¹¹³. Pour les puristes de la puissance aérienne, les missions d'IA sont celles qui permettent le mieux de produire les effets cinétiques, si l'on suit les théories de Warden, Mitchell et Trenchard sur la puissance aérienne. Les opérations d'IA sont perçues comme visant à « [...] détourner, à désorganiser, à retarder, à endommager ou à détruire le potentiel militaire d'un ennemi avant que celui-ci ne puisse s'en servir efficacement contre les forces amies [...] »¹¹⁴. On admet que les missions d'IA permettent d'influer vigoureusement et profondément sur l'exécution d'une campagne. La mise au point de systèmes persistants de RSR pour trouver des objectifs inopinés (par exemple, l'emploi des Global Hawk pendant l'opération *Iraqi Freedom* pour repérer les systèmes irakiens de défense aérienne) et l'intégration d'armes plus précises ont fait des missions d'IA un atout très demandé en raison des effets qu'il peut produire. En ce qui concerne l'IA, la dichotomie est donc axée sur la façon dont on choisit les objectifs et sur la question de savoir à quelles fins ceux-ci sont attaqués. Les missions d'IA peuvent faire suite à une campagne aérienne contre des objectifs terrestres, ou être exécutées à l'appui de la campagne terrestre dans le cadre de ce que l'on appelle des « opérations de façonnage »¹¹⁵.

Optimiser l'appui aérien rapproché (AAR)

Le débat sur le contrôle des missions d'IA et d'AAR a ses racines dans la démarcation définies entre ces deux genres de mission. Quand on décrit ces deux types de mission, la distinction à faire se rapporte à l'interaction entre les avions et les troupes amies. On applique de nombreuses procédures différentes à la guerre pour soustraire les troupes amies à des tirs fratricides, et la force aérienne n'est pas exemptée de l'obligation de les suivre¹¹⁶. Comme c'est souvent le cas pour les mesures aériennes de contrôle, on trace, en vertu des procédures, une ligne pour permettre l'exécution sûre et efficace des opérations. En général, la ligne qui marque la différence entre les missions d'IA et d'AAR s'appelle ligne de coordination des feux d'appui (LCFA). D'habitude, toute mission menée à l'intérieur de la LCFA vers la position des troupes amies est une mission d'AAR qui doit être contrôlée par un CAA. Les missions exécutées au-delà de cette ligne sont en général des missions

110. *Ibid.*, p. 7.

111. *Ibid.*, p. 6.

112. *Ibid.*

113. *Ibid.*, p. 5.

114. *Ibid.*

115. Charles Kirkpatrick, *Joint Fires as They Were Meant to Be: V Corps and the 4th Air Support Operations Group During Operation Iraqi Freedom*, Arlington (Virginie), The Institute of Land Warfare, 2004, p. 2-3.

116. US, Joint Chiefs of Staff, JP 3-09.3, *Joint Tactics, Techniques, and Procedures for CAS*, p. I-4.

d'IA ne nécessitant aucune coordination avec les troupes amies, sauf si celles-ci sont déployées au-delà de la LCFA (p. ex., des forces spéciales)¹¹⁷. On peut voir que le cœur de la dichotomie entre les missions d'AAR et d'IA ne réside pas dans les exigences et les définitions leur étant propres, mais bien dans le placement de la LCFA. Autrefois, celle-ci était définie par des accidents géographiques bien précis qui étaient faciles à repérer depuis le sol et du haut des airs. L'intégration de la navigation par GPS dans les outils des forces aériennes et terrestres a rendu cette ancienne méthode désuète. Grâce à des moyens de navigation précis, la LCFA peut être tracée avec des points de longitude et de latitude. Elle peut donc être définie comme étant une ligne qui marque la portée maximale des pièces d'artillerie organiques que le commandant au sol contrôle¹¹⁸. C'est là une définition importante parce qu'au-delà de la portée de ces pièces, le commandant au sol ne peut pas attaquer de cibles et, par conséquent, il n'utilisera pas d'armes indirectes dans le même espace aérien que celui où circulent des aéronefs amis.

L'idéal que représente une LCFA fixée et définie en avant des forces amies donne de bons résultats dans les espaces de combat où ont lieu des opérations linéaires :

On recourt normalement à des opérations linéaires contre une force ennemie dispersée en profondeur sur plusieurs échelons, ou quand la menace pesant sur les LdC [lignes de communications] réduit la liberté d'action des forces amies. Dans de telles circonstances, les opérations linéaires permettent aux commandants de concentrer et d'intégrer la puissance de combat plus facilement¹¹⁹.

Pour trouver des exemples d'opérations linéaires, on se reporte aux deux guerres mondiales, à la guerre de Corée, à l'opération *Desert Storm* et aux premiers stades de l'opération *Iraqi Freedom*. Dans ces contextes, les opérations ont toutes été de haute intensité et de grande envergure et elles ont opposé des forces les unes aux autres; il existait des limites claires entre les forces amies et ennemies. Cependant, dans le cas d'*Enduring Freedom*, on n'a pas assisté à des opérations classiques de haute intensité; les lignes de partage entre les forces amies et ennemies et entre les non-combattants étaient floues.

Ce brouillage des lignes est le critère qui définit les opérations non linéaires. Dans de telles opérations :

[...] les forces s'orientent sur des objectifs, sans aucune référence géographique par rapport aux forces adjacentes. Les opérations non linéaires sont en général axées sur de multiples points décisifs et elles ne sont pas contiguës. Elles sont simultanées et suivent de multiples lignes d'opérations à partir de bases choisies¹²⁰.

Dans les opérations non linéaires, si les tirs interarmées ne sont pas bien contrôlés, le risque d'attaques fratricides augmente considérablement à cause de l'absence de positions amies facilement repérables. Même avant la chute de Bagdad, l'opération *Iraqi Freedom* avait commencé à acquérir des caractéristiques non linéaires. *Enduring Freedom* est l'exemple par excellence d'une opération non linéaire; le groupement tactique canadien dans la province de Kandahar continue de fonctionner depuis de nombreuses bases d'opérations avancées (BOA) différentes, à partir desquelles il combat

117. USAF, AFDD 2-1.3, *Counterland Operations*, p. 71.

118. *Ibid.*, p. 70.

119. *Ibid.*, p. 65-66.

120. *Ibid.*, p. 66.

les insurgés¹²¹. Par conséquent, la puissance aérienne doit s'adapter aux combats de ce genre pour garantir la contribution la plus efficace possible. Ces opérations non linéaires vont dans le sens du modèle de la guerre hybride dont nous avons déjà parlé et qui montre à quoi ressembleront les conflits de l'avenir.

Le concept de la LCFA demeure valide dans le cadre des opérations non linéaires. Cependant, cette ligne doit être située « [...] là où c'est la composante aérienne plutôt que la composante terrestre qui produit principalement les effets sur le champ de bataille. De cette façon, l'emplacement de la ligne accroît au maximum l'efficacité globale de la force interarmées [...]. L'histoire a montré que, si l'on place la LCFA trop loin, on réduit l'efficacité globale de la force interarmées et l'on risque même de procurer à l'ennemi un sanctuaire où il sera à l'abri d'une attaque aérienne efficace¹²². » La doctrine a pour objet de fournir aux forces un point de départ à partir duquel elles peuvent élaborer les tactiques, les techniques et les procédures (TTP) qui permettent le mieux de pointer leurs armes sur l'ennemi. C'est pourquoi elle ne doit pas gêner les efforts des unités qui combattent l'ennemi, mais plutôt leur faire complément.

