

$$TC_i - TC_{i-1} \approx \int_{z=Q_{i-1}+0.5}^{z=Q_i+0.5} T_1 z^b dz = \frac{T_1}{1+b} \times [(Q_i + 0.5)^{1+b} - (Q_{i-1} + 0.5)^{1+b}]$$

$$LAC_i = T_1 \times [\bar{Q}_i(b)]^b \times r_i^b$$

$$Q_i(b) = \left( \frac{[(Q_i + 0.5)^{1+b} - (Q_{i-1} + 0.5)^{1+b}]^{\frac{1}{b}}}{(1+b) \times (Q_i - Q_{i-1})} \right)$$

$$MC(Q) = T_1 \times Q^b$$



L'ÉCONOMIE



MILITAIRE



DE L'ARC



  **L'ÉCONOMIE**

  **MILITAIRE**

  **DE L'ARC**



Numéro de catalogue : D2-409/2019F-PDF

Numéro ISBN : 978-0-660-29728-6

Cette publication est disponible en ligne, sur intranet à l'adresse suivante : [Trenton.mil.ca/lodgerCFAWC/eLibrary/eLibrary\\_f.asp](http://Trenton.mil.ca/lodgerCFAWC/eLibrary/eLibrary_f.asp) ou sur Internet à [www.rcf-arc.forces.gc.ca/cfawc/eLibrary/eLibrary\\_f.asp](http://www.rcf-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.

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.

Photos : MDN

© Sa Majesté la Reine, représentée par le ministre de la Défense nationale, 2019





## Table des matières

<b>Avant-propos</b> .....	v
<b>CH01</b> Introduction.....	1
Ross Fetterly et Binyam Solomon	
<b>CH02</b> L'économie politique de l'Aviation royale canadienne .....	13
Binyam Solomon	
<b>CH03</b> Gestion de la défense pour un avenir incertain.....	59
Ross Fetterley	
<b>CH04</b> Planification fondée sur les capacités et Aviation royale canadienne .....	83
John A. Steele	
<b>CH05</b> Étude de cas sur l'estimation du coût d'achat des aéronefs : coût unitaire récurrent de sortie d'usine de l'avion d'attaque interarmées F-35A .....	143
Bohdan L. Kaluzny	
<b>CH06</b> Prévision des coûts d'exploitation et de maintenance des aéronefs.....	173
Paul E. Desmier	
<b>CH07</b> L'industrie aérospatiale canadienne : un secteur important de la base industrielle de la défense.....	209
J. Craig Stone	
<b>CH08</b> Approvisionnement militaire et secteur civil de l'aérospatiale : des voies divergentes? .....	237
Richard Shimooka	
<b>CH09</b> Gérer les ressources en personnel d'un groupe professionnel militaire : prévision de l'attrition et planification de la production.....	261
Lynne Serré	



<b>CH10</b>	Entraînement du personnel navigant au vol simulé : évaluation des avantages .....	285
	Stuart Grant	
<b>CH11</b>	Gestion des ressources de l'ARC : efficacité et efficience du transport aérien stratégique et des capacités de recherche et sauvetage.....	317
	Ross Fetterly et Christopher Penney	
<b>CH12</b>	Modèle d'affectation des ressources au programme d'entraînement en vol de l'OTAN au Canada (NFTC) .....	361
	Charles J. Hunter, René Séguin et Jean-Denis Caron	
<b>CH13</b>	Formation des pilotes de l'ARC et diversification des modes de prestation des services : évaluation et amélioration d'un paradigme dysfonctionnel pour l'avenir ...	387
	Lieutenant-Colonel Jonathan Clow	
<b>Bibliographie sélective</b> .....		453



## Avant-propos

*L'économie militaire de l'Aviation royale canadienne* présente à la fois des questions d'actualité, des préoccupations et des méthodes d'analyse. Cet ouvrage, référence unique, s'articule autour des domaines complexes et très dynamiques que sont l'économie militaire et la gestion des ressources. Le sujet concerne tous les domaines environnementaux militaires; cependant, le présent manuel se veut une ressource représentative du point de vue de l'Aviation royale canadienne (ARC). En tant que commandant, je me dois de faire évoluer l'entreprise qu'est l'ARC au sein de l'institution qu'est le ministère de la Défense nationale (MDN), en tenant compte de sa mission et de sa vision. Afin de pouvoir soupeser continuellement les conséquences des actualités internationales et nationales complexes, il convient de faire preuve d'une persévérance évolutive. C'est en effet indispensable pour s'adapter et rester à jour, continuer à faire preuve de dynamisme et respecter notre orientation stratégique – *Protection, Sécurité, Engagement*. Le présent ouvrage explique plusieurs notions et met en évidence la complexité du thème abordé ainsi que l'intrication de ses différents aspects, reconnaissant que les ressources limitées et politiquement discrétionnaires du MDN posent un véritable défi : celui de l'application des principes de base de la priorité en matière de défense.

Le Centre de guerre aérospatiale de l'Aviation royale canadienne (anciennement appelé Centre de guerre aérospatiale des Forces canadiennes) a commandé la rédaction d'un ouvrage portant sur les défis et les possibilités associés à la gestion des ressources de l'ARC. Le but de cet ouvrage est de présenter une vue d'ensemble pertinente des principales méthodes de gestion des ressources et de la manière dont ces méthodes sont mises en œuvre. Il est rédigé dans un langage accessible à la fois aux officiers et aux universitaires s'intéressant à l'économie militaire et aux techniques de recherche et d'analyse opérationnelles. Bien que l'accent soit mis sur la Force aérienne, les chapitres de ce livre abordent des sujets qui concernent également les décisions d'investissement et la gestion des ressources du secteur public dans son ensemble. Depuis la crise financière mondiale, le programme de défense et les autres programmes discrétionnaires du gouvernement ont vu leurs budgets respectifs soumis à une série de révisions à la baisse. La Force aérienne, l'une des divisions des plus capitalistiques des Forces armées, a tout à fait conscience de ces pressions ainsi que de la nécessité de s'appuyer sur des analyses scientifiques rigoureuses lorsqu'il s'agit de prendre des décisions d'investissement cruciales. Ce volume édité donne un aperçu complet des techniques de gestion des ressources visant à aider les fonctionnaires et les officiers de la Force aérienne à déterminer quel est le positionnement spatial optimal des aéronefs et des capacités militaires, à choisir un portefeuille de capacités permettant de parer efficacement aux risques liés à la sécurité, et à accroître l'efficacité et l'efficacé des forces militaires.

*L'économie militaire de l'Aviation royale canadienne* présente une étude approfondie des méthodes de gestion des ressources visant à transformer l'ARC et l'ensemble de la fonction publique en organisations du XXI<sup>e</sup> siècle efficaces et efficientes. L'ouvrage propose notamment une synthèse de principes économiques, de recherches opérationnelles et de la théorie de la prise de décision, synthèse accompagnée d'une sélection d'exemples d'applications concrètes. Aujourd'hui, les nations font face aux habituelles demandes concurrentielles visant la fourniture publique de biens et de services, dans un environnement caractérisé par des ressources limitées et par des menaces qui ébranlent les notions traditionnelles de sécurité et de souveraineté. Les chapitres de ce volume présentent un ensemble d'outils



particulièrement utiles pour s'y retrouver dans le paysage politique et répondre aux appels à une transparence et à une responsabilisation accrues. Ces ressources aideront la Force aérienne et les Forces armées à contribuer au maintien de la paix et de la sécurité. Le présent manuel est principalement destiné au personnel militaire, aux fonctionnaires et aux étudiants diplômés en gestion, en économie, en recherche opérationnelle et en science politique. De ce fait, chaque chapitre traite de façon autonome d'un aspect particulier de la gestion des ressources. Le lecteur doit être capable de comprendre la question de recherche (l'enjeu politique à traiter ou la décision à prendre), le modèle théorique utilisé ou l'approche générale adoptée, l'analyse (qu'elle soit quantitative ou qualitative), les résultats, la décision ou les orientations préconisées et, enfin, les enjeux à prendre en considération dans le cadre de futures études. Certaines discussions techniques et mathématiques ont été reléguées dans un appendice. Il importe de souligner que chaque chapitre est accessible à un public varié. Cet ouvrage a été composé à la fois pour pallier le manque de documentation sur l'Aviation canadienne, et parce qu'il devenait nécessaire d'exposer un point de vue canadien dans une publication concernant la défense.

*L'économie militaire de l'Aviation royale canadienne* n'est pas l'œuvre d'un seul auteur. La rédaction de cet ouvrage a été structurée de façon à ce que plusieurs auteurs y participent, auteurs qui ont été choisis pour leurs acquis universitaires et expérimentiels dans des domaines particuliers liés aux différentes disciplines de l'économie militaire. Par conséquent, tous les chapitres de ce livre sont signés par des professeurs et des scientifiques chevronnés et accrédités, et forment ensemble un recueil bien conçu dédié à l'art et à la science de la gestion des ressources de la défense canadienne. Fruit d'une initiative lancée par MM. Fetterley et Solomon, qui avaient constaté le manque flagrant de documentation dans ce domaine, le présent ouvrage est la ressource de référence qui établit la norme académique en matière d'économie militaire de l'ARC.

Michael J. Hood  
Lieutenant-général  
Commandant, Aviation royale canadienne  
2016-2018



## Introduction

Ross Fetterly et Binyam Solomon

---



# CH01 Table des matières

Contexte .....	3
Défis de la gestion des ressources de l'ARC.....	4
Aperçu.....	6
Introduction et enjeux stratégiques.....	6
Moteurs institutionnels et stratégies de mobilisation des ressources .....	7
Mise sur pied des forces et problèmes connexes .....	8
Conclusion.....	9
Abréviations .....	11
Notes .....	12



## Contexte

La gestion des ressources de la défense est un facteur déterminant des résultats de l'Aviation royale canadienne (ARC). La planification des activités, l'enveloppe annuelle pour les activités aériennes entre les flottes, les investissements dans l'instruction et les infrastructures du personnel des forces aériennes de même que l'administration efficace des ressources sont autant de facteurs susceptibles d'améliorer les résultats opérationnels. Au cœur de la gestion des ressources de l'ARC, il y a l'idée que les décisions doivent être prises parmi un certain nombre d'options pour atteindre l'état final souhaité. De ce fait, cela confère des responsabilités et des pouvoirs considérables aux dirigeants de l'ARC pour prendre de telles décisions. À vrai dire, dans le milieu de la fonction publique, où les coutumes de gestion de la fonction publique supposent que « les administrateurs jouissent d'une certaine latitude et que l'on attend d'eux qu'ils opèrent des choix entre diverses options<sup>1</sup> », et où le caractère à long terme du contexte peut s'échelonner sur plusieurs décennies dans certains cas, la gestion efficace des ressources revêt une importance primordiale. Un autre élément qui complique les décisions relatives à la répartition des ressources est la conciliation des demandes constantes de ressources pour l'instruction à moyen terme, l'état de préparation et les opérations ayant des demandes à plus long terme, comme le lancement du processus d'analyse des options visant à remplacer une flotte en particulier qu'il pourrait falloir remplacer dans une quinzaine d'années.

Toutes les décisions relatives à la gestion des ressources de la défense sont prises dans un contexte international de sécurité qui évolue constamment sur le plan de la rapidité, de l'ampleur, des menaces et des conséquences. Cela explique que la gestion des ressources de l'ARC soit l'objet d'une dynamique qui ne cesse d'évoluer, où il faut prendre des décisions et apporter des changements dans les limites des processus, comme le cycle budgétaire du gouvernement fédéral et le processus d'approbation d'achat de biens d'équipement du Conseil du Trésor. L'unicité de ce processus pour l'ARC tient à la nature technique des forces aériennes, à leur usage abondant de flottes multiples d'aéronefs évolués, au coût élevé de l'entretien et de l'exploitation de ces flottes de même qu'aux coûts annuels considérables d'entraînement des membres d'équipage et des techniciens en aéronautique chargés de l'entretien des flottes d'avions. La présente publication sur la gestion des ressources de l'ARC soulignera l'importance de la gestion des ressources dans la force aérienne et insistera sur le besoin pour les dirigeants et les gestionnaires à tous les échelons de gérer avec efficacité leurs enveloppes de ressources.

Dans le milieu actuel des menaces tumultueuses, il est essentiel que les forces aériennes puissent déployer leur capacité rapidement. Cela a des répercussions sur l'affectation interne des ressources de l'ARC au titre de l'instruction, de l'état de préparation et de l'interopérabilité. Par exemple, l'expérience des Forces armées canadiennes (FAC) en Afghanistan a nettement renforcé l'importance des équipements pour le succès de l'organisation. C'est ainsi que le fait de se concentrer sur l'affectation des ressources d'une manière qui soit réceptive au changement est un catalyseur clé du succès à long terme de l'organisation. Cela vaut particulièrement pour la défense, où le caractère imprévu des conflits émergents « oblige toute l'entreprise à réorienter et à restructurer les institutions, à employer les capacités de manière imprévue et à affronter des défis qui sont fondamentalement différents de ceux dont on tient régulièrement compte dans les calculs de défense<sup>2</sup> ».



En 2017, « au lieu de constater l'expansion des démocraties libérales stables dans le monde entier, qui renforcent la capacité d'assurer la sécurité et de subvenir aux besoins économiques des citoyens, on assiste aux déplacements de populations à grande échelle vers les zones de paix et de prospérité<sup>3</sup> ». Même si la sécurité et la sûreté dans les zones contestées demeurent un défi, le règlement des conflits régionaux est devenu de plus en plus ardu. Dans cette conjoncture, « la prévisibilité et la simplicité [peuvent être perçues] comme un « vain espoir »<sup>4</sup> ». De plus, les problèmes économiques ou de sécurité locaux peuvent avoir des répercussions à l'échelle mondiale. Or, même pour l'Europe et l'Amérique du Nord, qui ont exercé un puissant leadership et assuré une grande stabilité à l'échelle internationale, les 30 dernières années ont vu croître les iniquités dans les démocraties occidentales<sup>5</sup> que les gouvernements nationaux doivent aujourd'hui s'occuper de résoudre. Cela valorise déjà la capacité pour les ministères de la Défense de démontrer d'importants résultats à l'aide des moyens financiers qui leur sont fournis par les gouvernements nationaux. La manière dont les ministères de la Défense démontrent de puissants résultats dépend des décisions prises par ces gouvernements nationaux au sujet des futures enveloppes de fonds des années financières.

## Défis de la gestion des ressources de l'ARC

L'ARC traverse une longue période d'incertitude et de défis, où à la fois les besoins opérationnels émergents et les fluctuations des demandes de ressources sont susceptibles de nous surprendre assez fréquemment, apportant une constante diversité de défis inattendus. Cet environnement fluide, dynamique et non linéaire présente des défis distincts et différents pour les planificateurs des ressources de l'ARC. Dans un milieu de la défense où la pénurie de ressources est devenue l'une des conditions préalables de la planification de la défense, la gestion des ressources de la défense doit être entièrement pourvue en dirigeants aguerris provenant d'une diversité d'horizons et possédant une expérience variée. Parmi les défis relatifs aux ressources dans l'ARC qui ont toutes les chances de demeurer des caractéristiques permanentes à mesure que le contexte de sécurité évolue, mentionnons :

- les pressions budgétaires;
- l'augmentation des coûts d'exploitation;
- les coûts encourus à cause de l'exploitation d'équipements vétustes;
- les difficultés de recrutement de jeunes Canadiens;
- la prestation d'une formation rentable aux membres d'équipage et au personnel de maintenance des aéronefs;
- l'investissement dans les infrastructures de l'ARC et leur entretien.

Les risques auxquels l'ARC se heurte aujourd'hui sont distincts en ce sens qu'ils sont plus systématiques et mondiaux que par le passé, tout en étant également plus imprévisibles et interdépendants. Même si l'ARC est une organisation intelligemment gérée et établie à long terme, sur le plan historique, elle a été meilleure à exécuter qu'à innover. Et pourtant, l'expérience de l'ARC en Afghanistan a prouvé sa capacité à faire preuve d'innovation face aux défis opérationnels. La difficulté aujourd'hui consiste





néanmoins à incorporer l'innovation au cœur même de la culture et de la doctrine de l'ARC. En outre, étant donné que l'ARC est une force aérienne expéditionnaire, elle est généralement plus une organisation à forte intensité de capital que le sont les forces aériennes territoriales. Dans une conjoncture commerciale où l'innovation est en voie de démocratisation, une culture d'innovation dans l'ARC est indispensable à l'atteinte constante de résultats opérationnels. Dans cette conjoncture, les résultats fructueux « dépendent d'une culture inclusive, concertée et connectée à l'interne comme à l'externe, pour puiser des idées<sup>6</sup> » dans des sources extérieures et résister à la concurrence.

De plus, l'évolution technologique des avions militaires nécessite souvent de nouveaux investissements et des mises à niveau. Cela explique la nécessité de trouver des idées originales et créatrices pour assurer l'efficacité et l'utilité de l'institution. Perçue dans cette optique, l'ARC doit être nettement plus proactive dans la façon dont elle gère les ressources en se mettant à la fine pointe des tendances pouvant avoir des conséquences explosives pour ne pas se laisser distancer par d'éventuels adversaires. Le développement et le soutien de penseurs divergents dans l'ARC pourraient bien élargir le point de vue sur les problèmes de gestion des ressources dans l'ARC.