L'idéal que représente la LCFA est logique, mais il faut l'adapter à la dynamique moderne de la guerre mobile, à une échelle n'ayant jamais été gérée sur un champ de bataille. L'acronyme LCFA s'accompagne d'un contexte culturel qui varie selon le point de vue adopté, soit celui des forces terrestres ou celui de la puissance aérienne. Il faut s'écarter carrément de cette ancienne conception de la LCFA, et l'on peut pour cela mettre à profit le travail déjà fait par d'autres armées. Le USMC emploie l'expression « ligne de coordination sur le champ de bataille » (BCL) pour décrire la ligne de partage entre les missions d'IA et d'AAR. La BCL est fixée à la limite de la portée maximale de l'artillerie organique, de sorte que les forces tant aériennes que terrestres peuvent facilement l'adopter¹²³. Il est important de trancher le débat doctrinal, car cela sert à cerner la meilleure façon d'utiliser les effets aériens pour procurer l'appui cinétique aux forces terrestres. Dans le contexte de la guerre hybride, le mélange de combats de haute et de faible intensité oblige les soldats à aller porter le combat chez l'ennemi et à stabiliser le théâtre d'opérations; la puissance aérienne ne peut pas accomplir cela à elle seule, mais elle peut faire complément aux efforts déployés au sol le long des lignes d'opérations.

Si l'on examine l'appui direct que l'aviation peut fournir à un commandant au sol, on voit que l'AAR l'emporte de loin sur le soutien que procurent les missions d'IA. La définition doctrinale de ces deux catégories de missions le montre clairement, tout comme l'application pratique de l'AAR sur le champ de bataille moderne. Cela vaut particulièrement pour les effets cinétiques dont l'aviation fait profiter les combats contemporains. C'est « [...] la mesure dans laquelle l'aviation a réussi à fournir, de jour, de nuit et par mauvais temps, un appui précis aux forces terrestres [qui] a convaincu les dirigeants de l'Armée [américaine] que celle-ci pouvait accroître la capacité de déploiement et la souplesse de ses forces en réduisant le soutien qu'elle fournit avec sa propre artillerie et en misant davantage sur la puissance aérienne »¹²⁴. L'AAR a évolué rapidement depuis la fin de la guerre froide en raison du contexte différent où les aéronefs ont été intégrés dans les tirs interarmées sur le champ de bataille. Les leçons retenues des opérations *Enduring Freedom* et *Iraqi Freedom* ont confirmé la maturité de la puissance aérienne dans le contexte des missions d'AAR visant à acquérir la supériorité terrestre. L'aviation est parvenue à ce stade de maturité grâce aux nouvelles armes

121. Les divers groupements tactiques canadiens qui ont combattu dans la province de Kandahar ont mis l'accent à divers degrés sur les BOA et les bases de patrouille, mais pour leurs opérations dans cette province, les Canadiens se sont servis des BOA comme de bases d'étape avancées pour combattre les insurgés.

122. USAF, AFDD 2-1.3, *Counterland Operations*, p. 69.

123. *Ibid.*, p. 71.

124. Pirnie et autres, *Beyond Close Air Support*, p. 3.

précises, à la navigation avec GPS et à l'amélioration des moyens de RSR qui renseignent mieux les commandants sur les combats ayant lieu sur le terrain.

Les leçons que l'on a retenues en recourant à l'AAR ont entraîné l'élaboration et l'application du concept selon lequel les CAA peuvent l'utiliser à trois niveaux de contrôle différents. Le premier niveau (AAR de niveau 1) est le plus restrictif, et le troisième (AAR de niveau 3), le moins restrictif. L'objectif consiste « [...] à offrir au commandant soutenu du plus bas niveau [...] la latitude voulue pour choisir le genre de contrôle de l'attaque terminale qui permettra le mieux d'accomplir la mission »¹²⁵. Avant que la doctrine de la supériorité terrestre parvienne à maturité et que l'on comprenne l'utilité accrue de l'AAR, une seule façon permettant de produire les effets voulus avec l'AAR et des CAA s'apparentait à l'AAR actuel de niveau 1.

Comme nous l'avons déjà mentionné, l'AAR de niveau 1 est la forme la plus restrictive des trois, et l'on s'en sert quand les troupes amies sont en contact rapproché avec l'ennemi. En fait, les bombes à guidage laser GBU-12 peuvent être larguées à 200 mètres au combat, sans que l'on doive lancer l'avertissement « Amis à proximité » avant l'engagement. Cette déclaration du commandant au sol signifie qu'il accepte le risque accru que les troupes amies subissent des pertes par suite de l'explosion d'armes à proximité de leurs positions. En fait, en acceptant le risque que les forces amies encaissent des pertes de 10 p. 100, un CAA peut contrôler des attaques menées à 75 mètres des positions amies avec des bombes à guidage laser GBU-12; cela montre à quel point les commandants au sol sont certains de la précision de l'AAR fourni avec des armes guidées¹²⁶. Les CAA appliquent « [...] un contrôle de niveau 1 quand l'évaluation des risques les oblige à faire l'acquisition visuelle de l'objectif attaqué et des coordonnées de l'aéronef attaquant »¹²⁷. L'AAR de niveau 1 est celui qui nécessite le plus de temps, car le CAA doit transmettre les coordonnées de l'objectif à l'aéronef attaquant, puis s'assurer de vive voix que l'équipage aérien repère, soit visuellement, soit avec des systèmes d'acquisition d'objectif tels que les nacelles infrarouges à vision frontale (FLIR), la position des forces amies et celle de l'objectif. L'AAR de ce genre est employé quand l'objectif est très proche des troupes amies, de sorte que le CAA doit « [...] veiller à ce que l'attaque ne nuise pas aux troupes amies, en faisant l'acquisition visuelle et en analysant la géométrie de l'attaque et la position du nez, afin de calculer le point d'impact de l'arme ». Avant « [...] les progrès récents des technologies propres aux systèmes aéronautiques, aux systèmes d'armes et aux munitions [...] », cette façon de fournir l'AAR était la seule dont les CAA disposaient pour attaquer des objectifs avec des aéronefs¹²⁸.

Afin de réduire le temps nécessaire pour larguer les bombes ou les missiles, on a mis au point d'autres façons de contrôler les munitions utilisées pour l'AAR. La création d'autres TTP aux fins de l'AAR n'a pas été motivée uniquement par le besoin de réduire le temps qu'il fallait pour franchir toutes les étapes de l'AAR de niveau 1. Avec le recours aux UAV dans le contexte de l'AAR, il est plus difficile pour les CAA de repérer visuellement les aéronefs attaquants parce que ceux-ci sont petits et font peu de bruit; ces deux atouts sont avantageux pour les attaquants, car l'ennemi ne se doute pas qu'il est sur le point d'être pris à partie. Outre le contrôle de niveau 1, « [...] on emploie le contrôle de niveau 2 quand [le CAA] souhaite diriger des attaques individuelles, mais qu'il décide que l'acquisition visuelle de l'aéronef attaquant ou de la cible visée n'est pas possible au moment d'utiliser les armes [...] »¹²⁹. Cette forme d'AAR met à profit les technologies récentes faisant appel « [...] à des liaisons numériques ou informatiques qui font voir le trajet des aéronefs et les points

125. US, Joint Chiefs of Staff, JP 3-09.3, *Joint Tactics, Techniques, and Procedures for CAS*, p. V 14.

126. *Ibid.*, p. D-2.

127. *Ibid.*, p. V-14.

128. *Ibid.*, p. V-16.

129. *Ibid.*, p. V-15.

d'intérêt pour les capteurs, [ce qui] améliore considérablement la connaissance de la situation, laquelle permet mieux au [CAA] d'autoriser le largage des armes [...] »¹³⁰. Cette forme de contrôle, que l'on associe aussi à l'AAR fourni avec des systèmes, est particulièrement intéressante, car le CAA n'a pas besoin d'être physiquement avec les troupes pour contrôler la phase finale de l'attaque. Grâce à des systèmes de liaison de données tels que le ROVER, les récepteurs bien équipés au sol peuvent montrer une vidéo en continu transmise depuis la nacelle de désignation d'objectifs d'un aéronef, et le CAA s'assure ainsi que la bonne cible a été repérée. Cette méthode peut être très efficace et permet de déclencher des attaques très rapides contre les menaces pesant sur les forces amies.