À l'issue de la mission expéditionnaire en Afghanistan qui a duré une dizaine d'années, le ministère de la Défense nationale (MDN) et les FAC se concentrent désormais sur l'institution, la réforme institutionnelle et la gouvernance. Cette période de réflexion et de réforme a nettement renforcé la gouvernance interne de manière tout à fait délibérée et ciblée, et était indispensable après une longue période de prédominance des opérations. L'objectif de cette mutation institutionnelle vers la gouvernance était, en premier lieu, d'améliorer le processus décisionnel interne et l'affectation/la gestion des ressources et, en deuxième lieu, de prouver aux organismes centraux et au gouvernement que les ressources de la défense étaient intelligemment gérées. En conséquence, le centre de gravité de l'administration de la défense est en voie de devenir l'efficacité de la gestion des ressources. Du point de vue de l'ARC, celle-ci doit constamment prouver qu'elle a optimisé l'affectation des ressources et qu'elle a intelligemment exécuté son plan d'activités.

À l'instar de tous les autres éléments de l'établissement de la défense au Canada, l'ARC se heurte à la marque constante des réalités financières. Bien que l'ARC n'exerce aucun contrôle sur le moment où elle devra faire face à des défis extérieurs, la force aérienne connaît le rythme d'usure de ses systèmes d'armes existants. Compte tenu des progrès rapides de la technologie, la mobilisation de ces systèmes de pointe dépendra dans une très large mesure de ces nouvelles technologies. À vrai dire, alors que la technologie est un élément primordial qui alimente le changement dans l'ARC, l'adoption constante de nouvelles technologies entraîne une explosion de données. À une échelle de plus en plus grande, le contexte de l'ARC est de plus en plus dirigé par des données, ce qui représente un défi à moyen terme. Compte tenu des sérieuses lacunes dans sa capacité de renseignement commercial-gestion des ressources, l'ARC doit accroître la disponibilité de renseignements, pour que les décideurs à tous les niveaux puissent prendre des décisions plus avisées sur la gestion des ressources. La question est actuellement abordée au niveau institutionnel, ce qui bénéficiera à l'ARC une fois que le système sera mis en œuvre. Perçue dans cette optique, l'ARC est désormais en mesure de s'adapter à une conjoncture de sécurité en pleine évolution qui sera façonnée par la répartition efficace des ressources.



Un certain nombre de chapitres de cet ouvrage ont été rédigés par des scientifiques de la défense, ce qui témoigne de l'importance et de l'utilité des recherches appliquées. Ces recherches peuvent servir à améliorer ou à perfectionner les équipements existants et à orienter les besoins futurs ou la mise sur pied des forces des membres d'équipage et des métiers de l'aéronautique. Les recherches et les publications relèvent également du domaine du Centre de guerre aérospatiale des Forces canadiennes. Or, les connaissances et les publications sur la gestion des ressources dans l'ARC sont malheureusement limitées. L'objectif de cet ouvrage est de contribuer à la documentation sur le sujet et d'être une ressource pour le personnel de l'ARC et des FAC, les représentants de la défense, les organismes centraux, le milieu universitaire et tous les Canadiens.

## Aperçu

Comme le titre du livre le laisse entendre, la gestion des ressources de défense est à la fois un art et une science. L'argent et, plus particulièrement, la monétisation de divers éléments des interactions sociales ont permis à la science économique d'être quantitative et relativement scientifique. Néanmoins, les éléments des résultats et des effets militaires ne sont pas tous quantifiables.

Certaines solutions économiques du secteur public auxquelles on est parvenu après une analyse attentive des données disponibles risquent d'aboutir à des résultats plutôt indigestes sur le plan politique. En tant que discipline utile, la science économique doit traduire des principes en applications pratiques. Un ouvrage consacré à la science économique et à la gestion des ressources doit contenir des principes uniformes sur le plan logique (scientifiques) et habilement traduire ces principes en réalité (art). Cette métamorphose des sciences en art nécessite un langage accessible et toute la délicatesse d'un praticien.

Des spécialistes et des experts de la gestion des ressources de défense qui travaillent dans le milieu universitaire et dans des organismes de recherche, de même que des officiers militaires de haut échelon ont contribué à cet ouvrage. Plusieurs des chapitres utilisent des données quantitatives pour en arriver à un défi particulier de gestion des ressources (chapitres 2, 5, 6 et 12). D'autres proposent une analyse critique d'une étude de cas en particulier pour souligner et recommander des plans d'action (chapitres 12 à 14). La structure unificatrice des chapitres réside dans la transition de facteurs stratégiques et extérieurs vers les défis opérationnels et tactiques qui exercent une influence sur la gestion des ressources de l'ARC.

## Introduction et enjeux stratégiques

Quels facteurs extérieurs exercent une influence sur le domaine des ressources de l'ARC? Cette introduction et les chapitres 2 à 4 donnent un aperçu de ces facteurs et proposent une vision générale de l'ouvrage. Au chapitre 2, M. Binyam Solomon (scientifique principal à Recherche et développement pour la défense Canada [RDDC] et professeur auxiliaire à l'Université Carleton) retrace la relation entre la propre gestion des ressources du gouvernement du Canada (GC) et son influence sur les FAC et l'ARC. Les demandes conflictuelles pour des fonds fédéraux assez rares exercent de lourdes pressions sur les FAC et sur l'environnement pour démontrer leur valeur. Le chapitre présente aussi un simple modèle de répartition des ressources qui prédit certaines des réactions probables de l'ARC face aux « chocs » de l'extérieur sous forme d'un examen stratégique ou de changements doctrinaux.



Le chapitre 3, que l'on doit au colonel Ross Fetterly (ancien contrôleur de l'ARC et professeur auxiliaire à l'Université d'Ottawa et au Collège militaire royal [CMR]), expose le défi relatif à la répartition des ressources et formule la question de recherche clé qui est posée tout au long de l'ouvrage. En particulier, compte tenu de l'uniformité historique des grandes priorités stratégiques de la défense au Canada, il est vraisemblable que certaines structures des forces au sein de l'ARC perdurent. Néanmoins, la mondialisation, le contexte de la sécurité et la technologie exercent tous un impact sur la planification des forces et la stratégie de gestion des forces. L'ARC doit également tenir compte des conséquences politiques et institutionnelles, qui se manifestent sous forme d'une évolution des mandats du gouvernement, des préférences des électeurs moyens et des relations internationales. Ces changements ont un effet matériel sur la façon dont la défense et les conjonctures sont structurées, gérées et évaluées.

Perçu sous l'angle du développement et de la planification des forces, le chapitre 4, que l'on doit à M. John Steele (scientifique de la Défense à RDDC), présente la planification fondée sur les capacités (PFC) au niveau des FAC et ses répercussions sur le résultat de la planification des propres forces de l'ARC. Une PFC qui fonctionne bien doit être indépendante des auteurs et des modalités de la concrétisation des effets militaires. C'est pourquoi l'ARC doit savoir que certains des effets militaires qu'elle génère actuellement risquent d'être produits par d'autres armées ou même par des sources civiles et étrangères.

## Moteurs institutionnels et stratégies de mobilisation des ressources

Par l'entremise de ses organismes centraux, le GC fournit des lignes directrices, des procédures et des mandats qui influent sur les stratégies de répartition des ressources des ministères responsables comme le MDN et les FAC ou qui les limitent. Par exemple, le gouvernement utilise trois ministères responsables distincts lorsqu'il achète des équipements militaires. L'un de ces ministères est chargé de surveiller les principaux secteurs industriels et de leur venir en aide. La plupart des entreprises aérospatiales et de défense appartiennent à cette catégorie. Un autre organisme est responsable de tous les achats du gouvernement et il veille à ce que les règles et règlements financiers et de passation de marché soient bien respectés pour satisfaire aux exigences en matière de responsabilisation et de transparence. Le MDN et les FAC, bien entendu, sont les organisations qui ont besoin d'équipements militaires pour s'acquitter de leurs fonctions militaires et de celles du gouvernement. Les trois chapitres suivants sont consacrés aux demandes du GC et à leurs conséquences sur les stratégies de gestion des ressources des FAC et de l'ARC.

Au chapitre 5, M. Bohdan Kaluzny (scientifique de RDDC) élabore un modèle des coûts unitaires récurrents de sortie d'usine du F-35A pour illustrer l'application d'un outil autonome d'estimation et d'analyse. Le fait de rendre compte des coûts de manière rigoureuse, transparente et reproductible aux parlementaires est une conséquence naturelle des initiatives de responsabilisation et de transparence. La gestion efficace des ressources nécessite également de tels outils pour parfaitement comprendre le coût, les avantages et le caractère abordable du portefeuille des capacités militaires.

Le Cadre du coût du cycle de vie<sup>7</sup> décrit par le GC fournit des directives sur la façon de formuler, de calculer et de rendre compte du coût intégral des équipements militaires. Les travaux de M. Kaluzny contiennent également des renseignements sur les exigences relatives aux rapports du MDN et des



FAC. De même, les travaux de M. P. E. Desmier (scientifique principal de la défense et directeur des recherches opérationnelles du Groupe des matériels) contribuent à la conception d'outils axés tout particulièrement sur les coûts d'exploitation et de soutien.

Au chapitre 6, M. Desmier utilise les techniques statistiques standard des séries chronologiques pour prévoir les futurs coûts de soutien de la prochaine génération de chasseurs appelés à remplacer la flotte actuelle de CF18. Le paramètre clé de ce modèle prévisionnel est l'utilisation du rapport existant entre les coûts d'achat de la plate-forme actuelle et les coûts d'achat de la nouvelle plate-forme pour prédire l'évolution des coûts de soutien. Cette approche novatrice s'applique à n'importe quelle plate-forme, sous réserve qu'il existe des coûts de soutien historiques de systèmes analogues.

Au chapitre 7, M. J. Craig Stone (professeur au Collège militaire royal et au Collège des Forces canadiennes) propose une évaluation des principaux protagonistes de l'industrie dans la fourniture de biens d'équipement à l'ARC. La structure du secteur aérospatial, les domaines spécialisés et la santé économique et financière globale fournissent des indices de la façon dont l'ARC choisit ses stratégies de renouvellement des ressources. Plus le secteur est vaste et en bonne santé, plus il confère de souplesse à l'ARC au moment d'opérer un choix entre différentes stratégies d'approvisionnement.

Au chapitre 8, Richard Shimooka (chargé de recherches à l'Institut de la Conférence des associations de la défense) analyse diverses stratégies d'approvisionnement du gouvernement qui semblent souvent s'exclure mutuellement. Le gouvernement est-il en mesure de concevoir une politique qui développera sa capacité interne, respectera les règlements régissant le commerce international et offrira des prix concurrentiels abordables pour les services militaires?

### Mise sur pied des forces et problèmes connexes

Dans la dernière partie de ce livre, les chapitres sont consacrés aux problèmes de mise sur pied des forces moyennant l'aide des techniques générales de recherche opérationnelle ou d'études de cas. Le chapitre 9, que l'on doit à Lynne Serré (scientifique de la défense auprès du Directeur général - Recherche et analyse [Personnel militaire]) propose des techniques de modélisation et de simulation pour évaluer diverses tendances d'attrition dans les FAC afin d'éclairer la planification annuelle du recrutement et de la production de personnel militaire. Cet outil de modélisation et de simulation fournit aux planificateurs des renseignements sur les catalyseurs de l'attrition, sur les lacunes du recrutement militaire de même que sur les stratégies de recrutement et de maintien en poste.

Pour l'ARC, l'entraînement des pilotes est le processus le plus complexe et le plus crucial. Outre les difficultés de recrutement et de maintien en poste (compte tenu de la demande civile pour cette spécialité), le choix parmi les modèles d'instruction est tout aussi astreignant. Au chapitre 10, M. Stuart Grant (scientifique principal à RDDC) propose un aperçu intéressant du rôle de la simulation dans l'ensemble des outils de formation qui existe pour assurer la formation des pilotes. L'idée essentielle de ce chapitre est l'évaluation des avantages de la simulation. Alors qu'il existe de nombreux renseignements et données sur les coûts et l'évaluation des intrants, les avantages de la simulation n'ont pas été entièrement analysés ni parfaitement compris. Le chapitre propose d'importantes méthodes et approches qui permettent de pondérer les coûts et les avantages de la simulation.



Les trois derniers chapitres sont des études de cas consacrées à certaines activités ou initiatives de l'ARC pour décrire l'usage pratique des stratégies de gestion des ressources. Au chapitre 11, le colonel Fetterly collabore avec Christopher Penney (scientifique à RDDC) à l'évaluation de l'efficacité des capacités stratégiques de transport aérien et de recherche et sauvetage. Ce sont sans doute les capacités les plus visibles de l'ARC et celles qui se prêtent le mieux à des analyses quantitatives. Le chapitre aborde d'importants enjeux comme les pressions pendant l'année financière et les stratégies d'atténuation, les décisions en matière de renouvellement des ressources qui se rapportent à la mise sur pied et à l'emploi des forces, de même que les principaux catalyseurs des coûts de l'ARC.

Aux chapitres 12 et 13, on examine conjointement le programme de formation des pilotes et la stratégie de diversification des modes de prestation de services (DMPS). L'ARC a une solide expérience de la conception et de la gestion de la DMPS ou des activités de sous-traitance. Le Programme d'entraînement en vol de l'OTAN au Canada (NFTC) est l'une des principales stratégies de DMPS gérées par l'ARC et est le thème des deux derniers chapitres de cet ouvrage. Le chapitre 12, que l'on doit à M. Charles J. Hunter (RDDC), décrit et applique le modèle de répartition des ressources de NFTC, lequel permet de prédire les limites de la charge des stagiaires, compte tenu d'un ensemble précis de ressources (p. ex., personnel enseignant, équipements, entretien, etc.). Ce modèle comporte également des caractéristiques comme la concurrence (ordonnancement d'activités multiples), les limites saisonnières des vols de jour et les effets météorologiques en temps réel des journées de formation.

Même si nous pouvons utiliser le modèle pour planifier et prendre les décisions sur la charge des stagiaires, le lieutenant-colonel Jonathan Clow (personnel aérien) analyse les éléments de conception, d'adjudication et de surveillance des contrats du NFTC au chapitre 13. Le NFTC est exploité par un entrepreneur, Bombardier Inc., et comporte un amalgame d'employés et d'équipements fournis par le gouvernement pour assurer la formation. Le chapitre examine d'un œil critique ce programme complexe et les enjeux et les défis qui s'y rattachent en ce qui concerne la surveillance des résultats.

## Conclusion

Le climat stratégique mondial produit actuellement des changements non linéaires et perturbateurs, tout en se dirigeant vers un univers multipolaire incertain. Une approche évolutive traditionnelle face au changement à une époque où la planification stratégique doit fournir le contexte mettra au défi l'ARC de saisir les initiatives nouvelles. L'importance actuelle que l'ARC attache à l'innovation est une stratégie axée sur le positionnement de l'ARC en fonction des possibilités futures.

Devant les progrès rapides de la technologie et la mutation des guerres vers un milieu hybride et pluridisciplinaire, l'ARC se doit de recourir à des approches novatrices pour ses stratégies de recherche et développement et ses activités de planification organisationnelle. Ce livre propose des idées qui appuient les initiatives transformationnelles qui aideront l'ARC à se refaçonner et à se positionner pour l'avenir.



Ross Fetterly a pris sa retraite des Forces canadiennes en 2017 après une carrière de 34 ans en tant que directeur – Fonction de contrôle et planification d'activités (Air) au sein de l'Aviation royale canadienne. Il avait auparavant occupé le poste de contrôleur du Commandement du personnel militaire et d'autres postes supérieurs chez le sous-ministre adjoint (Finance) du ministère de la Défense nationale. Il est membre du Canadian Global Affairs Institute. Le colonel (Col) retraité Fetterly a terminé en février 2009 une affectation à titre de chef CJ8 au QG de la base de l'OTAN à l'aérodrome de Kandahar, en Afghanistan. À ce titre, il était responsable des finances, des contrats et des achats. Il a été commandant adjoint du contingent canadien au sein de la Force des Nations Unies chargée d'observer le désengagement sur le plateau du Golan en 2000 et 2001. Il a rempli le rôle d'officier logistique d'escadron et d'officier des finances de l'ARC dans des bases militaires partout au Canada. Il est professeur auxiliaire au département de gestion et d'économie du Collège militaire royal du Canada (CMRC) et agrégé supérieur de recherches au Centre for Security Governance. Il est titulaire d'un baccalauréat en commerce (McGill), d'une maîtrise en administration (Université de Regina) et d'une maîtrise et d'un doctorat en études sur la guerre du CMRC. Ses champs d'études de doctorat portaient sur l'économie de la défense, la politique en matière de défense et l'analyse des coûts de la défense.