La dernière méthode de contrôle des aéronefs assurant l'AAR est celle du niveau 3. On peut y recourir « [...] quand l'évaluation des risques tactiques montre que les attaques menées aux fins de l'AAR s'accompagneraient d'une faible possibilité d'actions fratricides. Quand les commandants autorisent un contrôle de niveau 3, les [CAA] accordent à l'aéronef ou à l'escadrille attaquant la cible la permission d'effectuer un bombardement « en tapis » [...] »¹³¹. Le contrôle de niveau 3 est le moins restrictif de tous, mais c'est aussi le moins utilisé, car, bien que le CAA conserve alors le pouvoir d'annuler les attaques, il n'exerce pas un contrôle aussi étroit sur les attaques faites par chaque aéronef que dans le cas des deux autres niveaux.

Zones de référence géographique et méthode du clavier – Les attaques air-sol de l'avenir

Le contrôle de l'AAR a donc évolué pour profiter des technologies modernes telles que les armes guidées, les UAV et le ROVER. Les méthodes de contrôle décrites ci-dessus ont amélioré les TTP propres aux missions de supériorité terrestre exécutées pour appuyer directement les troupes au sol, mais les étapes de la procédure sont meilleures elles aussi en dépit de l'opposition que l'on a créée en définissant le placement de la LCFA. Les deux améliorations les plus importantes sont dues à la création des zones de référence géographique (GRA) (ou « kill boxes ») et des blocs intra-zone (clavier) pour l'AAR. Les GRA s'inscrivent dans la foulée de l'AAR de niveau 3 et, avec les blocs intra-zone y étant tracés dans, elles permettent aux CAA de contrôler les aéronefs dans une plus vaste partie de l'espace de combat. Ces deux outils « procéduraux » nécessitent une prise de conscience aiguë de la position des forces amies dans toute la zone d'opérations. Ces nouvelles procédures « [...] mettent l'accent sur les effets, en favorisant la mise en œuvre d'éléments conçus pour améliorer la priorisation et la synchronisation des tirs interarmes et des manœuvres, de manière à réaliser les objectifs du cmdt FI [commandant de la force interarmées] dans l'ensemble du théâtre¹³² ». Ainsi, il est possible de diviser systématiquement la zone d'opérations sans que l'emplacement de la LCFA restreigne les interventions au cours des opérations non linéaires.

La création des GRA et des blocs intra-zone est possible grâce aux coordonnées de navigation précises que les systèmes GPS fournissent aux aéronefs modernes. On peut diviser les zones d'opérations en GRA de 30 milles marins sur 30 milles marins (55,6 km sur 55,6 km) en se fondant sur le système de référencement de secteur, lequel est un « [...] moyen administratif de niveau opérationnel utilisé pour coordonner rapidement la répartition des secteurs géographiques aux fins de la synchronisation dans l'espace de combat et pour y éviter les conflits entre les missions »¹³³. À cet égard, l'outil standard est le système de référencement du réseau mondial (GARS). Celui-ci fait appel à un « [...] système de quadrillage comportant un identificateur simple et universel que

130. *Ibid.*

131. *Ibid.*

132. Jody Jacobs et autres, *Enhancing Fires and Maneuver Capability Through Greater Air-Ground Joint Interdependence*, Santa Monica (Californie), RAND, 2009, p. xiii.

133. USAF, AFDD 2-1.3, *Counterland Operations*, p. 72.

peuvent reconnaître chaque composante ainsi que ses éléments connexes de commandement, de contrôle et d'attaque. Trois chiffres suivis de deux lettres décrivent un secteur unique de 30 minutes sur 30 minutes (55,6 km sur 55,6 km). [...] Le GARS est très utile pour faciliter les attaques rapides contre les cibles à facteur temps critique (TST) et pour exclure promptement des aires de destruction les positions des forces amies [...] ¹³⁴. » Pour définir une GRA, on utilise le GARS, mais on ajoute une troisième dimension (soit celle de l'altitude) pour circonscrire l'espace des tirs interarmées. Une fois ces GRA établies, « [...] leur objet principal consiste à permettre aux unités aériennes d'exécuter des missions d'interdiction contre des cibles au sol sans autre forme de coordination avec le commandant ayant défini les aires et sans contrôle terminal » ¹³⁵. Les GRA peuvent être subdivisées en blocs de 10 milles marins sur 10 milles marins (18,5 km sur 18,5 km) qui confèrent aux commandants au sol plus de souplesse pour faire participer les aéronefs aux tirs interarmées. Par exemple, ils peuvent interdire les attaques aériennes dans un quadrant d'une GRA en raison de la présence de troupes amies, mais les attaques peuvent demeurer possibles dans un autre où elles ne nécessitent aucun contrôle terminal de la part d'un CAA. La souplesse que ces procédures engendrent favorise au maximum les déplacements rapides de l'aviation au-dessus de l'espace de bataille et la production d'effets aériens par elle au cours de la campagne :

Une combinaison de GRA et de MCAF [mesures de coordination de l'appui-feu] classiques, par exemple quand une seule grande avance a lieu depuis un champ de bataille linéaire classique [comme ce fut le cas pendant l'opération *Iraqi Freedom*]. Ici, la LCFA peut être employée pour les forces terrestres qui progressent plus lentement, et le commandant local de la composante terrestre de la force interarmées (JFLCC) peut créer un système de GRA en avant d'une avancée rapide ou derrière elle. Cela permet d'exécuter des attaques aériennes plus efficaces contre des forces terrestres ennemies avec lesquelles les forces amies ne sont pas encore en contact [...] surtout pendant des opérations non linéaires ¹³⁶.

Les GRA ne peuvent être exploitées à fond que si les commandants des forces terrestres et aériennes coopèrent ensemble pour vaincre une force ennemie, qu'il s'agisse d'une formation massive ou de petits détachements, peu importe la nature du conflit.

L'efficacité de ces nouvelles méthodes de coordination est fonction de l'endroit où est tracée la ligne de démarcation entre les zones d'IA et d'AAR. Le commandant au sol veut maximiser la taille de sa ZO et la rendre suffisamment vaste pour pouvoir y employer toutes les ressources organiques relevant de lui. Pendant l'opération *Iraqi Freedom*, le commandant de la composante terrestre de la force interarmées a délimité la ZO du V^e Corps d'armée de manière à « [...] pouvoir utiliser au maximum ses systèmes organiques, attribués et d'appui » ¹³⁷. Cela signifie qu'il s'est servi de l'aviation pour disposer le corps d'armée sous un contrôle étroit, car la LCFA avait parfois été fixée à 100 km au-delà des troupes amies. Des aires de destruction avaient été définies, mais elles n'ont pas été ouvertes souvent, car l'établissement de la LCFA si loin en avant ne permettait pas l'emploi souple de la puissance aérienne pour décimer les forces adverses avant que les troupes amies n'entrent en contact avec elles. En fait, en se ruant vers Bagdad, la United States Army a effectivement, par ses manœuvres, débusqué des unités dûment formées de l'Armée irakienne. Des aires de destruction ont été ouvertes, et l'aviation a pu matraquer les forces ennemies au point de les rendre inaptes au combat; c'est le sort qu'a subi la 10^e Brigade blindée irakienne, le 2 avril 2003 ¹³⁸.

134. *Ibid.*, p. 73.

135. *Ibid.*, p. 74.

136. *Ibid.*, p. 77.

137. Jacobs and others, *Enhancing Fires and Maneuver Capability*, 12.

138. Kirkpatrick, *Joint Fires as They Were Meant to Be*, p. 15.

Du point de vue des commandants d'une composante aérienne, l'IA est la meilleure méthode pour attaquer un adversaire posté au-delà de la portée des tirs interarmées terrestres. Cependant, le fait que ces commandants ne veulent pas « [...] s'associer de trop près aux opérations terrestres s'explique sans doute par une culture en vertu de laquelle ils craignent de compromettre leur indépendance et de céder leur capacité nouvellement acquise de jouer un rôle décisif dans les opérations de supériorité terrestres au niveau du théâtre »¹³⁹. Toujours du point de vue de ces commandants, la seule façon dont la puissance aérienne pourra exploiter à fond le rayon d'action et la vitesse des aéronefs au-dessus de l'espace de combat consistera à exécuter des missions d'IA de manière à profiter « des ouvertures opérationnelles créées quand les forces ennemies seront forcées de se découvrir par suite des manœuvres des forces terrestres amies »¹⁴⁰.

C'est ce dernier thème, c'est-à-dire la prise à partie de forces ennemies réagissant aux manœuvres de troupes amies, qui est la clé d'une coopération accrue entre les commandants interarmées cherchant à l'emporter sur le champ de bataille. La doctrine doit évoluer pour devenir véritablement interarmées et favoriser l'exploitation des capacités particulières aux différentes armées. Parfois, un commandant au sol pourra recevoir l'appui de la puissance aérienne fournissant des tirs interarmées dans le cadre de l'AAR; en revanche, le commandant d'une force aérienne pourra bénéficier d'un soutien quand des forces terrestres amies exécuteront des manœuvres pour débusquer des forces ennemies et les exposer ainsi aux attaques de ses aéronefs¹⁴¹. Des troupes amies, par exemple des forces spéciales opérant derrière les lignes ennemies, peuvent repérer des cibles qu'attaqueront ensuite des aéronefs exécutant des missions d'IA. Cette actualisation des cibles en temps réel n'équivaut pas à un AAR, car les troupes amies ne sont pas en contact avec l'ennemi, mais elles demeurent dissimulées; on a décrit cette tactique comme étant une frappe de précision assistée depuis le sol, et elle a été utilisée avec beaucoup de succès au tout début de l'opération *Enduring Freedom*. En fait, des bombardiers tels que des B-52 et des B-1, qui avaient été considérés jusque-là comme étant des aéronefs stratégiques, ont pu remplir ces missions tactiques et obtenir d'excellents résultats grâce à leur formidable temps sur zone et à leur charge utile considérable¹⁴².

Vers l'élaboration d'une nouvelle doctrine pour le Canada

La doctrine doit évoluer afin de mettre à profit l'arme de feu que la puissance aérienne ajoute aux tirs interarmées et à leur contribution à la victoire sur le champ de bataille, qu'il s'agisse d'un conflit de haute densité ou d'une insurrection (guerre hybride). Il faut établir la ligne de démarcation entre l'AAR et l'IA comme étant un compromis entre les vœux du commandant au sol souhaitant modeler le champ de bataille aux fins des opérations terrestres et le désir du commandant de la composante aérienne de permettre l'attaque des forces ennemies sans les procédures contraignantes propres à l'AAR. On peut remplacer la LCFA entièrement par des zones de référence géographique (GRA) classiques et des blocs intra-zone, de manière à exploiter les outils modernes de navigation et de connaissance de la situation :

Dans de nombreuses applications, la création de GRA et de leurs subdivisions représente un meilleur moyen de délimiter l'espace de combat que les lignes traditionnelles, surtout pendant les opérations rapides et fluides comme celles envisagées dans les programmes actuels de transformation des forces militaires¹⁴³.

139. Jacobs et collaborateurs, *Enhancing Fires and Maneuver Capability*, p. 16.

140. *Ibid.*

141. Pirnie et collaborateurs, *Beyond Close Air Support*, p. 84-86.

142. Theisen, *Ground-Aided Precision Strike*, p. 11.

143. Pirnie et collaborateurs, *Beyond Close Air Support*, p. 82.

Ce n'est pas un gigantesque acte de foi que d'envisager l'appui aérien fourni dans l'avenir à un commandant au sol au-delà du paradigme de l'AAR faisant de la LCFA la limite à l'intérieur de laquelle les interventions sont possibles. À cette fin, on peut voir la puissance aérienne comme faisant complément à l'arme terrestre : elle peut être le partenaire qui fournit ou reçoit l'appui dans le cadre des tirs interarmées.

Une excellente occasion se présente maintenant de faire évoluer la doctrine canadienne rapidement et d'y établir le cadre à la faveur duquel la Force aérienne du Canada (Force aérienne) et l'Armée pourront amorcer une nouvelle relation axée sur la symbiose moderne entre l'aviation et les forces terrestres. La *Doctrine aérospatiale des Forces canadiennes* n'aborde aucune question n'étant pas d'ordre stratégique; par conséquent, elle ne donne qu'un aperçu de l'emploi de la puissance aérienne en tant que partenaire fournissant, ou recevant, l'appui. La doctrine canadienne ne définit pas l'interaction entre la puissance aérienne et les forces terrestres sur le champ de bataille, sauf dans le document de l'Armée canadienne intitulé *Puissance de feu* (1999), lequel fait de la LCFA, définie par le commandant au sol, la ligne de démarcation entre les missions à accomplir pour réaliser un appui aérien de divers niveaux¹⁴⁴. On peut remédier à cette lacune frappante dans la doctrine des Forces canadiennes, d'où viendront les TTP, en y incluant les concepts modernes sur la façon dont la puissance aérienne peut le mieux contribuer aux tirs interarmées. On ne trouvera pas ce morceau aérien absent du casse-tête des tirs interarmées dans des lignes tracées au sol telles que la LCFA ou la BCL, mais bien dans l'adoption souple des outils que sont les zones de référence géographique (« kill box ») et les blocs intra-zone.

Le commandant d'une force interarmées (JFC) qui adoptera cette nouvelle façon de mener les opérations de supériorité terrestre se dotera d'un multiplicateur de force. Le concept de base est fort simple : un quadrillage fondé sur le GARS est défini comme étant soit une zone de manœuvre, soit une zone de combat rapproché. La première est un secteur où « [...] il n'y a aucune force amie au sol et où l'aviation peut agir sans contrôle terminal, mais où toutes les frappes sont intégrées dans le schème de manœuvre planifié des forces terrestres¹⁴⁵ ». La seconde contient des troupes amies, et toute contribution des aéronefs aux tirs interarmées doit y être contrôlée par un CAA¹⁴⁶. Cette subdivision d'une ZO au moyen d'un quadrillage, utilisée comme outil de commandement et de contrôle, maximise les avantages des opérations réseautiques. La connaissance accrue de la situation qu'engendrent ces opérations permet aux commandants des forces aériennes et terrestres d'échanger des renseignements sur la progression de leurs opérations propres, ce qui favorise la synchronisation de leurs efforts qui visent à la réalisation du but commun, soit remporter la victoire sur le champ de bataille.

Un autre genre de mission a évolué au point d'être inclus dans la doctrine : il s'agit des missions axées sur le concept du GARS. Comme nous l'avons déjà mentionné, ce concept a été appliqué avec beaucoup de succès pendant l'opération *Enduring Freedom*. De petites unités de forces spéciales ont été déployées dans le théâtre avant l'arrivée de forces conventionnelles plus nombreuses. Les forces spéciales avaient pour tâche de repérer les cibles devant être attaquées depuis les airs; les aéronefs attaquants n'avaient aucune description de leurs objectifs avant de partir en mission et ils en recevaient les coordonnées, une fois que ces derniers avaient été désignés par les forces spéciales. La tactique axée sur le GARS est facile à employer, car des attaques aériennes standards peuvent alors être exécutées contre n'importe quel objectif qui a été désigné. Le rôle essentiel de coordination, dont

144. Canada, Ministère de la Défense nationale, B-GL-300-007/FP-002, *Puissance de feu*, Ottawa (Ont.), Ministère de la Défense nationale, 1999, p. 49.

145. Pirnie et collaborateurs, *Beyond Close Air Support*, p. 83.

146. *Ibid.*

l'objet est d'exclure du secteur visé les troupes amies, peut être joué par des forces spéciales secrètes qu'un commandant au sol envoie dans le secteur expressément pour repérer des objectifs en fonction de lignes d'opérations définies dans un plan de campagne global. Le GARS est un excellent outil pour intégrer les missions d'IA dans le plan de campagne d'un JFC, sans que celui-ci doive renoncer à la souplesse inhérente aux missions de ce genre¹⁴⁷.