Binyam Solomon est scientifique de la défense principal à RDDC et professeur de recherche auxiliaire à l'Université Carleton. Il est en affectation, à l'heure actuelle, en tant que conseiller spécial du sous-directeur parlementaire du budget. Auparavant, il a été coéditeur de la revue *Defence and Peace Economics* (2013-2018), économiste en chef au ministère de la Défense nationale et scientifique en chef par intérim au Centre d'analyse et de recherche opérationnelle. Il a beaucoup publié dans les domaines de l'économie, des statistiques et de la défense. Dans la recherche, il s'intéresse à l'économie politique, à la gestion de la défense, à l'économie des opérations de maintien de la paix et aux méthodes d'analyse de séries chronologiques. Il est titulaire d'un doctorat en économie de la défense de l'Université de York, au Royaume-Uni.



## Abréviations

<b>ARC</b>	Aviation royale canadienne
<b>DMPS</b>	diversification des modes de prestation de services
<b>FAC</b>	Forces armées canadiennes
<b>GC</b>	gouvernement du Canada
<b>MDN</b>	ministère de la Défense nationale
<b>NFTC</b>	Entraînement en vol de l'OTAN au Canada
<b>RDDC</b>	Recherche et développement pour la défense Canada



## Notes

1. Douglas Bland, *Issues in Defence Management*, Kingston, Queen's University School of Policy Studies, 1997, p. 15.
2. Nathan Freier, *Known Unknowns: Unconventional Strategic Shocks in Defense Strategy Development*, Carlisle (PA), Strategic Studies Institute, 2008, p. vii.
3. Jennifer Welsh, *The Return of History: Conflict, Migration, and Geopolitics in the Twenty-First Century*, Toronto, House of Anansi Press, 2016, p. 136.
4. Bernd Horn, « No, But Yes. Military Intervention in the New Era: Implications for the Canadian Armed Forces », Calgary, Canadian Defence and Foreign Affairs Institute, 2015, p. 3.
5. Thomas Piketty, *Capital in the Twenty-First Century*, traduit par Arthur Goldhammer, Cambridge (MA), The Belknap Press of Harvard University Press, 2014.
6. The Conference Board, « CEO Challenge 2017: Leading through Risk, Disruption, and Transformation », New York, The Conference Board, Inc., 2017, p. 6.
7. Canada, Secrétariat du Conseil du Trésor, « Chasseurs de la nouvelle génération : Cadre du coût du cycle de vie », consulté le 25 janvier 2018, <https://www.canada.ca/fr/secretariat-conseil-tresor/services/etablissement-rapports-depenses/cc-que-nous-faisons/chasseurs-nouvelle-generation-cadre-cout-cycle-vie.html>.





# CH02

## **L'économie politique de l'Aviation royale canadienne**

Binyam Solomon

---



# CH02 Table des matières

Introduction.....	15
Environnement fiscal et économique.....	16
Financement (demande).....	20
Production d'éléments de la défense (production) .....	21
L'Aviation royale canadienne .....	23
Contexte .....	23
Stratégie d'affectation des ressources de l'ARC.....	26
Structure des coûts de mise sur pied de la force .....	28
Pourquoi les dirigeants de l'ARC font-ils de l'insomnie? .....	30
Conclusions et orientation future de la recherche .....	33
Appendice A : Demande en main-d'œuvre .....	36
Estimation de la stratégie d'affectation des ressources de l'ARC.....	37
La méthode d'estimation statistique .....	37
Appendice B : Points de données pour les figures 1 à 5 .....	44
Appendice C : Documents du CARO de RDDC analysés à la figure 7 .....	49
Abréviations .....	52
Notes .....	53



## Introduction

L'Aviation royale canadienne (ARC) est une organisation complexe qui comporte de nombreuses facettes, ce qui en fait un sujet idéal pour l'étude de l'économie militaire et de la gestion des ressources. Dans une optique de sécurité nationale, l'ARC est la première ligne de défense, comme on l'indique dans *Vecteurs de la Force aérienne* : « Pour défendre le Canada dans l'environnement stratégique et politique actuel, il faut avoir des moyens qui permettent de surveiller et de contrôler la totalité de l'espace aérien, des côtes et des voies d'accès maritimes du pays<sup>1</sup>. » [Souligné dans l'original]

L'ARC est également l'instrument de l'engagement bilatéral du Canada de défendre l'espace aérien nord-américain aux côtés des États-Unis (É.-U.). En outre, l'ARC assume également la responsabilité de l'espace qui devient de plus en plus la prochaine frontière des conflits et des ressources.

Sur le plan économique, l'ARC et le transport aérien sont des éléments essentiels tant pour la défense des lieux éloignés que pour la liaison avec ceux-ci. L'industrie aérospatiale au Canada et partout ailleurs reçoit une attention considérable des gouvernements en tant que source d'innovation et capacité industrielle stratégique. En raison de cette attention particulière, l'industrie aérospatiale exerce également de façon assidue des activités de lobbying<sup>2</sup>. L'effectif utilisé pour produire les effets aériens est hautement spécialisé et très recherché à l'extérieur de l'armée. Par conséquent, la formation et le maintien en poste de cet effectif coûtent cher comparativement à d'autres milieux, par exemple l'Armée canadienne (AC).

En ce qui concerne les biens en capital, l'ARC a recours à des avions militaires perfectionnés et complexes sur le plan technique. Au moment de faire l'acquisition de cet équipement ou de demander du financement à cette fin, l'ARC attire de plus en plus souvent l'attention du public et du domaine politique, sans que ceux-ci comprennent parfaitement les risques associés à ces achats. Comme on l'a indiqué précédemment, les gouvernements s'intéressent au domaine aérospatial et aux industries de haute technologie qui y sont associés pour leur potentiel de création d'emplois et comme moteur de l'innovation. Pour ce qui est des besoins de l'ARC sur le plan des capacités, on est aux prises avec des choix difficiles liés à la politique industrielle nationale, aux limites dans le financement et aux exigences en matière de sécurité nationale<sup>3</sup>.

Un certain nombre de questions concernant l'économie militaire valent la peine qu'on s'y attarde. Compte tenu du rôle important de l'aviation dans la défense de l'espace aérien nord-américain, doit-on y consacrer une large portion du financement de la défense? L'ARC a-t-elle un monopole concédé? Étant donné qu'aucune autre organisation concurrente ne peut fournir d'effets maritimes, terrestres et aériens, il n'existe pas de mesures incitant à l'innovation ou à l'amélioration de l'efficacité<sup>4</sup>. On ne trouve pas non plus de gains de rentabilité pour inciter l'ARC ou d'autres environnements à chercher en permanence des améliorations de productivité.

L'absence d'un signal lié tant au prix qu'au profit ne limite pas nécessairement l'application d'orientations en matière de politique axées sur l'économie. En arriant à des considérations économiques les défis de l'ARC sur le plan des ressources, on obtient le cadre nécessaire pour définir et expliquer le problème et pour structurer l'analyse et l'espace des solutions dans les limites budgétaires et politiques.



Ce chapitre a pour but d'étudier et d'analyser, au moyen d'outils économiques et de gestion des ressources, les difficultés liées aux ressources de niveau stratégique auxquelles l'ARC doit faire face.

Une évaluation de ce type serait toutefois incomplète sans une compréhension des environnements budgétaires et économiques du gouvernement du Canada et du ministère de la Défense nationale (MDN). Par conséquent, le chapitre porte pour commencer sur un aperçu de ces institutions de niveau supérieur. La section suivante porte sur les besoins en dotation de l'ARC et on jette ensuite un regard critique sur l'affectation des ressources de l'ARC grâce à l'examen de ses besoins en main-d'œuvre. Idéalement, des données du type de celles qui portent sur l'effectif comportent des indices sur le caractère optimal du processus de production si on les lie à une mesure quantifiable (monétaire) des effets aériens. Sans ces données, nous utilisons un modèle ayant trait aux besoins en main-d'œuvre pour examiner la stratégie d'affectation des ressources de l'ARC. L'appendice A comprend les détails techniques sur le modèle axé sur la demande en main-d'œuvre et les mesures statistiques associées. On examinera plus en profondeur la stratégie de l'ARC au moyen d'une évaluation qualitative et quantitative. Nous étudierons plus particulièrement les problèmes concernant la recherche tels que posés par les hauts dirigeants de l'ARC au cours de la dernière décennie, ainsi que l'intention observée indirectement. La dernière section représente la conclusion et suggère des orientations ultérieures en matière de recherche.

## Environnement fiscal et économique

Un des lecteurs critiques anonymes du chapitre 4 portant sur la planification fondée sur les capacités (PFC) et l'Aviation royale canadienne a émis un commentaire selon lequel la planification fondée sur les capacités de la Force aérienne, prise isolément, sans égard aux autres services, n'est pas différente sur le plan conceptuel de la PFC des Forces armées canadiennes, considérée sans égard aux alliés, aux autres ministères (AM) et aux organisations non gouvernementales (ONG), etc.

Il est clair que le lecteur critique nous rappelle ici l'importance des liens entre les différentes armées des FAC quand vient le moment de formuler des stratégies de développement des forces. Dans le même ordre d'idées, il est nécessaire d'effectuer en contexte l'examen de la gestion des ressources de l'ARC comme faisant partie de l'espace décisionnel du gouvernement du Canada. Nous amorçons ce chapitre par un aperçu des défis du gouvernement du Canada en matière de gestion des ressources.

Le Canada étant une petite économie ouverte, il s'appuie sur des conventions internationales et sur des accords bilatéraux et multilatéraux sur le plan économique et sur celui de la sécurité<sup>5</sup>. Ainsi, au moment de trouver l'équilibre entre les besoins liés à la sécurité nationale et ceux qui concernent la santé ou le filet de sécurité sociale, le gouvernement fédéral doit tenir compte de l'environnement international. La géographie du pays et le caractère dispersé de sa population compliquent cet exercice. La superficie du Canada couvre plus de neuf millions de kilomètres carrés, mais la majorité de sa population vit à proximité de la frontière avec les États-Unis, accessible en voiture. Cela dit, le gouvernement fédéral finance l'infrastructure nécessaire aux citoyens qui vivent dans les régions éloignées du pays, directement ou indirectement, au moyen de transferts aux provinces.



Un gouvernement élu démocratiquement tente aussi de donner suite à certaines initiatives que favorise la population pour plaire au plus grand nombre et conserver la faveur des électeurs. Bien souvent, ces initiatives auront des répercussions fiscales à long terme, ce qui restreint l'affectation future des ressources limitées. Hart et Dymond<sup>6</sup> donnent l'exemple que pendant les années 1960, le gouvernement fédéral canadien a mis en œuvre un programme énergétique sur le plan social de redistribution des revenus et d'aide aux régions les plus pauvres. Dans les années 1970, le gouvernement de l'époque a décidé qu'il était temps de se tourner vers la science et la technologie, les affaires urbaines, l'environnement et le développement international<sup>7</sup>. Pour faciliter l'application de ces politiques expansives, le gouvernement a créé de nouveaux ministères, des ministères d'État et plus de 100 nouveaux organismes, conseils et commissions<sup>8</sup>.

Comme on le montre à la figure 1<sup>9</sup>, le niveau de la dette fédérale a augmenté régulièrement dans les années 1970 pour atteindre un sommet en 1997, soit 750 milliards de dollars (indexés)<sup>10</sup>. La baisse régulière depuis est en grande partie attribuable à une approche plus restrictive (dans une optique d'action sociale et budgétaire) et au fait que les gouvernements successifs ont opté pour des solutions fondées sur le marché. Les données comparables sont disponibles seulement jusqu'en 2008 et ne portent pas sur l'approche expansive adoptée récemment par le gouvernement pour s'attaquer à la grande récession.

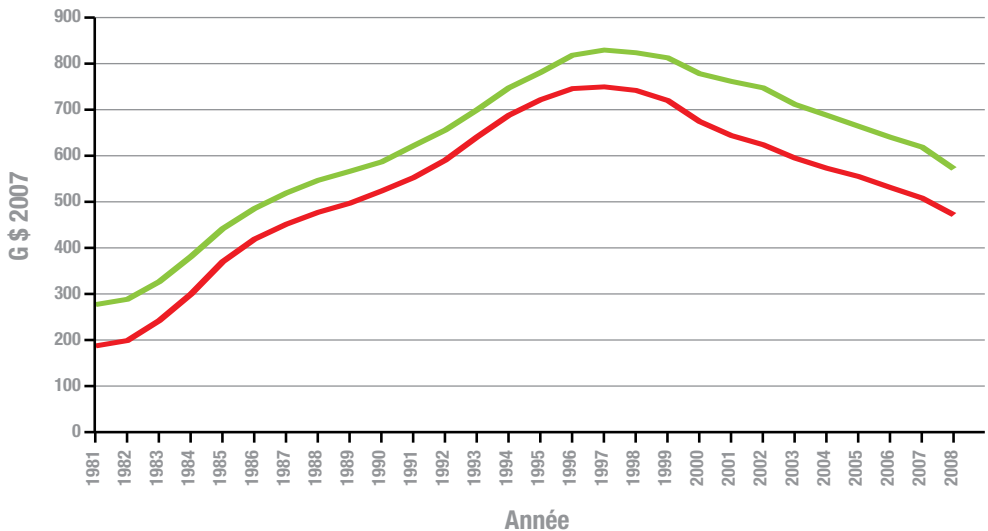


Figure 1. La dette fédérale (nette et brute) en milliards de dollars constants (2007)<sup>11</sup>

Au cours des deux dernières décennies, la dette fédérale a joué un rôle de premier plan pour ce qui a été de limiter le financement pouvant être attribué aux transferts en vertu de la loi vers les personnes, les provinces et les programmes discrétionnaires. Par exemple, en 1991, les paiements d'intérêt sur la dette fédérale représentaient environ 30 cents de chaque dollar dépensé par le gouvernement fédéral.



La figure 2<sup>12</sup> indique la baisse régulière dans les frais d'intérêt depuis 1990, mais les dépenses tant discrétionnaires que législatives ont continué de représenter des parts de plus en plus importantes des dépenses fédérales.

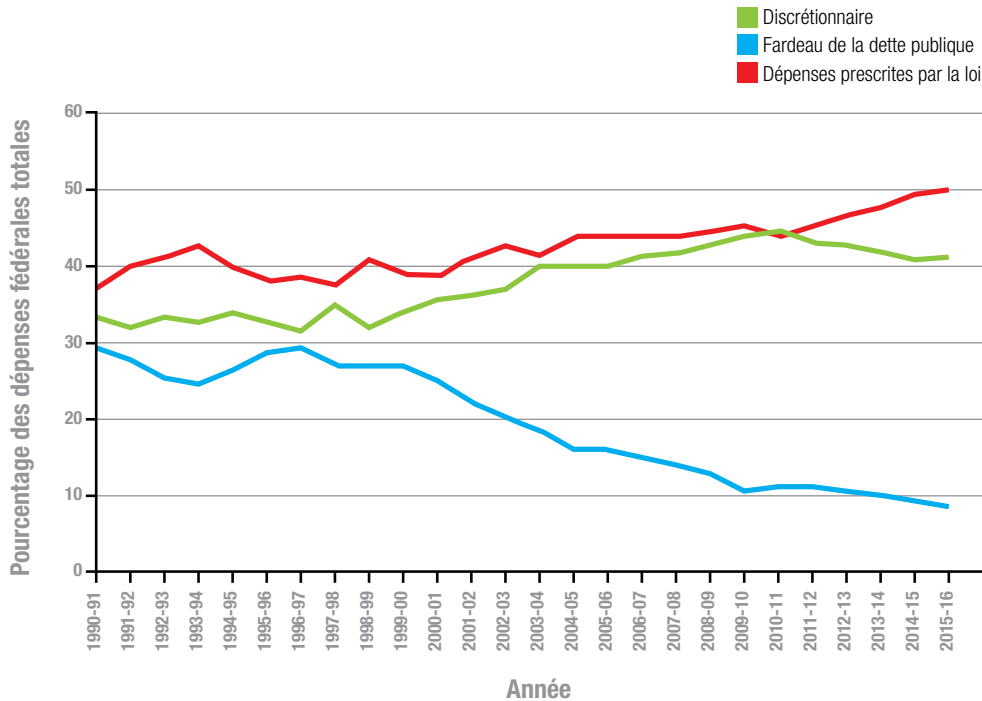
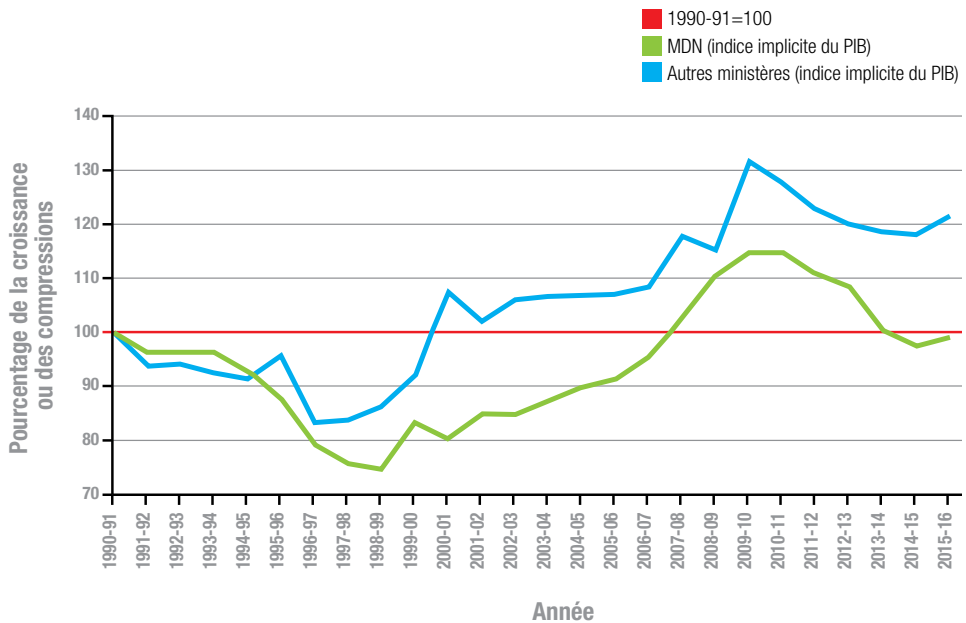


Figure 2. Catégories de dépenses fédérales<sup>13</sup>

La figure 3<sup>14</sup> illustre les niveaux de financement du MDN. La figure comporte les dépenses de fonctionnement du MDN et des AM comme base de référence en dollars pour l'année financière 1990-1991. En prenant 100 comme point de départ, on constate le rapport entre la croissance et les compressions pour les deux catégories de dépenses au fil des ans. Le MDN et les AM ont connu des compressions en raison de la hausse de la dette fédérale et de la stratégie de réduction budgétaire qui en a résulté. En 1999-2000, les AM avaient retrouvé leurs niveaux de 1991 et en 2010-2011, les niveaux ont atteint un sommet à 32 % au-dessus du niveau de 1990-1991.