Des missions d'IA peuvent être accomplies dans les GRA (« kill boxes ») ouvertes contre des objectifs désignés d'avance, mais le concept du GARS montre qu'elles pourraient l'être, avec l'appui de troupes au sol, contre des objectifs inopinés. Ceux-ci peuvent être pris à partie par des aéronefs volant dans les GRA et ayant une liste des catégories prioritaires d'objectifs. Ces missions s'apparentent aux vols de reconnaissance armée qui ont été exécutés avec succès pendant la Seconde Guerre mondiale par les Alliés en Europe, après l'invasion de la Normandie¹⁴⁸. Elles comportent un double danger pour un JFC. Tout d'abord, il appartient à l'équipage aérien de repérer des cibles autorisées aux termes des lois internationales sur les conflits armés. Cela n'est pas toujours facile, comme en font foi les cas où des civils ont été pris, à tort, pour des soldats serbes au cours de certaines attaques menées pendant l'opération *Allied Force*. En second lieu, ces missions doivent aller dans le sens des objectifs globaux du JFC. Les équipages aériens ne peuvent pas attaquer des cibles au hasard; ils doivent plutôt frapper des cibles dont la destruction contribuera à l'usure de la puissance de combat de l'adversaire, avant que celui-ci n'entre en contact avec les forces amies. Par conséquent, une modification éventuelle des missions de reconnaissance armée consistera à utiliser des UAV à grande autonomie pour identifier les cibles à attaquer une fois obtenue la sanction des autorités de commandement et de contrôle, de manière que soient respectées les règles juridiques et opérationnelles applicables aux attaques.

Les changements doctrinaux décrits plus haut se prêtent bien aux opérations linéaires dans les conflits de haute intensité, là où l'on a acquis la maîtrise de l'air. Pour que les aéronefs puissent manœuvrer sans entrave et attaquer les objectifs avec efficacité dans le contexte des missions de supériorité terrestre, il leur faut bénéficier de la maîtrise de l'air; cela est particulièrement vrai dans le cas de l'AAR, car les aéronefs volent alors dans des secteurs assez réguliers pour exécuter des attaques sous la direction des CAA. Cependant, ces missions de supériorité terrestre et les changements doctrinaux recommandés ne concordent pas bien avec les opérations non linéaires. Cela vaut pour les missions d'IA dans le contexte d'une guerre hybride qui est passée au stade des opérations de stabilité. Au début d'une telle guerre, des missions d'IA peuvent être accomplies dans des GRA ouvertes. Toutefois, la puissance aérienne sera plus vraisemblablement utilisée pour l'AAR de niveau 2 avec des règles d'engagement autorisant l'attaque d'objectifs confirmés qui n'attaquent pas nécessairement les troupes amies. Par exemple, on peut utiliser une vidéo en continu pour repérer des objectifs dont l'attaque a été décidée. On emploie les procédures de l'AAR pour contrôler les attaques et faire en sorte que des cibles autorisées sont attaquées; pendant les opérations de stabilité, si des interventions tactiques se soldent par l'attaque d'objectifs non autorisés, cela risque d'entraîner des conséquences stratégiques qui mineront la mission. On peut employer le même système de quadrillage pour les opérations linéaires et non linéaires. La seule différence réside dans la mesure où les GRA sont ouvertes pour les attaques d'IA et dans le nombre de celles-ci qui sont fermées; cela nécessite donc un contrôle terminal de la puissance aérienne pendant les tirs interarmées¹⁴⁹.

Il serait naïf de croire que l'actualisation de la doctrine canadienne, c'est-à-dire le remplacement de la LCFA par un système GARS axé sur les zones de référencement géographique (« kill boxes ») aux fins des opérations de supériorité terrestre, aura un effet profond sur la doctrine américaine. Il faut

147. Theisen, *Ground-Aided Precision Strike*, p. iii.

148. Antony Beevor, *D-Day et la bataille de Normandie*, Paris, Calmann-Lévy, 2010, 2009, p. 532.

149. Jacobs et collaborateurs, *Enhancing Fires and Maneuver Capability*, p. 41-43.

prendre celle-ci en considération en raison de l'influence que les forces armées américaines exercent sur les opérations mondiales, vu leur taille. Les États-Unis seront premiers parmi leurs pairs dans toute opération menée par une coalition dans l'avenir, et leur *modus operandi* déterminera la façon dont les opérations seront gérées et exécutées. Toutefois, la doctrine et les TTP du Canada peuvent tendre vers demain et s'adapter aux nouvelles technologies. Avec des soldats bien équipés et entraînés appliquant des TTP fondées sur la doctrine en devenir, les forces expéditionnaires canadiennes peuvent s'intégrer harmonieusement dans les opérations des forces de coalition. L'inverse n'est pas vrai, car, sans le bon matériel réseaucentrique, les forces ne peuvent pas s'intégrer dans les structures de commandement et de contrôle de l'avenir. Ces systèmes ne sont pas propres aux opérations expéditionnaires, car on peut aussi les appliquer aux opérations intérieures pour répondre ainsi aux exigences de la Stratégie de défense *Le Canada d'abord*.

Les FC sont parvenues à un carrefour lorsqu'il s'agit d'examiner la doctrine des opérations de supériorité terrestre. Il est clair que la puissance aérienne a un rôle clé à jouer pour fournir des tirs interarmées à un JFC chargé de diriger une opération. La Force aérienne du Canada a l'occasion de montrer la voie à suivre et de faire voir comment les FC peuvent utiliser la puissance aérienne pour produire des effets cinétiques au sol dans le contexte des opérations futures. Cette évaluation peut aboutir à une doctrine qui orientera l'acquisition des équipements dans l'avenir. Nous avons déjà ici précisé comment il faudra prendre dans le proche avenir des décisions sur la façon dont la Force aérienne remplacera des équipements dont la fin de la durée de vie approche. C'est là une occasion d'acquérir les équipements qui répondront dans l'avenir aux exigences des tirs interarmées quant à la puissance de feu et à la RSR, alors que les leçons tirées des opérations de la dernière décennie seront intégrées dans la doctrine de demain. Dans la prochaine section, nous verrons donc comment ce contexte peut mener à l'achat des équipements qui permettront le mieux à la Force aérienne de produire les effets aériens voulus dans le cadre des opérations de supériorité terrestre.

6. Quelle direction le Canada doit-il prendre maintenant?

Quand on s'interroge sur la façon dont la Force aérienne du Canada de l'avenir pourra le mieux accomplir les missions de supériorité terrestre, il importe de se concentrer sur les capacités nécessaires et non sur les plates-formes particulières qui conviendraient à ces missions. Cela s'impose parce que certains aéronefs peuvent se charger également de différentes missions avec un même degré d'efficacité. Par exemple, le CF188 polyvalent excelle tout autant dans l'IA que dans l'AAR, mais les modèles actuels d'UAV armés ne sont pas à même d'exécuter des missions d'IA en plus des vols d'AAR. La Force aérienne n'est pas la seule à réfléchir à la façon de structurer ses ressources au moment où elle entre dans une nouvelle période d'acquisition d'équipements. Toutes les principales forces aériennes occidentales sont en train d'assimiler les leçons tirées des opérations *Allied Force*, *Enduring Freedom* et *Iraqi Freedom* afin de définir la composition optimale des forces de l'avenir qui produira les bons effets aériens, au bon moment et contre les bons objectifs. En intégrant la puissance aérienne dans l'équation des tirs interarmées, on s'assurera que les missions de supériorité terrestre soient menées à point nommé et qu'elles soient utiles au moment de leur exécution. Je dis « à point nommé » parce que ces effets doivent être fournis aux troupes amies au moment nécessaire, et « utiles », en ce sens que les objectifs ennemis frappés, surtout dans le contexte des missions d'IA, doivent faire partie de ceux que vise l'attaque synchronisée.

Quand on examine la Force aérienne du Canada du XXI^e siècle, il importe de délimiter la conversation en faisant de la *SDCD* la pierre angulaire de l'évolution de la structure de la Force aérienne. Dans cette perspective, on voit clairement comment les aéronefs qui seront employés au

Canada aux fins de la première mission définie dans la *SDCD*, à savoir l'exécution quotidienne d'opérations nationales et continentales, auront aussi les moyens d'exceller dans les missions des 5^e et 6^e catégories précisées dans la *SDCD* et de participer à un déploiement international de courte ou de longue durée. Dans les trois scénarios génériques dont nous avons parlé plus tôt, la Force aérienne du XXI^e siècle pourrait comprendre des avions de chasse, des UAV armés et des hélicoptères armés. L'aéronef qui remplacera le CF188 pourra produire des effets cinétiques favorables à la supériorité terrestre dans toute la gamme éventuelle des opérations de l'avenir proche et lointain. Un UAV armé est idéal pour remplir une longue mission de RSR dans le cadre des opérations nationales, mais, et c'est là un aspect plus important dans le contexte des opérations expéditionnaires, il peut remplir le même rôle tout en étant doté d'armes pour fournir des effets cinétiques, au besoin. Il existe une lacune dans les capacités de la Force aérienne contemporaine, au chapitre de la supériorité terrestre, et c'est l'absence d'un hélicoptère muni de moyens de détection et de tir.

Si l'on catégorise les missions de supériorité terrestre, on constate clairement que seul un avion de chasse piloté est actuellement à même de répondre aux exigences que comportent les missions d'IA dans le cadre des opérations de haute intensité¹⁵⁰. Il n'y a pas à douter que, dans l'avenir, il existera un aéronef autonome qui pourra exécuter les scénarios complexes inhérents aux missions d'IA. La complexité de celles-ci résulte de l'intégration des aéronefs travaillant ensemble pour appuyer et protéger les appareils qui attaquent effectivement les objectifs. Une mission d'IA nécessitera presque toujours un ravitaillement en vol avant et après l'attaque. Il faut un moyen souple d'exclure les éléments amis de la zone visée, pour contrecarrer l'activité des IADS ennemis. Il n'existe actuellement aucune documentation faisant allusion à une plate-forme non pilotée que la Force aérienne du Canada pourrait acheter au cours des cinq prochaines années¹⁵¹. Ce délai est important, car la mise au rancart des CF188 doit commencer en 2017. Pour que le remplaçant du CF188 entre en service, un contrat doit être mis au point au cours des prochaines années. Il s'ensuit que l'aéronef qui succédera au CF188 sera un autre chasseur polyvalent piloté capable non seulement d'exécuter les missions du NORAD, mais aussi de participer, en déploiement, à des opérations expéditionnaires de haute ou de faible intensité¹⁵².

La USAF et la Royal Air Force ont toutes deux mis de plus en plus l'accent sur le déploiement d'UAV pour appuyer les opérations terrestres en Iraq et en Afghanistan. En 2006, la USAF a fait connaître sa vision stratégique des 25 prochaines années, en ce qui concernait l'emploi des UAV; cette vision prévoit l'expansion de la flotte d'UAV afin de procurer aux commandants des opérations, partout dans le monde, un soutien accru en matière de RSR¹⁵³. Du point de vue des opérations de supériorité terrestre, il est clair que la USAF a opté pour les résultats particuliers que les UAV (le MQ-9 Reaper, p. ex.) peuvent produire pour les commandants. La Force aérienne du Canada (Force aérienne) tire de l'arrière pour ce qui est de mettre en service des UAV armés. Le CU170 Heron, qui a remplacé le CU161 Sperwar, est à coup sûr une meilleure plate-forme de RSR, mais il n'a toujours pas la capacité de produire des effets cinétiques en plus de fournir un soutien RSR de longue durée aux commandants à tous les niveaux.

Il faut remplacer le CU170 apte à remplir des missions de RSR de longue durée par une plate-forme qui pourrait fournir les mêmes services de RSR, mais qui serait aussi munie d'armes précises pour assurer un AAR de niveau 2 aux forces déployées. La Force aérienne doit s'intéresser avec

150. Thierry Gongora, *Future Combat Air Operations System: Initial Assessment of Roles and Options*, Ottawa (Ontario), ministère de la Défense nationale, Division de la recherche opérationnelle, 2003, p. 36.

151. Doyon, « Le remplacement du CF-18 Hornet », p. 35.

152. *Ibid.*, p. 39-40.

153. USAF, *U.S. Air Force Remotely Piloted Aircraft*, p. 22-27.

enthousiasme à l'acquisition d'une plate-forme possédant une autonomie plus grande qu'un chasseur piloté et pouvant emporter une bombe à guidage au laser ou par GPS et placée sous le contrôle d'un CAA au stade terminal de l'attaque.

Le principal fondement de ce raisonnement réside dans le coût de ces plates-formes. Le coût d'un MQ-9, l'UAV armé le plus répandu, atteint 10 millions de dollars américains. Le prix du chasseur piloté de la prochaine génération que la Force aérienne du Canada (Force aérienne) se procurera variera entre 50 millions de dollars américains, dans le cas du F18 E/F Super Hornet, et 80 millions, dans celui du F35 Lightning II. Dans la Stratégie de défense *Le Canada d'abord*, le gouvernement canadien a indiqué qu'il comptait acheter 65 chasseurs de la prochaine génération pour remplacer les CF188¹⁵⁴. Compte tenu des plans de guerre classifiés du NORAD et des engagements du Canada envers l'OTAN, une flotte de 65 aéronefs ne laisse pas à la Force aérienne un très grand nombre d'appareils pouvant être déployés dans une grande opération internationale si, parallèlement, le niveau de la menace au Canada exige qu'il affecte plus d'aéronefs exclusivement aux missions du NORAD. Ce scénario, qui prévoit l'accroissement du nombre d'appareils en état d'alerte pour le NORAD, n'est pas sans précédent : il s'est en effet produit le lendemain des attentats terroristes du 11 septembre 2001¹⁵⁵. Si la Force aérienne veut conserver la capacité d'envoyer des avions de chasse participer à des opérations expéditionnaires, il lui faudra plus que 65 appareils pour remplacer les CF188; quelles que soient les capacités de l'aéronef, la question se résume au nombre d'aéronefs affectés exclusivement au service du NORAD, car de ce nombre dépendra le nombre d'appareils que le Canada pourra envoyer en déploiement à l'étranger.

Il faut mettre en balance le désir de posséder de plus nombreux chasseurs pilotés pour participer à des opérations internationales, d'une part, et la probabilité que les plates-formes aillent mener des opérations expéditionnaires cinétiques, d'autre part. Les gouvernements Chrétien, Martin et Harper ont tous envoyé les Forces canadiennes au combat, mais les conflits qui s'annoncent n'en seront pas de haute intensité. Il est très dangereux de tirer des conclusions sur la nature des conflits de l'avenir prévisible en se fondant sur les récentes guerres auxquelles ont participé les grandes puissances occidentales, et l'on songe tout de suite à la mise en garde contre la tendance à se préparer à une guerre en s'inspirant de la dernière que l'on a livrée. Cependant, la réalité à laquelle la Force aérienne du Canada fait face est que les fonds dont le Ministère dispose dans l'ensemble pour les projets d'immobilisations, tels que celui de l'avion de chasse de la prochaine génération, sont limités. Bien que les gouvernements ayant dirigé le Canada jusqu'ici au XXI^e siècle aient tous engagé des forces dans la lutte mondiale contre le terrorisme, la probabilité que des aéronefs canadiens soient envoyés faire une guerre qui les obligera à exécuter des missions d'IA dans des pays étrangers munis d'un robuste IADS, comme ce fut le cas en Serbie, est faible. Le scénario plus probable dont les troupes canadiennes feront l'expérience dans l'avenir sera celui des opérations de stabilité dans les États en déroute ou en voie de déroute tels que l'Afghanistan. L'AAR dont les troupes auront besoin dans ces théâtres peut être fourni par des UAV armés qui procurent aussi aux commandants au sol les services de RSR de longue durée dont ils ont un besoin vital.