**Figure 3. Rapport entre la croissance et les compressions dans les niveaux de dépenses des ministères fédéraux, si l'année financière 1990-1991=100**

En comparaison, le MDN a atteint le creux de la vague à 25 % au-dessous de son niveau de 1990-1991 à l'année financière 1998-1999 et il a retrouvé son niveau de 1990-1991 seulement à l'année financière 2007-2008. Après avoir atteint un sommet à 15 % au-dessus de son niveau de 1990-1991 à l'année financière 2009-2010, il est maintenant revenu sous son niveau de 1990-1991. Cela est en partie attribuable au fait que le MDN compte pour une portion allant du quart au tiers environ des dépenses discrétionnaires (voir la figure 4<sup>15</sup>); en périodes d'austérité, le gouvernement est plus enclin à favoriser d'autres demandes concurrentes.

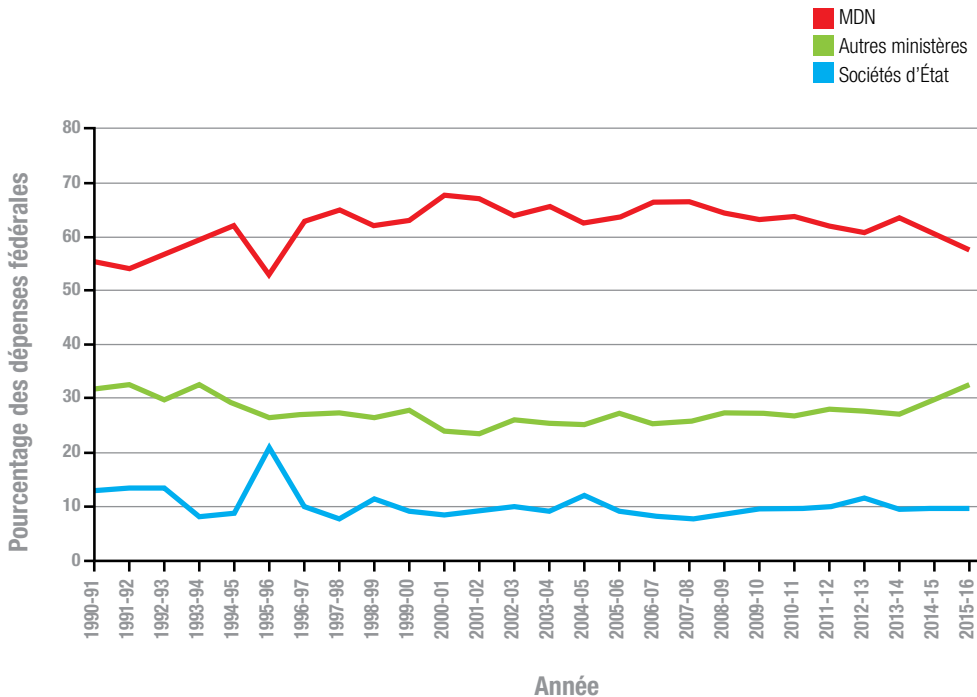


Figure 4. Pourcentage des dépenses fédérales, moins les paiements de transfert<sup>16</sup>

## Financement (demande)

Il y a d'autres raisons également qui expliquent que le MDN ait été négligé par rapport à d'autres ministères. Comme on l'a mentionné auparavant, la politique au Canada est régionale, et la défense, en raison de sa nature, est nationale. Par conséquent, les efforts de promotion sont dispersés en ce qui a trait à la défense, sauf dans les régions où sa présence est importante. Surtout, la préférence relative pour les activités autres que la défense représente un choix qui ne s'est pas démenti, peu importe le parti politique.

Ce choix ou la demande concernant les dépenses militaires au Canada dépend non seulement des demandes concurrentielles et des compromis qui s'y rapportent, mais aussi du nombre de variables politiques et économiques. Les économistes examinent la question de l'action collective associée aux alliances militaires comme l'Organisation du Traité de l'Atlantique Nord (OTAN) et les conséquences sur les déterminants pour les dépenses en matière de défense nationale. Par exemple, Murdoch et Sandler<sup>17</sup> ont mis au point un cadre théorique qui traite les pays comme des entités qui maximisent le bien-être collectif pour évaluer les interactions stratégiques des pays membres de l'OTAN. Dans leur étude qui porte sur la période 1950 aux années 1970, les auteurs déterminent que le Canada et un certain nombre de pays européens de moindre envergure s'en remettent largement aux efforts des plus gros pays membres.





S'appuyant sur une période beaucoup plus longue, depuis la création de l'OTAN jusque dans les années 2000, Solomon<sup>18</sup> trouve des différences subtiles dans la réaction du Canada à l'égard des dépenses des alliés liées à la défense. Selon l'étude, le Canada ajoute un complément aux dépenses des Européens pour la défense (ils ne « resquillent » pas), mais sa réaction à l'égard des dépenses militaires des États-Unis ne donne pas de résultats. De plus, toujours selon l'étude, l'affiliation à un parti politique canadien n'influe pas sur les défenses militaires; cependant, la hausse relative des prix de la défense se répercute sur les budgets militaires<sup>19</sup>.

Dans une étude plus récente par Sandler et Shimizu<sup>20</sup>, on constate que le calcul du partage des obligations a pris un virage vers l'exploitation des pays membres les plus riches (de façon à dépendre d'eux encore davantage) en raison de la récente doctrine d'intervention en cas de crise de l'OTAN. D'après cette étude, la nouvelle doctrine de l'OTAN exige des pays qu'ils envoient des forces au-delà de la zone de l'alliance, ce qui exige des activités de transport stratégique et d'autres capacités de déploiement de la force.

La relative prospérité des pays et leur niveau de revenu se répercutent également sur leurs demandes concernant les dépenses militaires. Comme le souligne Hartley<sup>21</sup>, les pays qui souhaitent conserver des étiquettes comme celle de « grande puissance » acceptent de dépenser un pour cent ou plus de leur richesse nationale pour les forces militaires. Douch et Solomon<sup>22</sup> confirment le phénomène par rapport aux puissances moyennes. Les pays de puissance moyenne dépensent aussi un montant proportionnel au sein de leur groupe de pairs pour maintenir leur position<sup>23</sup>.

### Production d'éléments de la défense (production)

La sous-section précédente mettait l'accent sur les décisions de financement du gouvernement fédéral, lesquelles peuvent être interprétées comme l'aspect lié à la demande de la stratégie d'affectation des ressources. Dans l'architecture de gouvernance à l'anglaise, le gouvernement élu communique sa vision et ses priorités au moyen du discours du trône. Le budget fédéral fournit le profil de financement des priorités énoncées, et les ministères concernés du gouvernement reçoivent des orientations au moyen de livres blancs.

Fetterly<sup>24</sup> signale que les livres blancs de la défense sont demeurés sensiblement les mêmes (en substance) depuis les années 1960. Plus particulièrement, les aspects communs portent sur la défense de la souveraineté canadienne, la protection de l'Amérique du Nord aux côtés des États-Unis et la diffusion des valeurs canadiennes à l'échelle internationale. Comme on l'a dit précédemment, le Canada ne peut pas demeurer neutre sur le plan géostratégique à cause de sa taille et de sa géographie.

Le Canada doit sans cesse mettre son environnement de sécurité en contexte au sein des accords bilatéraux et multilatéraux<sup>25</sup>. Cependant, la posture de politique de défense militaire stable contredit le fait que des changements aux accords de sécurité multilatéraux pourraient entraîner le Canada dans des opérations expéditionnaires qui vont bien au-delà des capacités nécessaires pour la sécurité nationale ou nord-américaine. Ainsi, on doit implicitement pouvoir compter sur une force crédible susceptible de se mobiliser et d'interagir dans un environnement de sécurité internationale.



Pour que ces grands mandats gouvernementaux et les exigences multilatérales tacites deviennent opérationnels, l'armée met au point des plans et des stratégies sur la capacité. Cet aspect correspond au volet « production » de la gestion des ressources et le thème principal de ce livre.

L'aspect de la production porte sur les effets militaires et la réalisation des mandats gouvernementaux au moyen de ressources humaines et de biens d'infrastructure. Au cours de l'année financière 2015-2016, le MDN a compté pour 57 % de tous les achats d'équipement du gouvernement fédéral et pour près de 30 % de l'acquisition de biens réels. Le MDN exploite sa propre université (le Collège militaire royal du Canada), des établissements d'instruction, son système de santé, ses services de police, et il est propriétaire de biens immobiliers d'une valeur dépassant 26 milliards de dollars<sup>26</sup>. Si on compte ses gens et ses ressources, le MDN est une petite province.

Bien qu'une gérance appropriée de ces ressources relativement vastes soit essentielle, les contribuables canadiens doivent connaître la valeur qu'elles sous-tendent. Le MDN fournit de multiples services visibles pour les contribuables canadiens, notamment la contribution au pouvoir civil. Comme exemples, mentionnons les inondations saisonnières au Manitoba, la tempête de verglas dans l'est de l'Ontario et l'ouest du Québec, les efforts de recherche et de sauvetage à l'échelle nationale, le maintien de réserves militaires dans des collectivités locales ainsi que le soutien à la sécurité dans le cadre d'événements nationaux et internationaux en sol canadien.

Certains services sont partiellement visibles, par exemple le Commandement de la défense aérospatiale de l'Amérique du Nord (NORAD), la défense de l'espace aérien nord-américain et la présence des Rangers canadiens dans les collectivités nordiques. Toutefois, une large part des activités du MDN est en fait invisible aux yeux de la population canadienne. La mise sur pied de la force ainsi que l'instruction et l'état de préparation des effectifs exigent beaucoup de ressources et ne sont pas visibles aux yeux des Canadiens. Il arrive souvent que la présence et les engagements internationaux ne fassent pas l'objet d'une communication efficace ou que leur valeur pour les Canadiens ne soit pas bien comprise<sup>27</sup>.

Étant donné que peu des avantages sont visibles et coûtent relativement cher, il n'est pas rare que le MDN soit scruté à la loupe et que sans le bénéfice d'un cadre de gestion des ressources à l'échelle du ministère, sa crédibilité fasse l'objet d'attaques récurrentes. Depuis la fin des années 1990, le MDN développe et rend opérationnelles des initiatives de gestion stratégique pour harmoniser et communiquer la production d'effets militaires qui donnent suite aux mandats des livres blancs. Rempel<sup>28</sup> et Blakeney et coll.<sup>29</sup> donnent une vue d'ensemble complète des outils de gestion stratégique, notamment la PFC. Ces outils, concepts et techniques de recherche opérationnelle permettent au MDN d'établir un lien entre les effets militaires et les résultats gouvernementaux et de rendre compte plus efficacement des coûts réels en ressources des structures et capacités de la force.



## L'Aviation royale canadienne

### Contexte

L'ARC, la plus jeune des armées, a vu le jour peu après la Première Guerre mondiale, en 1924. Toutefois, les Canadiens ont participé à la campagne aérienne de la Première Guerre mondiale comme membre de l'Empire britannique<sup>30</sup>.

À la fin de la Seconde Guerre mondiale, l'ARC occupait la quatrième place parmi les forces aériennes alliées et elle avait une forte présence en Europe durant les premiers jours de la Guerre froide<sup>31</sup>. L'établissement de l'accord canado-américain du NORAD en 1956, conjugué à la hausse du soutien des Nations Unies (ONU), a facilité une croissance rapide du nombre de militaires de l'ARC. Cependant, comme on peut le voir à la figure 5<sup>32</sup>, la dotation de l'ARC a diminué de façon constante depuis les années 1960.

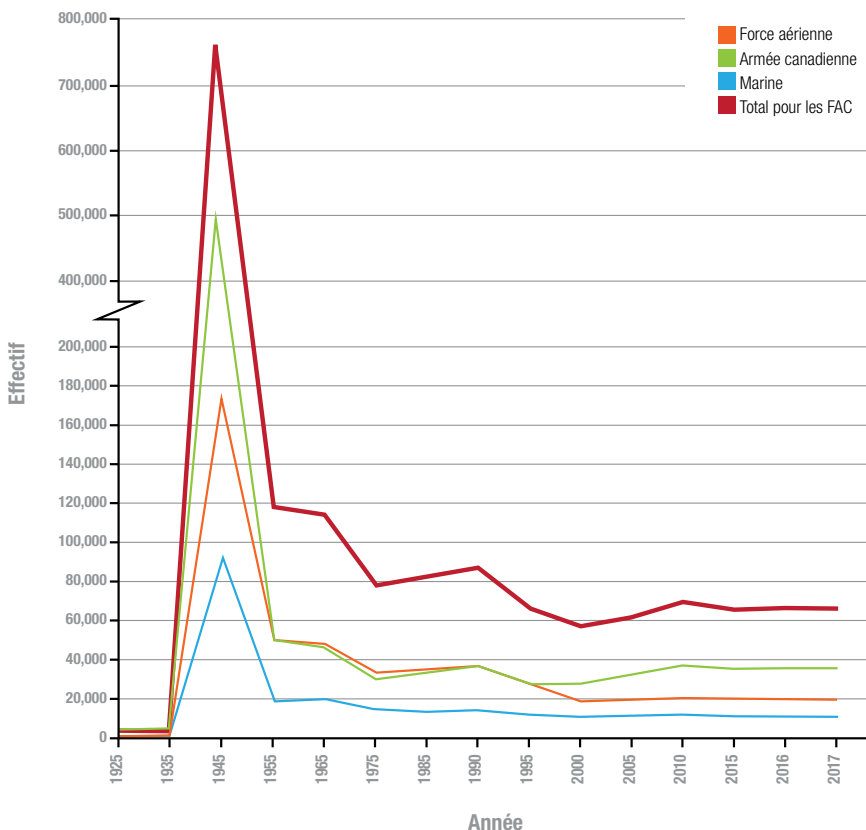


Figure 5. Effectif des FAC, différentes années<sup>33</sup>



Malgré la baisse, l'ARC est restée le plus gros service/la plus grande armée<sup>34</sup> de 1955 à 1990. À la fin des années 1950, la Guerre froide avait atteint son point culminant et l'aviation canadienne en Allemagne et en France avait augmenté sa présence et comptait 12 escadrons de chasseurs canadiens<sup>35</sup>. Dans le même ordre d'idées, l'engagement du Canada envers NORAD supposait la formation d'escadrons d'intercepteurs et la mise sur pied d'un réseau d'alerte avancé. Un système de stations radars capable de détecter et de définir des menaces potentielles, le réseau d'alerte avancé a conféré à l'ARC un rôle supplémentaire. Le réseau d'alerte avancé qui s'appuyait sur 63 emplacements est devenu opérationnel en 1957.

L'ARC a lancé et exploité des systèmes dotés d'armes nucléaires dans les années 1960, mais sous le contrôle des États-Unis, à partir d'escadrons de chasseurs basés en Europe et en Amérique du Nord et les sites de missiles Bomarc. Ce dernier élément a donné lieu à une crise politique au Canada et le gouvernement conservateur a été défait par l'opposition libérale.

Le livre blanc de 1964 comportait des modifications substantielles aux FAC, notamment l'intégration des services et un ensemble de révisions à la baisse dans les budgets de la défense. De plus, le livre blanc de 1964 insistait tout particulièrement sur le maintien de la paix et justifiait les efforts d'unification des services pour soutenir un déploiement rapide et remplir les obligations en matière de maintien de la paix<sup>36</sup>. Sur le plan politique, le Canada ne pouvait pas se soustraire aux engagements de l'OTAN, car la doctrine de la riposte graduée nécessitait le déploiement de forces conventionnelles dans le théâtre européen. De plus, le gouvernement fédéral s'est rendu compte que l'engagement envers le maintien de la paix était une façon rentable d'interpréter les attentes internationales et nationales à l'égard du rôle des FAC. Entre-temps, l'industrie aérospatiale canadienne faisait face à ses propres difficultés attribuables aux changements technologiques, à l'accélération du coût des unités et aux réductions budgétaires<sup>37</sup>. Surtout, en ce qui concerne l'ARC, à cause de la fabrication nationale avec la licence d'équipement aérospatial, on a commencé à compter davantage sur les avions construits aux États-Unis.

L'ARC a également appuyé les missions de paix de l'ONU en fournissant des forces de combat (des pilotes de chasseurs) et de transport durant la guerre de Corée et un soutien important de l'aviation pour les missions de maintien de la paix au Moyen-Orient et en Asie. Le tableau 1 indique les types d'équipements utilisés par les contingents canadiens avant les années 1970 et leur quantité. Pendant ce temps, la participation canadienne était principalement tournée vers les Amériques (la crise des missiles à Cuba et les secours humanitaires) et la région du Moyen-Orient (maintien de la paix traditionnel); les besoins en biens étaient presque entièrement axés sur le transport aérien et dans une certaine mesure, le transport maritime. Entre 1970 et la fin de la Guerre froide (1991), les régions d'activité sont demeurées inchangées tandis que les besoins en équipement des contingents se sont modifiés de façon marginale pour s'orienter vers le soutien logistique.



Région	Type de bien	Quantité
Amériques	Escadron de chasse	31
Amériques	Avion-cargo	21
Amériques	Contre-torpilleur	19
Moyen-Orient	Avion-cargo	17
Amériques	Frégate	16
Océan atlantique	Contre-torpilleur	15
Amériques	Escadron d'intercepteurs	10
Amériques	Escadron du transport aérien	6
Amériques	Unité mixte	6
Moyen-Orient	Porte-avions	5
Amériques	Groupe-brigade	4
Afrique	Avion-cargo	4
Asie	Contre-torpilleur	4
Moyen-Orient	Escadron du transport	4

**Tableau 1. Biens fréquemment utilisés pour les missions de l'ONU avant les années 1970<sup>38</sup>**

Depuis 1990, les troupes canadiennes ont été déployées sur presque tous les continents (voir le tableau 2). La période postérieure à la Guerre froide a aussi mené à des missions de paix d'un autre type menées par des organisations comme l'OTAN et des coalitions des pays disposés. Les trois armées (maritime, terrien et aérien) ont été incluses dans le type de composition du capital. En raison d'un certain nombre de facteurs, les missions de paix récentes ont coûté cher tant à l'ONU qu'au pays ayant envoyé des troupes. Premièrement, la fréquence de la participation canadienne à ces missions non dirigées par l'ONU a doublé au cours de la dernière décennie seulement. Deuxièmement, les missions se déroulent en même temps sur cinq continents. Troisièmement, les missions sont complexes et dangereuses. La complexité et la fréquence des missions de maintien de la paix qui ne sont pas dirigées par l'ONU entraîneront certainement un taux d'amortissement plus rapide des biens d'équipement des FAC (et de l'ARC en particulier).



Région	Type de bien	Quantité
Amériques	Ingénieurs et équipement de construction	150
Europe	Avion-cargo	99
Europe	Chasseur	24
Amériques	Hélicoptère	22
Amériques	Pétrolier ravitailleur d'escadre	6
Amériques	Unité mixte	6
Moyen-Orient	Frégate	6
Afrique	Hélicoptère	6
Amériques	Bataillon d'infanterie	6
Afrique	Troupe de génie de combat	5
Amériques	Contre-torpilleur	5
Europe	Frégate	5
Afrique	Peloton d'infanterie	5
Europe	Pétrolier ravitailleur d'escadre	4
Europe	Régiment blindé	4
Afrique	Avion-cargo	4
Moyen-Orient	Régiment de génie de combat	4
Moyen-Orient	Hélicoptère	4
Afrique	Compagnie d'infanterie	4
Europe	Compagnie d'infanterie	4
Europe	Bataillon de logistique	4

Tableau 2. Biens fréquemment utilisés pour les missions de l'ONU après les années 1990<sup>39</sup>

### Stratégie d'affectation des ressources de l'ARC

Dans une optique de gestion des ressources militaires, on devrait se poser la question pertinente de savoir pourquoi l'effectif réel de l'ARC diminue comparativement aux autres armées. En général, du point de vue de l'économie, l'utilisation d'intrants pour une production donnée dépend du prix relatif de ces intrants. Si les extrants ou les résultats militaires sont produits à l'aide d'une combinaison de membres des forces armées, de civils et d'équipement, on pourrait en déduire que le prix relatif de l'effectif de l'ARC a augmenté.

En revanche, notre examen précédent portant sur la demande a montré que les gouvernements doivent faire des choix difficiles compte tenu des demandes multiples et concurrentes. Comme le fait remarquer Hartley<sup>40</sup>, les gouvernements ont bien souvent le choix entre trois solutions quand ils prennent



des décisions sur les ressources militaires. Premièrement, les gouvernements peuvent reconsidérer le rôle des forces armées (la somme de défense à produire) en se fondant sur l'environnement de sécurité et la capacité de financer les forces (par exemple, de nouveaux livres blancs sur les exercices d'examen de la défense). Deuxièmement, ils peuvent mener une révision « furtive », c'est-à-dire une réduction passive qui s'appuie sur la diminution de l'instruction, etc.<sup>41</sup> Troisièmement, les gouvernements peuvent rechercher des améliorations de la productivité en bonifiant les processus, en adoptant des technologies ou en déployant des efforts de rationalisation (examen stratégique ou transformation des FAC).

Il est à noter que chaque armée peut faire valoir le besoin d'augmenter la part des fonds alloués à la défense si les effets produits par l'armée correspondent à l'intention du gouvernement. Par exemple, jusqu'à la fin de la Guerre froide, les résultats de l'ARC étaient visibles et mesurables comparativement à d'autres armées. Dans cette optique, on peut alléguer qu'elle commandait une portion importante de financement. La doctrine de la riposte graduée de l'OTAN supposait un partage plus équitable du fardeau<sup>42</sup> et nécessitait le déploiement de ressources aériennes dans le théâtre européen.

Dans le même ordre d'idées, la responsabilité interarmées de défense aérienne continentale avec les États-Unis a fourni une exposition précieuse à la force militaire la plus importante, sans compter qu'il s'agissait du plus important partenaire commercial. Il arrive souvent que le gouvernement du Canada prenne des décisions sur son engagement dans le NORAD pour suivre l'orientation militaire et non pour établir ses propres priorités<sup>43</sup>. Enfin, les engagements du Canada envers le maintien de la paix avant les années 1990 se fondaient sur des rôles traditionnels à cet égard, ce qui convenait à l'ARC et à ses capacités, comme on peut le voir aux tableaux 1 et 2.

Cependant, après la Guerre froide, aucun des avantages cités ci-dessus n'avait la même importance, sauf peut-être en ce qui concerne l'engagement dans le NORAD. Avec la nouvelle doctrine de l'OTAN d'intervention en cas de crise, le recours à la force et les affrontements sur le terrain étaient inévitables, ce qui a augmenté le rôle de l'AC par rapport à l'ARC. Jusqu'à l'achat en 2007 du CC177 Globemaster doté d'une capacité de transport aérien stratégique, les moyens de transport aérien civils ou militaires d'autres sources pouvaient se substituer à ceux de l'ARC. De plus, les interventions de maintien de la paix se sont transformées en interventions d'imposition de la paix ou de construction de pays et en interventions humanitaires complexes. Toutes ces opérations ont exigé une action plus coordonnée de toutes les armées et introduit la participation de nouveaux intervenants, notamment les ONG, la police civile et les organisations d'aide internationale<sup>44</sup>.

Bien que l'examen qui précède corresponde à la tendance décrite à la figure 5, certaines variables peuvent porter à confusion et ont pu influencer sur la baisse relative de l'effectif de l'ARC. D'un point de vue empirique ou statistique, on doit surveiller ces facteurs de confusion avant d'examiner l'association implicite (et non causale) entre les changements dans l'effectif de l'ARC et d'autres facteurs, notamment les prix et les effets temporels.

Idéalement, pour mener une analyse statistique solide sur la stratégie de l'ARC en matière de ressources, on doit avoir des données sur chacune des armées militaires. De plus, on doit posséder des renseignements sur la valeur relative ou la valeur monétaire des extrants de la défense. Il demeure difficile de



prendre la mesure des extrants militaires, en particulier sur le plan stratégique<sup>45</sup>. À l'heure actuelle, la convention consiste à faire l'adéquation entre les intrants et les extrants. En d'autres mots, on présume que le coût de production de la force militaire est égal au résultat<sup>46</sup>. En l'absence de données à cet égard, on utilise les éléments suivants à titre de variables explicatives potentielles :

- Afin de prendre en compte de l'effet du prix relatif des facteurs, on utilise les taux d'intérêt canadiens à long terme comme indicateur indirect du prix du capital, et un taux salarial réel pour l'ensemble de la main-d'œuvre non associée à l'ARC comme indicateur indirect du prix de la main-d'œuvre. Signalons qu'on obtient le prix relatif de la main-d'œuvre en soustrayant le coût moyen standard de l'ARC (obtenu en utilisant le *Manuel des coûts standard*) des coûts de l'effectif.
- Pour des signaux de politique touchant la stratégie de l'ARC en matière de ressources, on utilise le livre blanc de 1964<sup>47</sup>, le changement dans la doctrine de l'OTAN de la destruction mutuelle assurée aux interventions flexibles et les compressions budgétaires au milieu des années 1990 pour s'attaquer aux déficits gouvernementaux.
- Enfin, on utilise un indicateur indirect des données sur les demandes concurrentielles du gouvernement, sous la forme de dépenses non militaires, pour prendre en considération les signaux de la demande.

Comme on l'a indiqué dans la section d'introduction de ce chapitre, l'appendice A comporte les détails sur le modèle axé sur la demande en main-d'œuvre et les résultats statistiques. En général, le modèle axé sur la demande en main-d'œuvre montre que la valeur relative des salaires et du capital se répercute sur la demande concernant l'effectif de l'ARC comme le prévoit la théorie économique. De plus, les chocs de politiques de l'après-guerre froide et les réductions budgétaires dans les années 1990 ont un fort impact négatif, substantiel sur le plan statistique, sur l'affectation de l'effectif de l'ARC. La baisse la plus brutale dans l'effectif de l'ARC est survenue durant cette période en raison de l'effet conjugué du manque à gagner sur le plan du financement, de la réorientation de l'ARC depuis le théâtre européen et de la forte demande pour des pilotes dans d'autres forces aériennes nationales et dans le marché civil.

Bien que le modèle statistique (décrit en détail à l'appendice A) examiné ci-dessus fournisse une approche quantifiable pour l'examen de l'affectation de l'effectif de l'ARC, d'autres facteurs de coûts se répercutent également sur elle. Un de ses résultats intermédiaires principaux porte sur la mise sur pied de la force, tant sur le capital humain que sur celui de l'équipement. Cet aspect sera examiné brièvement dans la prochaine sous-section.

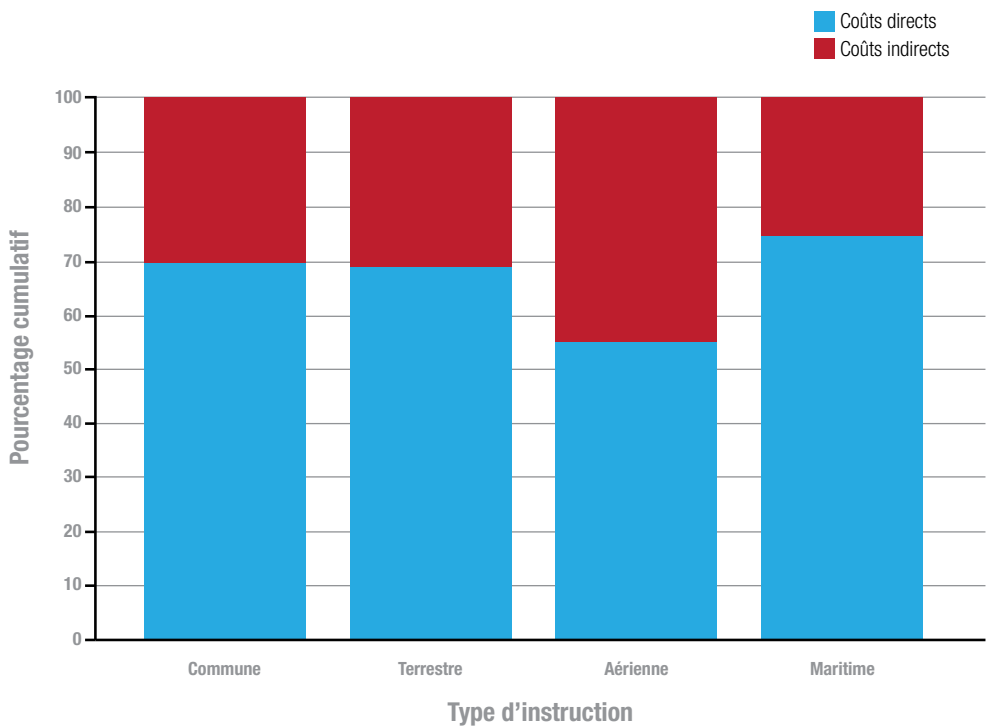
### Structure des coûts de mise sur pied de la force

Pour tâcher d'estimer le coût d'une capacité militaire, Solomon et coll.<sup>48</sup> ont élaboré un modèle d'établissement des coûts au niveau stratégique. L'un des éléments clés de ce modèle correspond à l'attribution des coûts indirects et des résultats intermédiaires, notamment l'instruction, aux principales capacités militaires. Un examen plus étroit de l'attribution des coûts dans le modèle à l'instruction commune et à l'instruction particulière aux armées indique que les coûts d'instruction de l'ARC diffèrent considérablement par rapport à d'autres armées. Premièrement, l'ARC a tendance à recourir davantage que





d'autres armées à des services en sous-traitance pour l'instruction<sup>49</sup>. Par exemple, comme on peut le voir à la figure 6, la formation maritime est celle qui comporte le taux le plus faible de coûts indirects, car 75 % de dépenses du ministère correspondent à des coûts directs<sup>50</sup>. En ce qui a trait à la Marine royale canadienne (MRC), la mise sur pied de la force et l'emploi de la force semblent se produire simultanément et exigent peu de soutien à terre à des fins d'instruction. Dans le même ordre d'idées, 70 % des coûts d'instruction des éléments communs et terrestres sont directement attribuables aux opérations. En comparaison, les coûts directs d'instruction de la force aérienne correspondent à moins de la moitié (45 %) du total des coûts directs de l'ARC.



**Figure 6. Rapport entre les coûts directs et indirects d'instruction selon l'armée<sup>51</sup>**

Deuxièmement, l'utilisation de services en sous-traitance suppose, toutes choses étant égales, une instruction moins chère et plus efficace. Troisièmement, l'ARC et les gestionnaires de ressources au MDN doivent assumer les coûts de surveillance et de supervision<sup>52</sup>. Comme on peut lire au chapitre 13, Formation des pilotes de l'ARC et diversification des modes de prestation des services : Évaluation et amélioration d'un paradigme dysfonctionnel pour l'avenir, l'efficacité et les économies ne se sont pas matérialisées en raison de la conception sous-optimale de la mesure des contrats et du rendement.



Pourquoi a-t-on recours à la diversification des modes de prestation des services (DMPS) ou à des services du secteur privé au moyen de la sous-traitance? Selon l'hypothèse principale, la concurrence dans le secteur privé favorise la rentabilité des opérations et les niveaux de profit. La théorie économique, toutefois, met explicitement l'accent sur le besoin d'une concurrence légitime pour induire des gains d'efficacité dans le recours à la sous-traitance. De plus, on doit exercer un contrôle actif et assurer la comptabilité appropriée des coûts de surveillance et les inclure sans ambiguïté dans l'ensemble des coûts de sous-traitance. Bien souvent, on limite les contrats d'entretien et de maintenance dans l'aviation au fabricant de l'équipement d'origine; bien que cela limite la concurrence, la conception du contrat est essentielle pour susciter les mesures incitatives appropriées dans le but de réduire les prix et d'accroître la productivité.

En plus de l'instruction, la mise sur pied de la force, en ce qui a trait aux biens d'équipement, exige une certification pour la maintenance et la navigabilité. Par conséquent, les ressources aériennes ont besoin de plus de soutien indirect, c'est-à-dire moins de ressources affectées aux opérations et davantage de ressources au soutien logistique (en jargon militaire, le « rapport dents-queue »). Selon Solomon et coll.<sup>53</sup>, les ressources aériennes, notamment les hélicoptères maritimes et chasseurs d'appui tactique ont un « rapport dents-queue » encore plus faible (un soutien indirect plus élevé), avec, respectivement, quatre et cinq militaires employés indirectement pour chaque personne affectée aux opérations. En somme, pour chaque membre d'équipage affecté au déploiement de l'appareil, il y a quatre ou cinq personnes au sol chargées de la maintenance et des activités connexes pour que l'appareil puisse prendre l'air et soit prêt au combat.