Cela ne veut pas dire que des chasseurs pilotés ne seront pas envoyés dans un théâtre d'opérations pour y exécuter des missions d'AAR. Un scénario intéressant se produirait si des chasseurs pilotés étaient guidés vers leurs cibles grâce au travail de RSR fait par un UAV. Les UAV de la USAF peuvent utiliser leurs marqueurs laser pour diriger leurs bombes à guidage au laser sur leurs objectifs; le

154. Stratégie de défense *Le Canada d'abord*.

155. Jockel, *Canada in NORAD*, p. 167.

chasseur largue les armes, et l'UAV les guide jusqu'à la cible¹⁵⁶. Le chasseur polyvalent qui remplacera le CF188 pourra exécuter des missions d'IA et d'AAR, mais les meilleurs fruits de l'investissement de la Force aérienne du Canada (Force aérienne) pour assurer l'AAR dans le cadre des opérations de déploiement proviendront d'un UAV armé faisant complément aux CU170 Heron qui fournissent actuellement un soutien essentiel au groupement tactique canadien en Afghanistan. La seule option qui restera à la Force aérienne pour mener une campagne aérienne offensive dans un espace aérien où l'ennemi prendra la forme des avions de chasse, c'est-à-dire les CF188 ou les aéronefs qui les remplaceront.

Il reste une capacité dont la Force aérienne du Canada (Force aérienne) de demain doit se munir : il s'agit d'un hélicoptère armé capable de détecter les objectifs et de les prendre à partie. En Afghanistan et en Iraq, l'expérience a montré que les hélicoptères sont vulnérables aux tirs venant du sol : à preuve, les dommages subis par les AH-64 au tout début de l'opération *Anaconda*, et l'échec de l'attaque menée loin en territoire ennemi, en Iraq, le 24 mars 2003. Les hélicoptères armés ont un rôle bien pointu à remplir dans les espaces de combat contemporain et futur; il s'agit des missions d'escorte et de surveillance air-sol. La Force aérienne a récemment commandé des CH147D et des CH147F Chinook. Ces gros hélicoptères ont servi et continueront de servir à transporter des troupes et des approvisionnements dans la ZO afin de diminuer la dépendance par rapport aux patrouilles de logistique de combat (PLC). Une diminution du nombre de PLC nécessaires réduira l'exposition des troupes amies aux dispositifs explosifs de circonstance (IED) qui sont devenus l'arme de prédilection des insurgés dans la guerre hybride. Par conséquent, quand des troupes canadiennes se déploieront dans l'avenir, leur organisation comprendra invariablement des CH147. Il est admis que des CH147 qui volent dans une ZO ont besoin d'une escorte, car les insurgés savent que ces appareils constituent des cibles très « payantes »¹⁵⁷. Les CH146 Griffon qui sont actuellement utilisés en Afghanistan exécutent des missions d'escorte et servent d'hélicoptères de servitude légers, dans la mesure où ils en sont capables, mais leur vitesse limitée ralentit leur réaction face aux menaces, et la puissance de feu qu'ils peuvent utiliser contre les cibles est restreinte elle aussi.

Tout comme le remplacement des CF188, celui des CH146 dépend des budgets. Il faut encore à la Force aérienne du Canada (Force aérienne) un appareil de servitude, et tout remplaçant du Griffon devra répondre à ce besoin, mais il devra aussi être doté de moyens d'attaque. Afin d'escorter les CH147, il n'est pas nécessaire d'avoir un hélicoptère d'attaque tel que le AH-1Z ou le AH-64, mais bien une plate-forme armée équipée d'armes guidées et capable de voler plus vite que le CH147, tout en pouvant aussi remplir un rôle utilitaire. Étant donné les hélicoptères spécialisés qui sont en cours de production dans les principales entreprises occidentales de construction d'hélicoptères, pareille acquisition risque de ne pas être possible, mais le fait est qu'il faut remplacer le Griffon par un appareil qui pourra escorter les CH147 au cours des opérations.

Selon la doctrine acceptée, les vols d'escorte ne constituent pas en eux-mêmes des missions de supériorité terrestre. Cependant, il s'agit là d'une capacité cinétique air-sol que la Force aérienne du Canada doit essayer d'obtenir. Un dérivé des missions de ce genre réside dans la surveillance des manœuvres au sol qu'un hélicoptère armé peut exécuter avec d'excellents résultats. Les missions de surveillance que les AH-64 ont accomplies pendant l'avance sur Bagdad attestent la souplesse des hélicoptères armés quand ils peuvent travailler de concert avec les troupes au sol¹⁵⁸. Leur grande autonomie et leur capacité de réarmement rapide auprès d'emplacements avancés font des AH-64

156. Afin d'en savoir plus sur l'analyse du rôle des UAV armés dans l'avenir, voir David Hume, *Integration of Weaponized Unmanned Aircraft into the Air-to-Ground System*, Maxwell AFB (Alabama), Air University Press, 2007.

157. Kupecz, « L'escorte des hélicoptères *Chinook* du Canada », p. 91-92.

158. Gordon et Trainor, *Cobra II*, p. 352.

de bons multiplicateurs de forces aux fins des tirs interarmées. Dans l'avenir, une force d'hélicoptères équilibrée devra comprendre une plate-forme capable de fournir un appui-feu à des troupes amies attaquées, ou à des CH147 qui transportent des troupes et des ravitaillements dans une ZO et qui essuient des tirs terrestres¹⁵⁹.

Le déploiement de troupes canadiennes dans le contexte de la lutte mondiale contre le terrorisme a remis les missions de supériorité terrestre au cœur du débat au sein de la Force aérienne du Canada. L'expérience vécue pendant l'opération *Allied Force* en 1999, en Serbie, a montré l'utilité des avions de chasse capables d'exécuter avec succès des missions d'IA dans un espace aérien où existe une présence ennemie. L'expérience collective que les puissances occidentales ont acquise au cours des opérations *Enduring Freedom* et *Iraqi Freedom* a fourni des jalons pour les opérations de supériorité terrestre qui seront menées dans les conflits à venir – qu'il s'agisse de missions de contre-insurrection ou de conflits de haute intensité – livrés parfois dans la même ZO. L'aéronef qui remplacera le CF188 pourra accomplir simultanément des missions d'IA et d'AAR face à des opposants ou non. On a aussi cerné la nécessité de fournir des services de RSR de longue durée au moyen d'un UAV armé qui fera complément aux chasseurs pilotés. Dans toute ZO future, on comptera sur la Force aérienne pour fournir des hélicoptères de transport. Ceux-ci auront besoin d'une escorte, et ce sera un hélicoptère armé, capable de détecter et de prendre à partie les objectifs avec des armes guidées, qui sera le mieux à même de remplir ce rôle. Pour les combattants de la Force aérienne, l'avenir s'annonce prometteur, en raison de la nécessité de fournir des armes aériennes de précision pendant les tirs interarmées, afin d'appuyer les forces terrestres ou de bénéficier de leur appui. Il reste encore à définir la structure des forces, y compris les genres de plates-formes et leurs quantités. Ce qui est certain, c'est que la Force aérienne de demain doit être équipée pour fournir des tirs interarmées précis dont le caractère essentiel a été mis en lumière au cours des opérations de la dernière décennie.

7. Conclusion

L'évolution de la puissance aérienne cinétique du Canada a été inégale depuis la fin de la Seconde Guerre mondiale, parce que nos aéronefs ont rarement eu l'occasion de se déployer outre-mer pour participer à un conflit et attaquer un adversaire. Les CF188 ont, pendant l'opération *Desert Storm* en 1991 et l'opération *Allied Force* en 1999, rempli des missions de DCA et d'IA. Ce furent là les deux seules occasions en 65 ans, depuis la fin de la Seconde Guerre mondiale, où des aéronefs canadiens ont employé des armes de façon offensive contre des objectifs. Des CH146 ont été envoyés en Bosnie et, récemment, en Afghanistan, munis d'armes défensives, mais ils n'ont pris part à aucune frappe offensive pour appuyer des opérations terrestres. Toutefois, la Force aérienne du Canada est sur le point de remplacer un équipement vieillissant avec des plates-formes conçues d'une façon idéale pour fournir un appui cinétique de précision aux opérations de supériorité terrestre.