En comparaison, les capacités navales, par exemple les contre-torpilleurs et les frégates, nécessitent deux ou trois employés à terre qui fournissent les services d'entretien et de maintenance pour chaque marin. On observe des « rapports dents-queue » plus élevés pour le quartier général de la flotte et celui des brigades (0,86) et pour l'infanterie mécanisée (0,9). Selon la définition de Solomon et coll.<sup>54</sup>, les besoins en effectif indirect (la queue) découlent du soutien à l'infrastructure et à l'équipement pour les capacités considérées.

## Pourquoi les dirigeants de l'ARC font-ils de l'insomnie?

Comme on a pu le voir au chapitre 1, la plupart des chapitres de ce livre portent sur le recrutement, l'instruction et le maintien en puissance de l'effectif et de l'équipement. Bien qu'on puisse s'y attendre dans l'optique de la gestion des ressources, pour diriger une force aérienne, il faut également comprendre les questions soulevées au niveau stratégique. En fait, la plupart des textes sur la gestion des affaires privées et publiques soulignent souvent le besoin pour la haute direction de consacrer beaucoup de temps à envisager et à planifier l'orientation stratégique.

Est-ce le cas dans l'ARC? Même si ce livre porte principalement sur l'ARC, il est crucial de considérer la question de l'allocation optimale du temps consacré par les hauts dirigeants de la fonction publique à la répartition des ressources dans le courant de l'année, de la gestion des crises et de la planification à long terme.



À des fins d'illustration et pour mettre l'ARC en contexte, nous allons examiner les études consacrées à la gestion des ressources concernant l'ARC. Même si l'ARC peut mener des études à l'interne ou en ayant recours à des sous-traitants, nous examinons les études effectuées par Recherche et développement pour la défense Canada (RDDC) au nom de l'ARC. Il s'agit d'un choix pragmatique, motivé en partie par la disponibilité des données; il est une indication des priorités de l'ARC en matière de recherche. De plus, nous avons de l'information sur les relations entre RDDC et ses clients, et sur la façon dont les recherches sont attribuées et exécutées.

Ces renseignements sont précieux pour ce qui est de circonscrire et d'extraire les études qui sont commandées par les dirigeants de l'ARC contrairement à celles qui sont générées par le personnel de RDDC, et approuvées par les dirigeants de l'ARC après coup. Les filtres suivants ont aussi été appliqués aux études de RDDC sur l'ARC :

1. **Filtrées par l'ARC.** Selon le niveau d'expérience du scientifique militaire, le rapport de recherche peut s'appuyer sur un parti pris méthodologique (en matière d'approche) qui pourrait se traduire par une reformulation de la question de recherche et s'éloigner des besoins de l'ARC.
2. **Duplications techniques.** Certaines études sont des commentaires techniques qui décrivent la méthodologie ou l'approche utilisée. On les réalise pour étayer une activité scientifique en appui à une demande du MDN. Ces études font partie du produit final ou sont des recherches supplémentaires, et elles ont été omises pour éviter de dupliquer les résultats.
3. **Publications externes.** Les actes de conférences internationales ou nationales ou les présentations d'ateliers dans ce cadre ou destinés à des publications universitaires ont été omis de l'échantillon, car ils sont souvent des reproductions techniques des produits de clients. Ils visent souvent le développement professionnel des scientifiques de la défense ou une validation extérieure d'une méthodologie ou d'une approche relativement récente.
4. **Financées par le client.** Pour nous assurer que les études qui composent l'échantillon sont générées et filtrées par l'ARC, nous avons choisi une période qui coïncide avec le moment où les recherches étaient financées par le client à RDDC.

Plus précisément, au cours de la période 2000-2010, RDDC a conclu des accords sur les niveaux de service avec différents groupes du MDN (au niveau du sous-ministre adjoint) et les chefs d'état-major d'armée afin d'intégrer les scientifiques de la défense et les clients, pour en retour payer les salaires et les coûts indirects associés. Cet arrangement a transmis aux clients du MDN un signal puissant selon lequel les produits de recherche et d'analyse réalisés par RDDC sont axés sur les clients et adaptés aux besoins émergents.

Pour éviter de sélectionner des études qui auraient pu être influencées par le parti pris méthodologique du scientifique de la défense, nous avons amélioré davantage l'échantillon de façon à inclure des études menées par des chefs d'équipe et des scientifiques de la défense expérimentés seulement. La base de données des publications du Centre d'analyse et de recherche opérationnelle (CORA) de RDDC a été la source consultée<sup>55</sup>. La base de données est complète et comprend plus de 8 000 articles; elle exclut les études qui sont classifiées au-delà de « secret ».



Au moyen des filtres énumérés ci-dessus (articles écrits par des scientifiques expérimentés, matière concernant l'ARC et période 2000-2010), 35 articles ont été analysés. Ces articles sont énumérés à l'appendice C. On peut voir les résultats d'analyse à la figure 7. Au cours de la période de dix ans, les études d'analyse et de recherche opérationnelle (ARO) sur la mise sur pied de la force (recrutement, instruction et entraînement et maintien de l'effectif de l'ARC) ont représenté 46 % (16 articles) de toutes les publications de l'ARC. Une autre tranche de 38 % des études (13 articles) portait sur le développement des forces ou les capacités de l'ARC, tandis que près de 14 % (5 articles) se concentraient sur des enjeux stratégiques et à long terme, et 3 % (1 article), sur l'emploi d'une force.

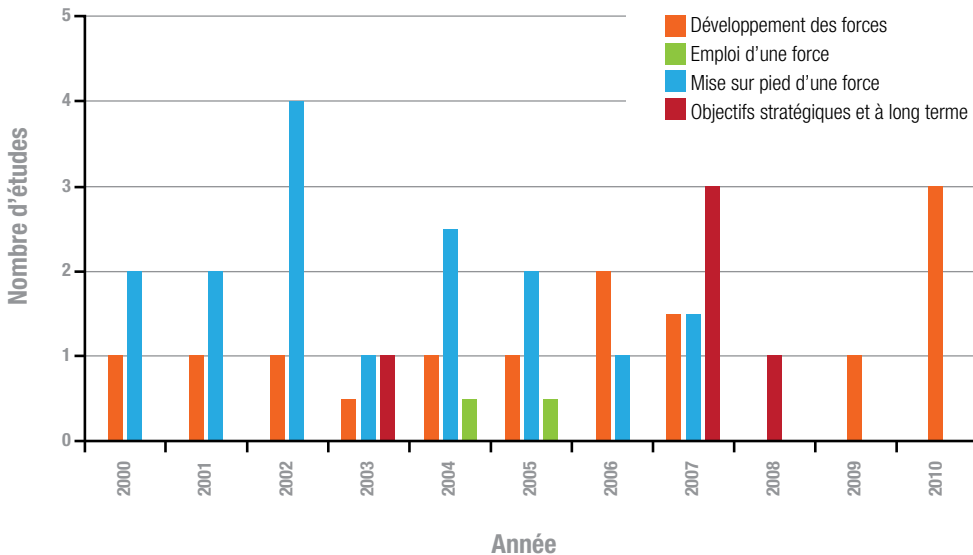


Figure 7. Études de RDDC sur l'ARC selon le type, 2000-2010

De plus, le développement des forces et la mise sur pied de la force ont semblé être des thèmes d'analyse récurrents dans les études ARO au cours de la décennie, tandis que les études stratégiques et à long terme et les études sur l'emploi d'une force ont été menées de façon intermittente. Les études stratégiques et à long terme circonscrites dans cette analyse portaient sur des questions importantes, notamment l'avenir de la puissance aérienne pour les forces aériennes de petite envergure<sup>56</sup>. Toutefois, la plupart de ces études ont été menées en 2007 à l'époque où se conjugaient à la fois le désir et l'expertise nécessaires pour mener des études stratégiques sur des questions à long terme<sup>57</sup>. Il est probable que les études menées en 2007 ont été lancées à la fois par l'ARC et RDDC.

Les chefs opérationnels de l'ARC se concentrent sur la mise sur pied de la force. Cela transparaît clairement dans le caractère dominant des recherches RDDC dans ce domaine au cours des deux dernières décennies. En revanche, on a mené peu d'études sur la gestion des ressources dans l'ARC. La raison en est peut-être que les dirigeants de l'ARC croient qu'il y aura toujours suffisamment de ressources pour exécuter les tâches assignées.



Toutefois, comme on l'a indiqué dans les sections précédentes de ce chapitre, les ressources nécessaires ne sont pas toujours disponibles, car on assiste à des compromis politiques et économiques essentiels au niveau du gouvernement central. Même si le fait d'appliquer des stratégies rigoureuses de gestion des ressources peut réduire les effets de la réduction du financement des activités, il est tout aussi important d'avoir la latitude suffisante pour absorber les chocs stratégiques. Les réductions budgétaires dans les années 1990 et les réalités géostratégiques de l'environnement de l'après-guerre froide continuent de se répercuter sur les ressources de l'ARC. On peut observer indirectement les défis inhérents à la transformation de la défense dans les documents stratégiques réalisés par les différentes armées (p. ex., les documents sur la vision diffusés au début des années 2000 par l'AC et la MRC).

Afin de positionner leurs forces respectives en prévision des missions à venir, la MRC a publié sa vision en 2001 et l'AC a publié un document sur la transformation en 2002. En 2003, l'ARC diffusait un document intitulé *The Aerospace Capability Framework: A Guide to the Transformation and Development of Canada's Air Force*, dans lequel elle exposait en détail **comment** la vision serait mise en œuvre<sup>58</sup>. De plus, le document de l'ARC décrivait les besoins en capacité qui soutiennent et étendent l'équipement actuel contrairement à de nouvelles capacités ou leur transformation. L'AC, par ailleurs, sans écarter les concepts traditionnels de manœuvres ouvertes, s'oriente davantage vers le terrain complexe, y compris les villes. La MRC met l'accent sur l'interopérabilité et l'apport de multiplicateurs de la force et présente une liste de souhaits allant du transport maritime à la guerre sous-marine. Certains analystes, notamment Builder<sup>59</sup>, soulignent qu'on met l'accent sur la technologie et l'équipement, venant naturellement aux militaires, en particulier l'effectif aérien, parce que, dit-il, l'aéronef est l'instrument qui a donné naissance aux forces aériennes indépendantes<sup>60</sup>.

Que l'ARC ait de la difficulté à changer en tenant compte des nouvelles réalités géostratégiques n'est pas typique du Canada. Par exemple, Barzelay et Campbell<sup>61</sup> examinent les difficultés que la force aérienne des États-Unis éprouve à se transformer et à s'adapter aux nouvelles réalités internationales. La théorie du choix public propose une autre explication. Selon la théorie, l'intérêt personnel est la principale raison qui motive les gens à agir dans la sphère politique (que ce soit à titre d'électeur, de politicien, de lobbyiste ou de bureaucrate). Pour les bureaucrates, cet intérêt personnel est souvent décrit comme la maximisation du budget étant donné qu'il n'existe pas de motifs liés au profit pour guider le comportement, comme c'est le cas dans le secteur privé<sup>62</sup>. L'ARC et d'autres armées font souvent le lien entre la DMPS et la réorganisation opérationnelle pour renforcer les liens avec les plateformes et l'industrie privée<sup>63</sup>.

## Conclusions et orientation future de la recherche

Ce chapitre fournit une évaluation de niveau stratégique de l'ARC et examine les faits stylisés sur les stratégies de mise sur pied de la force, de planification à long terme et d'affectation des ressources. À l'appendice A, on propose un modèle simple d'affectation des ressources en personnel pour l'ARC. Le modèle repose sur des concepts et des théories économiques pour estimer sur le plan statistique les relations entre l'effectif réel de l'ARC et le prix des facteurs (les salaires et le prix du capital). Le modèle montre que la stratégie d'affectation des ressources de l'ARC fait suite aux signaux du prix des facteurs et aux chocs de politique consécutifs aux réductions budgétaires des années 1990 et aux réalités géostratégiques de l'après-guerre froide.



Même si la réponse aux prix des facteurs indique la prise de décisions rationnelles dans un environnement financier difficile, le plan d'investissement à long terme et les profils des effectifs subissent un déclin. Un certain nombre de facteurs expliquent ce phénomène. Premièrement, comme on l'a montré dans ce chapitre, l'intensité de capital de l'ARC et la complexité de ses besoins en fonds propres limitent sa capacité de donner suite à ses programmes d'acquisition. De plus, l'industrie aérospatiale, le principal agent de sous-traitance, fait l'objet d'une attention de premier plan des gouvernements en ce qui a trait aux programmes d'économie et d'innovation. Souvent, les besoins de l'industrie et ceux de l'ARC en matière d'équipement ne correspondent pas dans la vision des gouvernements.

Deuxièmement, les ressources aériennes s'accompagnent de coûts indirects plus élevés (soutien logistique plus important). Cette structure des coûts ne fait qu'aggraver davantage la stratégie d'affectation des ressources. Même si une partie des tâches de maintenance et d'entretien peut être donnée en sous-traitance dans le but de réaliser des économies potentielles, les fournisseurs sont peu nombreux, ce qui limite la concurrence. Comme on l'a indiqué précédemment, la concurrence est un critère essentiel pour faciliter la réduction des coûts.

Troisièmement, comme on l'a montré dans le modèle d'affectation des ressources, l'ARC doit encore s'ajuster et adopter une posture de force différente qui correspond à la nouvelle réalité géostratégique. Bien que cette situation ne soit pas typique de l'ARC, sa position de monopole à titre de seul fournisseur de ressources aériennes rend la planification stratégique plus ardue. Par exemple, il n'existe pas de mesures incitatives qui pousseraient l'ARC à innover en ce qui a trait aux ressources aériennes maritimes, car les effets (extrants, résultats) générés par ces ressources sont plus pertinents pour la MRC. Dans le même ordre d'idées, les hélicoptères pour l'AC produisent pour celle-ci des effets tactiques et opérationnels.

Ce sont des questions importantes qui exigent une analyse en profondeur et surtout, des données. Même si la quantification des extrants militaires demeure une entreprise trop ambitieuse, il est possible d'appliquer certains outils économiques et de gestion pour examiner une partie des défis auxquels l'ARC fait face. Par exemple, une évaluation plus approfondie sur la nature de monopole du MDN pourrait fournir des indices sur la façon de favoriser l'innovation.

On pourrait également mener des recherches sur la possibilité de promouvoir une concurrence accrue. Dans un environnement budgétaire difficile, l'AC peut fournir des renseignements sur le projet de transport tactique de l'ARC tandis que la MRC peut divulguer de l'information précieuse sur les coûts des véhicules terrestres. La concurrence entre les armées peut également conférer au gouvernement un pouvoir de négocier si la MRC décidait d'entreprendre une mission à laquelle l'AC s'oppose. Le développement d'une force peut être entrepris par un organisme qui relève directement du Parlement.

Même si la concurrence peut offrir des solutions, il faut signaler que les politiciens et les gouvernements pourraient ne pas être réceptifs à cette idée. La sélection d'un candidat dans un environnement compétitif entraîne souvent des pressions de la part de groupes de lobbying, et un politicien sensible aux aléas du vote peut infirmer cette décision. Le fait que le MDN ait éprouvé des difficultés à fermer des bases jugées inutiles et coûteuses en est un bon exemple. Le principal problème pour les politiciens,



contrairement à ce qui se passe pour les gestionnaires du secteur privé, consiste en ceci que les gouvernements ne partagent pas les gains d'efficacité que leurs politiques leur ont permis de réaliser. Il se peut que le meilleur moment pour inciter un gouvernement à entreprendre des changements révolutionnaires se situe vers les dernières années de son mandat, quand les résultats obtenus en cours de route comptent davantage que la prochaine élection.



## Appendice A : Demande en main-d'œuvre

La production des effets militaires est identique à n'importe quelle autre dans l'économie en général, car elle exige des intrants sous la forme de main-d'œuvre et d'investissement. Plus précisément :

$$Q = f(L, K) \quad (1)$$

L'équation 1, connue sous le nom de fonction de production, établit le rapport entre le produit total (Q) et les facteurs de production comme la main-d'œuvre (L) et le capital (K). La façon dont ces facteurs de production (intrants) sont combinés (f) représente les technologies de production. En revanche, on peut envisager la relation ci-dessus (l'équation) sous l'angle des fins (Q) égalant les façons de combiner les facteurs (f) et les moyens utilisés (L, K).

Pour prendre un exemple qui se rapporte à l'ARC, les effets aériens ne sont pas homogènes et chaque effet aérien peut exiger différentes technologies et intrants. Ainsi, la demande concernant un intrant en particulier (la main-d'œuvre), par exemple, dépend du prix relatif de l'intrant en question ainsi que de la technologie de production et de l'effet militaire. Malheureusement, il n'existe pas d'effets aériens monétaires pour estimer une demande en théorie stable et cohérente pour des facteurs de production ou pour la production des effets aériens. Toutefois, on peut utiliser les prix relatifs des facteurs de production et d'autres déterminants extérieurs pour en déduire un modèle de demande. Les déterminants de l'extérieur (le déplacement ou le paramétrage de la demande) comprennent les changements dans la menace ou une demande du gouvernement concernant plus d'effets aériens, de technologie et de gains de productivité dans l'ARC.

Comme on l'a vu dans le corps du chapitre, l'ARC a dû faire face à un certain nombre de chocs de l'extérieur. Par exemple, le livre blanc de 1964 fusionnait les services tandis que dans les années 1990, le MDN a été confronté à un ensemble de révisions budgétaires à la baisse en prévision des retombées économiques du processus de désarmement. L'OTAN a également modifié sa doctrine pour qu'elle corresponde à l'environnement géostratégique en mutation. On peut donner comme exemples précis la doctrine de la riposte graduée de la fin des années 1960 et la doctrine d'intervention en cas de crise depuis 1999. Dans ce premier cas, l'ARC a élargi sa présence en Europe tandis que le virage de 1999 a exercé des pressions sur les alliés possédant des capacités de déploiement de la force. Voici en quoi consiste la demande de main-d'œuvre de l'ARC :

$$L_{RCAF} = f(p_L, p_K, I, E) \quad (2)$$

La demande en main-d'œuvre de l'ARC ( $L_{RCAF}$ ) comprend les prix de la main-d'œuvre (salaires –  $p_L$ ) et capital (taux d'intérêt à long terme –  $p_K$ ) ainsi que le revenu (I) et les facteurs extérieurs (E). Le revenu, dans la mesure où il indique la demande pour l'armée, représente un facteur légitime qui explique la demande. Toutefois, cette demande est répartie entre différents environnements (AC, MRC et ARC) et les éléments de soutien. Par conséquent, on peut avoir de la difficulté à définir son impact sur l'ARC. Plus important encore, cependant, les résultats (extrants) militaires sont souvent mesurés en fonction des facteurs de productions (intrants)<sup>64</sup>. La menace est une mesure différente de la demande





militaire ou de la production (résultats, extrants). Étant donné qu'aucune menace directe ne pèse sur la souveraineté du Canada, on peut utiliser à la place les mesures de l'instabilité internationale. Nous adoptons la stratégie de Douch et Solomon<sup>65</sup> et nous utilisons l'arsenal et les explosions nucléaires à titre de mesures de l'indicateur indirect de l'instabilité internationale.

## Estimation de la stratégie d'affectation des ressources de l'ARC

Ainsi, nous reformulons la spécification théorique ci-dessus pour l'analyse et l'estimation statistiques comme suit :

$$\ln RCAF_t = \beta_0 + \beta_1 \ln P_{lt} + \beta_2 P_{kt} + \beta_3 E_t + v_t \quad (3)$$

Si l'ARC représente l'effectif réel,  $P_l$  est le salaire réel du personnel du MDN (militaire et civil) en prix de 2015,  $P_k$  est le prix relatif du capital, et les variables nominales ( $E$ ) représentent les chocs de politique. Plus particulièrement, le livre blanc de 1964 (WP64), le changement de doctrine de l'OTAN (DNATO) et l'examen des programmes des années 1990 (EPD) représentent des changements probables de politique qui se répercutent sur la stratégie de ressourcement de l'ARC. Le terme d'erreur  $v_t$  indique la nature stochastique de l'estimation statistique.  $\beta_0 - \beta_3$  sont des paramètres estimés qui signifient la relation entre les variables dépendantes et indépendantes. En revanche, la relation statistique n'est pas déterministe. Un deuxième modèle ayant une variable portant sur la menace est également estimé afin de comparer les modèles viables qui correspondent à la théorie économique et d'en faire apparaître les différences. Les variables concernant la menace dont on a tenu compte comprennent le total des arsenaux nucléaires (NTOT) et les tests nucléaires (EMT).

## La méthode d'estimation statistique

La plupart des données économiques et institutionnelles libellées dans le temps correspondent à des tendances (ne sont pas fixes). Par exemple, le revenu ou le produit intérieur brut (PIB) d'un pays augmente à un rythme régulier, avec une moyenne continuellement à la hausse. Quand on applique des techniques d'estimation standard, les résultats sont **faux**.

Par exemple, si on considère des variables qui n'entretiennent pas de lien entre elles : le PIB du Canada et le niveau de prix dans les Pays-Bas. L'un et l'autre connaîtront une dérive à la hausse ou à la baisse sur une période de temps relativement longue. Si l'on décide ensuite d'exécuter une régression (un test statistique de la relation entre variables), il est probable que l'on constate une relation positive importante si les deux variables dérivent dans la même direction ou une relation négative importante si les deux variables dérivent dans des directions opposées. Granger et Newbold<sup>66</sup> offrent un examen convaincant de ce phénomène et de la dérivation mathématique qui s'y trouve associée.

Il est possible de corriger ce problème au moyen du logarithme des données, lequel fournit une tendance linéaire et possiblement une moyenne constante (intégrée). De plus, les données sont différenciées (on travaille avec les taux de croissance des variables) pour que la moyenne demeure stationnaire. Toutefois, le fait de travailler avec des taux de croissance et d'autres versions différenciées des données originales peut créer d'autres problèmes d'estimation. Un problème découle de l'effet de la différenciation sur le



terme d'erreur de la régression. Le terme d'erreur a une moyenne de zéro et une variance constante. En d'autres mots, nous nous attendons à ce que les erreurs soient aléatoires. Le fait de différencier les variables implique de différencier le terme d'erreur, qui perd son caractère aléatoire. De plus, il se peut que le fait de travailler avec des taux de croissance supprime la relation structurale existante entre les variables. Cette dernière propriété, la relation structurale, est la raison principale pour laquelle nous menons une analyse statistique.

Ainsi, le modèle idéal doit maintenir le caractère stationnaire dans toutes les variables, comprendre des propriétés dynamiques pour évaluer la relation à court terme et maintenir les propriétés à long terme qu'implique la théorie<sup>67</sup>. Théoriquement, c'est possible si deux variables non stationnaires ont une combinaison qui élimine le caractère non stationnaire. En fait, cela se produit seulement si la relation qui lie les variables est « vraie ». Engle et Granger<sup>68</sup> et Johansen<sup>69</sup> donnent une définition structurée et font l'examen de ce cas unique que l'on appelle la cointégration.

Il existe des exemples de séries chronologiques de données économiques dont le caractère n'est pas stationnaire, mais qui sont tout de même prévisibles d'une certaine façon, ou qui ne dérivent pas trop les unes par rapport aux autres. Par exemple, on peut considérer les prix et les salaires ou le revenu ou les dépenses d'un ménage<sup>70</sup>. Murray<sup>71</sup> explique de façon convaincante comment la combinaison de certaines séries chronologiques de données économiques marquées par une tendance ou non stationnaires peut devenir stationnaire.

Dans son article, Murray propose le scénario d'une femme ivre qui cherche son chien qui n'était pas en laisse et qu'elle a laissé à l'extérieur du bar. En appelant de temps en temps le chien par son nom, tant le chien que la femme ivre ajustent leur trajet sinueux (on parle alors de **correction des erreurs**). Même si celui de la femme ivre peut sembler aléatoire et non stationnaire, il est possible de dire que si j'ai trouvé cette femme, il est probable que son chien soit tout près, ce qui suppose le caractère stationnaire de la distance qui les sépare<sup>72</sup>.

La capacité de spécifier une relation économique au moyen d'une méthode de correction des erreurs et de l'intuition qui sous-tend la cointégration fournit un puissant mécanisme pour vérifier les relations économiques. Nous utilisons cette approche statistique relativement nouvelle pour vérifier la relation entre la stratégie de ressourcement de l'ARC et le prix des facteurs et les chocs de politique. Les procédures statistiques utilisées pour vérifier l'existence de la cointégration impliquent souvent que les variables envisagées sont stationnaires en première différence (intégrées d'ordre 1), plus précisément, en soustrayant la série temporelle de sa série décalée d'une période ( $Y_t - Y_{t-1}$ ).

Les tests de racine unitaire fournissent des renseignements pertinents sur le caractère stationnaire des variables. Sinon, une autre approche à la cointégration, approche connue sous le nom de processus autorégressif à retards échelonnés (ARDL), applique un processus en deux étapes à des situations où les tests de racine unitaire ne parviennent pas à fournir des résultats concluants. Dans un premier temps, nous examinons l'existence d'une relation à long terme entre l'effectif réel de l'ARC et les variables pertinentes. Le test consiste à évaluer si les niveaux des retards dans les variables (p. ex., le prix du capital) sont significatifs sur le plan statistique sous la forme d'une correction des erreurs du mode sous-jacent du processus autorégressif à retards échelonnés<sup>73</sup>.



Le modèle ARDL comporte aussi l'avantage d'être indifférent au fait que la relation examinée est stationnaire (intégrée d'ordre 0, dans le jargon économique), partiellement intégrée ou non stationnaire (intégrées d'ordre 1). Si la statistique calculée se situe à l'extérieur de la zone des valeurs critiques, il est possible de prendre une décision ferme sans qu'il soit nécessaire de connaître l'ordre d'intégration des variables. Si la statistique calculée se situe dans la zone des valeurs critiques, toutefois, on doit effectuer des tests de racine unitaire approfondis sur toutes les variables.

Comme on l'a vu précédemment, dans la première étape, le test F confirme la relation à long terme entre les variables. L'étape suivante consiste à appliquer un modèle ARDL approprié et à faire certaines déductions sur le modèle et les variables. Le test F vérifie l'hypothèse nulle de la non-existence de la relation à long terme au moyen d'un test mixte des variables de niveau dans une version où les erreurs ont été corrigées d'une spécification de processus autorégressif à retards échelonnés. Voir le tableau A1 pour le résultat des tests statistiques à long terme concernant les spécifications décrites à l'équation 3, qui comprend les variables de prix relatives à la main-d'œuvre, au capital et aux changements de politique.

Spécification	Test F	Prédicteurs
Équation 3 – modèle 1	4,7***	$f(\text{RCAFp} \mid P_{(L)}, P_{(K)}, \text{WP64}, \text{DNATO}, \text{EPD}, \text{POST})$
	1,71	$f(P_{(L)} \mid P_{(K)}, \text{RCAFp}, \text{WP64}, \text{DNATO}, \text{EPD}, \text{POST})$
	2,05	$f(P_{(K)} \mid P_{(L)}, \text{RCAFp}, \text{WP64}, \text{DNATO}, \text{EPD}, \text{POST})$
Équation 3 avec variable de menace (EMT) – modèle 2	5,13***	$f(\text{RCAFp} \mid P_{(L)}, P_{(K)}, \text{WP64}, \text{DNATO}, \text{EPD}, \text{POST})$
	2,69	$f(P_{(L)} \mid P_{(K)}, \text{RCAFp}, \text{WP64}, \text{DNATO}, \text{EPD}, \text{POST})$
	3,03	$f(P_{(K)} \mid P_{(L)}, \text{RCAFp}, \text{EMT}, \text{DNATO}, \text{EPD}, \text{POST})$
	1,44	$f(\text{EMT} \mid P_{(L)}, P_{(K)}, \text{RCAFp}, \text{DNATO}, \text{EPD}, \text{POST})$

**Remarques :**

1. Signification statistique : \*\*\*1 %.
2. RCAFp est le nombre d'effectifs de l'ARC. Toutes les autres variables ont été définies précédemment.

**Tableau A1. Test statistique à long terme (forme translogarithmique)**

Le test, connu sous le nom de test de bornes de variance par Pesaran et Pesaran<sup>74</sup> évalue la signification statistique mixte du prix des facteurs (en niveaux) ayant une relation à long terme avec les niveaux de ressources de l'ARC. Dans le jargon économétrique (statistiques des phénomènes économiques), une relation à long terme est une relation « vraie » entre des variables estimées, non touchées par des techniques d'estimation ou des objets de production de données. Comme on peut le voir au tableau A1, l'hypothèse nulle selon laquelle il n'y a pas de relation à long terme entre les variables décrites à l'équation 3 est rejetée. Il est à noter que, étant donné qu'une seule spécification pour chaque modèle est significative, il n'existe qu'une seule relation à long terme<sup>75</sup>. Dans le modèle 2 (l'équation 3 avec variable



portant sur la menace), il existe potentiellement deux relations de cointégration (au niveau critique de 5 %) utilisant les valeurs critiques fournies par Pesaran et Pesaran<sup>76</sup>. Toutefois, Narayan<sup>77</sup> signale que les valeurs critiques pour les tests de bornes de variance sont générées pour de gros échantillons et par conséquent, elles ne conviennent que pour la plus grosse part du travail appliqué dans le cas d'échantillons plus modestes. Étant donné que notre étude se fonde sur un échantillon de 63 observations, nous utilisons les valeurs critiques des petits échantillons de Narayan. Les résultats confirment qu'il existe un seul facteur de cointégration (tableau A1), et que le prix des facteurs dans le modèle 1 et le prix des facteurs et de la menace dans le modèle 2 sont les variables d'impulsion (exogènes) à long terme.

En général, on s'attend à une relation négative entre les salaires réels du personnel non employé par l'ARC et la variable dépendante (effectif réel de l'ARC). Il est à noter qu'à mesure que le coût du personnel de l'ARC augmente, le recours à la sous-traitance et aux civils devient plus attrayant. La demande de main-d'œuvre pour l'ARC et le prix du capital sont dans une situation de complémentarité. Par conséquent, on s'attend à une relation positive entre ces deux variables. La situation donne à penser intuitivement qu'à mesure que le prix du capital augmente, le recours à la main-d'œuvre est plus attrayant. Les variables attribuables au choc de politique comme le livre blanc de 1964 (WP64) qui autorisait l'intégration des services, et les principales réductions dans les dépenses militaires au Canada devraient normalement se répercuter négativement sur les niveaux de personnel de l'ARC. Les changements dans la doctrine de l'OTAN (DNATO) vers la riposte graduée, laquelle a maintenu la présence de l'ARC en Europe, influent positivement sur les niveaux de personnel de l'ARC.

On peut voir au tableau A2 la relation à long terme estimée entre le ressourcement du personnel de l'ARC et les facteurs économiques et les facteurs de politique. Les variables sur le prix des facteurs sont significatives sur le plan statistique et confirment les prévisions de la théorie. De plus, les variables de politique touchant l'après-guerre froide (POST) et les principales réductions dans les dépenses militaires au Canada (EPD) sont également significatives, et indiquent l'effet négatif de ces changements de politique sur le ressourcement du personnel de l'ARC. Si nous poussons l'interprétation de ces résultats, nous pouvons voir qu'un changement de 10 % dans le taux salarial relatif s'est traduit par une réduction du personnel de l'ARC d'environ 5 à 7 %, selon le modèle, qu'on ait ou non tenu compte de la variable de la menace. Dans le même ordre d'idées, le prix du capital (l'indicateur indirect étant le taux d'intérêt à long terme rajusté en fonction de l'inflation) est lui aussi une variable significative sur le plan statistique expliquant l'effectif réel de l'ARC. L'ampleur de l'effet est assez peu apparente, cependant (une hausse d'un point de base dans le taux d'intérêt se traduit par une hausse du personnel de seulement 2 %, sans égard au modèle utilisé). Le remplacement de la main-d'œuvre par le capital en tant que stratégie tend à être limité, cependant, compte tenu des règles gouvernementales qui entourent les achats. De plus, la relation contractuelle avec le personnel militaire permet un rajustement relativement rapide quand on est aux prises avec des difficultés de financement.



Variables	Modèle 1		Modèle 2	
	Estimation du coefficient	Erreur type	Estimation du coefficient	Erreur type
$\beta_0$	18,27***	0,63	15,49***	1,47
$P_l$	- 0,71***	0,059	- 0,46***	0,14
$P_k$	0,02***	0,005	0,02*	0,009
EMT	s. o.	s. o.	0,05	0,05
DNATO	- 0,008	0,038	- 0,12	0,09
WP64	- 0,07	0,051	s. o.	s. o.
EPD	- 0,22***	0,039	- 0,26***	0,08
POST	- 0,16**	0,056	- 0,33***	0,12

**Remarques :**

1. Signification statistique : \*\* 5 % et \*\*\*1 %.
2. Le prix de la main-d'œuvre ( $P_l$ ) correspond au coût moyen total du personnel du MDN (civil, force régulière, force de réserve).
3. Le taux d'intérêt à long terme est un indicateur indirect du prix du capital ( $P_k$ ).
4. Les chocs de politique sont définis par des variables nominales, y compris DNATO, WP64, EPD et POST.

**Tableau A2. Les coefficients estimés à long terme au moyen du processus ARDL**

Les réductions dans les dépenses militaires des années 1990 (EPD) sont associées à une réduction de 22 % dans le personnel de l'ARC (26 % dans le modèle qui tient compte de la variable de la menace). Pendant ce temps, l'environnement de sécurité de l'après-guerre froide (POST) est également associé à un impact négatif sur le personnel de l'ARC. Cette période représente une réduction de 16 à 33 % dans le personnel de l'ARC. Dans le modèle 2, la variable sur la menace (EMT) n'est pas significative<sup>78</sup>.