Dans la Stratégie de défense *Le Canada d'abord*, le gouvernement fédéral a exprimé son intention de jouer un rôle actif sur la scène internationale afin de protéger la souveraineté et les intérêts du Canada tant au pays qu'à l'étranger. Plus précisément, l'engagement pris d'exécuter des opérations internationales prolongées d'envergure ou de réagir à des événements mondiaux particuliers entraînant des déploiements opérationnels de plus courte durée met en lumière la nécessité pour la Force aérienne du Canada de se munir d'un équipement et d'une doctrine qui mettent à profit les progrès technologiques dans le domaine de l'aviation militaire afin que celle-ci puisse contribuer aux tirs interarmées. Cette capacité d'exécuter des missions de supériorité terrestre pour fournir ou recevoir un appui fait contraste avec le rôle jusqu'ici traditionnel des branches de la Force aérienne munies d'aéronefs capables de remplir de telles missions.

159. Kupecz, « L'escorte des hélicoptères *Chinook* du Canada », p. 95.

Après la Seconde Guerre mondiale, la Force de chasse canadienne a principalement été chargée d'exécuter des missions d'IA ou de frappe en Europe, à l'appui de l'OTAN. Les aéronefs utilisés en Europe centrale n'étaient pas conçus pour assurer un appui synchronisé aux opérations terrestres, vu leur manœuvrabilité, leur rayon d'action ou leur armement. Cela a changé avec l'entrée en service du CF188 Hornet et l'inclusion graduelle de l'AAR dans la gamme des missions que l'aviation de chasse était à même de remplir.

Tout cela se passait avec pour toile de fond une culture qui, dans les forces aériennes occidentales, affirmait l'indépendance collective de ces dernières par rapport aux forces terrestres. Cette affirmation découlait de la conviction que la puissance aérienne possédait elle-même les clés de la réussite dans les conflits modernes, grâce à sa capacité de frapper l'ennemi au cœur même de son dispositif de combat. Les bombardements qui ont marqué le début de l'opération *Desert Storm* et de la campagne aérienne de l'OTAN contre la Serbie au cours de l'opération *Allied Force* ont mis en exergue les progrès technologiques qui avaient eu lieu dans le domaine des armes guidées et qui permettaient désormais de frapper plus efficacement les objectifs désignés qui étaient essentiels à l'effort de guerre de l'ennemi, depuis les centres de commandement et de contrôle jusqu'aux infrastructures de transport qui facilitaient l'approvisionnement des forces déployées. Sur le plan culturel, l'aviation de chasse du Canada s'est distanciée de l'Armée canadienne après sa contribution réussie à ces deux opérations; sa participation aux missions d'IA dans ces deux conflits a été perçue comme confirmant que l'on avait eu raison de mettre l'accent sur l'IA plutôt que sur l'AAR lorsqu'il s'agissait pour le Canada de remplir des missions de supériorité terrestre.

Cette culture de la Force aérienne, qui concerne les opérations cinétiques et se distingue de la synchronisation des missions pour soutenir les tirs interarmées, explique en partie pourquoi les CF188 n'ont pas été envoyés en Afghanistan pour appuyer la contribution du Canada à la guerre mondiale contre le terrorisme. Cette réalité a abouti à une réévaluation de la pertinence du soutien fourni par la Force aérienne du Canada aux opérations de supériorité terrestre. Toutefois, quand on l'examine à la lumière des leçons globales tirées des opérations *Enduring Freedom* et *Iraqi Freedom*, l'expérience de l'Armée canadienne en Afghanistan montre l'utilité de la puissance aérienne dans les tirs interarmées. En outre, la tendance en faveur d'une puissance aérienne persistante, capable d'apporter un appui cinétique précis aux tirs interarmées, accroît la crédibilité de ceux qui réclament une évolution doctrinale de la Force aérienne et l'acquisition par elle de nouveaux moyens qui lui permettront d'offrir à point nommé un appui aérien cinétique aux troupes canadiennes dans l'avenir.

La Force aérienne du Canada a l'occasion de mettre à profit les leçons et les tendances qui se dégagent des conflits des dix dernières années, pour diversifier les plates-formes dont elle disposera afin d'appuyer les opérations de supériorité terrestre dans le cadre d'un déploiement. Ces mêmes plates-formes, telles que les UAV armés et l'avion de chasse qui remplacera le CF188, pourront aussi exécuter des opérations en Amérique du Nord pour défendre la souveraineté du Canada. Un hélicoptère polyvalent capable de transporter troupes et matériel et pouvant être doté d'un module de détection et de tir sera essentiel à la Force aérienne de demain, pour équilibrer une flotte d'hélicoptères apte à prendre part à des opérations internationales. La doctrine de la Force aérienne sur la supériorité terrestre doit évoluer pour intégrer les progrès de la technologie moderne et définir le cadre à partir duquel ces aéronefs polyvalents modernes pourront être achetés, puis déployés à l'appui des opérations expéditionnaires canadiennes dans l'avenir.

Le présent document avait pour objet de discuter de l'évolution de la capacité de la Force aérienne du Canada de fournir un appui cinétique aux opérations terrestres. Cette capacité évolue rapidement à la faveur des progrès technologiques accomplis depuis la fin de la guerre froide.

Dans l'avenir, il faudra acheter des systèmes d'armes pour maximiser la capacité de la Force aérienne d'assurer à point nommé aux tirs interarmées un appui cinétique précis. On ne doit pas envisager l'avenir des atouts cinétiques futurs de la Force aérienne uniquement en fonction de la puissance de feu qu'ils mettront à la disposition des commandants des opérations terrestres. Dans les conflits modernes, la synchronisation des opérations de toutes les armées s'impose pour garantir la réussite collective sur le champ de bataille. La Force aérienne est sur le point de tirer parti du fait que, dans les divers milieux, on a compris la grande utilité des efforts synchronisés déployés dans le cadre des opérations de supériorité terrestre afin de donner aux forces la structure optimale pour faire face aux défis et aux exigences des futurs espaces de combat. Il faut examiner la capacité cinétique de la Force aérienne, l'objectif étant de déployer une force équilibrée composée d'aéronefs, d'hélicoptères et de véhicules non pilotés et capable de mettre en œuvre une puissance de feu précise dans le contexte de missions de supériorité terrestre planifiées et réactionnelles. C'est avec une telle structure que la Force aérienne du Canada pourra exécuter les tirs interarmées qui auront les plus grands effets.

Abréviations

10 GAT	10 ^e Groupe aérien tactique
AAR	appui aérien rapproché
AFDD	Air Force Doctrine Document
ARC	Aviation royale canadienne
BCL	ligne de coordination sur le champ de bataille
BOA	base d'opérations avancée
CAA	contrôleur aérien avancé
CCA	attaque rapprochée
DCA	défensive contre le potentiel aérien
É.-U.	États-Unis
ECAT	élément de contrôle aérien tactique
FDI	Force de défense israélienne
GARS	système de référencement géographique mondial
GPS	système de positionnement mondial
IA	interdiction aérienne
IADS	système de défense aérienne intégrée

JFC	commandant de la force interarmées
JP	Publication interarmées (<i>Joint Publication</i>)
LCFA	ligne de coordination des feux d'appui
MSA	missile guidé surface-air
NORAD	Commandement de la défense aérospatiale de l'Amérique du Nord
ONU	Organisation des Nations Unies
OTAN	Organisation du Traité de l'Atlantique Nord
JP	Publication interarmées
PLC	patrouille de logistique de combat
ROVER	récepteur à rehaussement vidéo commandé à distance
RSR	renseignement, surveillance et reconnaissance
<i>SDCD</i>	Stratégie de défense <i>Le Canada d'abord</i>
SDIFT	Système de la doctrine et de l'instruction de la Force terrestre
TAC	commandement aérien tactique
TRADOC	Training and Doctrine Command
TST	désignation de cibles à facteur temps critique
TTP	tactiques, techniques et procédures
UAV	véhicule aérien sans pilote
USAF	United States Air Force (Force aérienne des Etats-Unis)
USMC	United States Marine Corps (Corps des marines des Etats-Unis)
USN	United States Navy (Marine américaine)
ZO	zone d'opérations