Pour comprendre les effets à court terme de la stratégie de ressourcement de l'ARC, les économistes utilisent fréquemment une représentation du modèle statistique connu sous le nom de modèle de correction des erreurs (ECM). L'avantage du ECM des erreurs dans ce contexte tient à ce qu'il évalue la vitesse de rajustement aux chocs de politique. Plus précisément, si l'ARC devait faire face à un choc de politique de réduction du budget du type, disons, « mise à égalité pour tout le monde », à quelle vitesse pourrait-elle s'adapter? Comme on le voit au tableau A3, le coefficient du ECM des erreurs, estimé à -0,24, est hautement significatif sur le plan statistique, et rend compte de la signification combinée des coefficients à long terme. De plus, le coefficient de l'ECM est modéré, ce qui indique un rajustement relativement rapide à n'importe quel choc à court terme. Pour le modèle 2, l'adaptation aux chocs est plus lente (-0,12).



Variables	Modèle 1		Modèle 2	
	Estimations à court terme	Erreur type	Estimations à court terme	Erreur type
$\Delta RCAF_p$	0,72***	0,175	0,42***	0,075
$\Delta P_{L_t}$	- 0,17***	0,024	- 0,05**	0,027
$\Delta P_{K_t}$	0,005***	0,001	0,002**	0,001
$\Delta DNATO_{+t}$	- 0,002	0,009	- 0,01	0,009
$\Delta EMT$	s. o.	s. o.	- 0,005	0,005
$\Delta WP64_{+t}$	- 0,018	0,012	s. o.	s. o.
$\Delta EPD_{+t}$	- 0,055***	0,094	- 0,03***	0,009
$\Delta POST_{+t}$	- 0,04**	0,013	- 0,04***	0,01
$ECM_{-1}$	- 0,245***	- 0,027	- 0,12***	0,03

#### Remarques :

1.  $\Delta$  dénote la première différence des variables.
2. De l'équation 3,  $\beta_0$  = le prix de la main-d'œuvre ( $P_L$ ), le prix du capital ( $P_K$ ).
3. Les chocs de politique sont définis par des variables nominales, y compris DNATO, WP64, EPD et POST.
4. ECM est le modèle de correction des erreurs.
5. Signification statistique : \*\* 5 % et \*\*\*1 %.
6. + Le coefficient des premières différences du point d'intersection dans le ECM se rapporte au point d'intersection dans la représentation du processus ARDL. Il est inclus dans le ECM pour l'intégralité. Les variables nominales devraient aussi être interprétées dans le contexte de l'approche ARDL.

**Tableau A3. Représentation de la correction des erreurs (estimations à court terme), période cible 1952-2015**

La stratégie de 1964 d'intégrer les virages dans la doctrine des services (WP64) et le changement de doctrine de l'OTAN (DNATO) n'ont pas eu d'impact significatif sur la stratégie de l'ARC. Malgré les compressions budgétaires qui ont touché le MDN, l'ARC a composé efficacement avec les changements, car sa présence était requise dans le théâtre européen et à cause de l'élargissement de l'engagement du Canada dans le NORAD. Toutefois, la situation se modifie radicalement au cours des révisions budgétaires des années 1990 (EPD) et de l'environnement stratégique de l'après-guerre froide (POST). Ces deux périodes ont eu un impact modéré et un impact négatif significatif sur le plan statistique sur la stratégie de ressourcement de l'ARC. C'est la preuve, bien qu'elle soit préliminaire, que la bureaucratie chargée de la planification et des besoins de l'ARC ne s'est pas adaptée assez vite au changement de cap stratégique national et international.



Si le rajustement à un choc de politique a lieu relativement rapidement et qu'on utilise le prix relatif de la main-d'œuvre et du capital pour étalonner le nouveau résultat final, les choix sont-ils optimaux? Toute interprétation est difficile avec les données disponibles et surtout, en l'absence d'extrants quantifiables. Toutefois, l'affectation des ressources de l'ARC est rationnelle, compte tenu des restrictions. Si l'ARC et les armées n'ont pas une part importante dans les décisions qui concernent les fonds alloués au MDN, le choix doit être guidé par les effets sur les prix des facteurs (main-d'œuvre et coûts en capital). Il est possible d'obtenir un résultat rationnel, bien que sous-optimal, quand des mesures comme celle de la « mise égale » sont imposées par les gouvernements centraux. Par exemple, il se peut que la décision dans les années 1990 de réduire les niveaux de la force au moyen d'incitatifs financiers et de la réduction de l'effectif ait ciblé le mauvais segment (les personnes qui auraient volontairement quitté les forces) et les personnes dont la productivité marginale était la plus élevée.

Pour parfaire notre analyse, nous avons aussi inclus les résultats des tests de diagnostic ayant trait aux estimations du processus autorégressif à retards échelonnés (ARDL). Comme on peut le voir au tableau A4, le modèle satisfait à tous les tests de diagnostic pertinents.

Test statistique	Modèle 1		Modèle 2	
	Version LM [Valeur p]	Version F [Valeur p]	Version LM [Valeur p]	Version F [Valeur p]
A	$\chi^2(1) = ,041393$ [, 839]	F (1,52) = ,034740 [, 853]	$\chi^2(1) = ,21650$ [,642]	F (1,52) = ,17872 [, 674]
B	$\chi^2(1) = ,31380$ [,575]	F (1,52) = ,26452 [, 609]	$\chi^2(1) = ,075630$ [,783]	F (1,52) = ,062288 [, 804]
C	$\chi^2(2) = ,031572$ [, 984]	s.o.	$\chi^2(2) = ,26552$ [, 876]	s.o.
D	$\chi^2(1) = ,18597$ [,666]	F (1,60) = ,18051 [, 672]	$\chi^2(1) = ,0052166$ [,942]	F (1,60) = ,0050487 [, 944]

**Remarques :**

- A Corrélation propre** – Test multiplicateur de Lagrange de corrélation propre résiduelle
- B Formes fonctionnelles** – Test de spécification RESET de Ramsey qui utilise le carré des valeurs ajustées
- C Normalité** – Fondée sur un test descriptif d'aplatissement et d'asymétrie
- D Hétéroscédasticité** – Fondée sur la régression des variances résiduelles au carré sur les valeurs ajustées au carré.

Tableau A4. Test diagnostique du modèle ARDL (2, 0, 0)<sup>79</sup>



## Appendice B : Points de données pour les figures 1 à 5

Année	Dettes nette	Dettes brute
1981	187,1584	276,9306
1982	198,8024	288,4331
1983	242,0792	326,5868
1984	299,6940	381,2459
1985	370,1781	441,8254
1986	419,0615	485,5333
1987	451,4437	519,2121
1988	477,2469	546,7094
1989	497,0477	566,3085
1990	523,6941	586,7330
1991	552,5524	621,7580
1992	590,4711	655,7906
1993	640,8993	699,8054
1994	687,9611	747,4584
1995	721,7366	780,9659
1996	745,7706	818,2204
1997	749,5567	829,4573
1998	741,8125	823,6288
1999	719,8847	812,5175
2000	674,3493	778,1657
2001	643,8017	761,3932
2002	623,9090	747,4049
2003	594,9062	711,4554
2004	572,9190	687,9978
2005	554,9777	664,0689
2006	531,0940	640,1870
2007	508,1220	618,7650
2008	471,5500	571,5288

Tableau B1. Dette fédérale (nette et brute) en milliards de dollars constants de 2007, données dans le graphique à la figure 1<sup>80</sup>





<b>Année</b>	<b>Dépenses prescrites par la loi</b>	<b>Discretionnaire</b>	<b>Fardeau de la dette publique</b>	<b>Total des dépenses</b>
1990-1991	37,3	33,4	29,3	100,0
1991-1992	40,3	32,1	27,7	100,0
1992-1993	41,3	33,4	25,3	100,0
1993-1994	42,7	32,6	24,7	100,0
1994-1995	39,8	33,8	26,4	100,0
1995-1996	38,3	32,7	29,0	100,0
1996-1997	38,5	31,7	29,8	100,0
1997-1998	37,7	35,0	27,3	100,0
1998-1999	40,9	31,9	27,1	100,0
1999-2000	39,1	34,1	26,8	100,0
2000-2001	39,0	35,8	25,2	100,0
2001-2002	41,2	36,2	22,5	100,0
2002-2003	42,8	37,0	20,3	100,0
2003-2004	41,4	39,9	18,7	100,0
2004-2005	43,8	40,1	16,0	100,0
2005-2006	44,2	39,8	16,0	100,0
2006-2007	43,7	41,2	15,1	100,0
2007-2008	44,2	41,7	14,1	100,0
2008-2009	44,5	42,8	12,8	100,0
2009-2010	45,2	44,2	10,6	100,0
2010-2011	44,1	44,6	11,3	100,0
2011-2012	45,5	43,2	11,3	100,0
2012-2013	46,8	42,7	10,5	100,0
2013-2014	47,9	41,9	10,2	100,0
2014-2015	49,8	40,7	9,5	100,0
2015-2016	50,2	41,2	8,6	100,0

**Tableau B2. Catégories de dépenses fédérales, données dans le graphique à la figure 2<sup>81</sup>**



AF	Indice de croissance	
	Autres ministères	MDN
1990-1991	100	100
1991-1992	93,90365	96,22623
1992-1993	94,01666	96,11390
1993-1994	92,51709	96,02247
1994-1995	91,61470	92,70212
1995-1996	95,76475	87,56385
1996-1997	83,36227	79,14985
1997-1998	83,83635	75,59555
1998-1999	86,26095	74,67277
1999-2000	92,19426	82,98264
2000-2001	107,58490	80,12313
2001-2002	102,04950	84,87462
2002-2003	106,06630	84,78119
2003-2004	106,60030	87,10993
2004-2005	106,85020	89,83858
2005-2006	107,15810	91,64155
2006-2007	108,38900	95,37092
2007-2008	117,72230	103,18310
2008-2009	115,28810	110,46920
2009-2010	131,56140	114,96130
2010-2011	127,51440	114,44790
2011-2012	122,80340	110,89120
2012-2013	120,06060	108,43850
2013-2014	118,71880	100,26410
2014-2015	118,18380	97,50700
2015-2016	121,60670	99,16836

**Tableau B3. Le rapport entre la croissance et les compressions dans les niveaux de dépenses des ministères fédéraux, si l'année financière 1990-1991=100, les données dans le graphique à la figure 3.**



AF	Sociétés d'État	MDN	Autres ministères
1990-1991	12,9	31,9	55,1
1991-1992	13,4	32,5	54,0
1992-1993	13,6	29,8	56,6
1993-1994	8,1	32,5	59,4
1994-1995	8,9	29,2	61,9
1995-1996	20,7	26,5	52,9
1996-1997	10,0	27,2	62,8
1997-1998	7,8	27,3	64,9
1998-1999	11,3	26,7	62,0
1999-2000	9,2	27,9	62,9
2000-2001	8,5	24,1	67,4
2001-2002	9,4	23,6	67,0
2002-2003	10,1	26,0	63,9
2003-2004	8,9	25,6	65,4
2004-2005	12,1	25,4	62,4
2005-2006	9,2	27,2	63,7
2006-2007	8,2	25,4	66,4
2007-2008	7,7	25,8	66,4
2008-2009	8,5	27,1	64,4
2009-2010	9,6	27,2	63,2
2010-2011	9,6	26,8	63,6
2011-2012	10,1	28,0	61,9
2012-2013	11,5	27,8	60,7
2013-2014	9,4	27,2	63,4
2014-2015	9,6	29,9	60,5
2015-2016	9,6	32,7	57,7

**Tableau B4. Pourcentage des dépenses fédérales, moins les paiements de transfert, données dans le graphique à la figure 4<sup>82</sup>**



Année	Effectif réel			
	Total pour les FAC	Armée	Marine	Force aérienne
1925	4 290	3 410	496	384
1935	5 163	3 509	860	794
1945	761 041	494 258	92 529	174 254
1955	118 077	49 409	19 207	49 461
1965	114 164	46 264	19 756	48 144
1975	78 033	29 710	14 820	33 503
1985	83 037	33 895	13 411	35 732
1990	86 787	36 014	14 115	36 659
1995	66 461	27 837	11 894	26 730
2000	57 484	27 720	10 745	19 019
2005	61 957	31 399	11 364	19 194
2010	69 075	36 745	12 091	20 239
2015	65 691	35 046	11 012	19 633
2016	66 045	35 491	10 911	19 643
2017	66 007	35 471	10 896	19 640

Tableau B5. Effectif réel des FAC, différentes années, données dans le graphique à la figure 5<sup>83</sup>



## Appendice C : Documents du CARO de RDDC analysés à la figure 7

Titre	Auteurs
A Statistical Analysis of Fatigue Accumulation in CC-130 (Hercules) Centre Wings	S. Bourdon S. Guillouzic
Aerial Armed Reconnaissance and Fire Support: The Potential and Implications of the Attack Helicopter for the CF	T. Gongora
Air Force Strategy and Management: D Air SP Work Plan 2007–2009	P. D. Dickson
Air Mobility Operations Simulation Environment (Air MOOSE): Initial Design Specifications	D. W. Mason
An Air Force for Strategic Effect	P. D. Dickson K. E. Ennis
Analysis of Fleet Requirements for Fixed-Wing Search and Rescue Replacement Aircraft	S. Bourdon M. Rempel
Analysis of Optimal CASARA Locations	S. Bourdon M. Rempel
Analysis of Risks Associated with Reliance on Non-Integral Strategic Airlift Solutions	D. W. Mason P. D. Dickson
Canadian Forces Combat Helicopter Force Structure Study: Force Balance Analysis	C. Scales D. Mason P. D. Dickson
CP-140 Force Structure Analysis	P. E. Desmier N. Roggenkamp
Creating a Strategy Focused Organization: Implementing the Air Force Strategy using the Balanced Scorecard	P. D. Dickson
Design Specifications: Simulation of Surface Surveillance System-of-Systems Success ('S6')	D. W. Mason
Fixed-Wing Search and Rescue Level of Service Evaluation Method and Tool	S. Bourdon
Force Structure Analysis – The Astra Model	P. E. Desmier
Force Structure Analysis – The EnRAM Model	P. E. Desmier D. C. Sexstone
Future Combat Air Operations System: Initial Assessment of Roles and Options	T. Gongora
Identifying Future Capability Requirements: The Case of the Aerospace Capability Exercise	T. Gongora
MATRICS: A Maritime Traffic Simulation	S. Bourdon Y. Gauthier J. Greiss
Modifications to the NFTC Resource Allocation Model (RAM)	C. J. Hunter C. M. J. McIlwraith J. N. Goodridge



Titre	Auteurs
OTAN Flying Training in Canada: Assessment of Bombardier's Static Scheduling Tool	J.-D. Caron C. Hunter
Operational Research Support to the NFTC Program Using the Resource Allocation Model (RAM)	J.-D. Caron C. Hunter
Performance, Benefits, and Costs of Long Endurance UAVs for Domestic Maritime Roles	Y. Gauthier S. Bourdon
Pilot Production / Absorption / Retention Simulation User Interface	S. Latchman C. J. Hunter
Preliminary Based Ranking of Issues from the 2010 Aerospace Capabilities Initiatives	S. Bourdon
Preliminary Results from the Pilot Production / Absorption / Retention Simulation (PARSim) MODEL	S. Latchman C. Hunter
Ranking of Issues from the 2009 Aerospace Capabilities Initiatives	S. Bourdon
Strategic Analysis with DRDC CORA and the Air Force: An Overview	P. D. Dickson T. Gongora
Strategic Visioning in Canada's Air Force: A History and the Lessons of Strategic Visioning and Planning, 1994-2004	P. D. Dickson
Support to Air Force Transformation SAR	S. Bourdon
The Airlift Planning Tools Suite (APTS)	S. Innes C. Hunter
The Canadian 'FIVE-W' Database ('Canadian Forces Including Vehicles and Equipment Worldwide') The Who-What-Where-When-Why of Canadian Forces Deployments Since 1990	D. W. Mason
The CP140 Risk Assessment Model	P. E. Desmier
The Future of Air Power for Small Air Forces: The Perspective from Canada	P. D. Dickson K. E. Ennis
The Impact of Offshore Oil Operations on East Coast SAR	N. Corbett C. Hunter
What Does a Balanced Tactical Helicopter Force Look Like? An International Comparison	T. Gongora S. Wesolkowski

#### Remarques :

1. La période choisie correspond à la période au cours de laquelle les postes financés par le client sont devenus la norme et où le personnel principal du RDDC CARO assumait des postes de leadership auprès des organisations de recherche opérationnelle de l'ARC.
2. La présence d'analystes stratégiques à l'ARC est un phénomène relativement nouveau. On présume que les articles cités sont financés par le client.

**Tableau C1. Documents de RDDC CARO analysés à la figure 7.**



Binyam Solomon est scientifique de la défense principal à Recherche et développement pour la défense Canada et professeur de recherche auxiliaire à l'Université Carleton. Il est en affectation, à l'heure actuelle, en tant que conseiller spécial du sous-directeur parlementaire du budget. Auparavant, il a été coéditeur de la revue *Defence and Peace Economics* (2013-2018), économiste en chef au ministère de la Défense nationale et scientifique en chef par intérim au Centre d'analyse et de recherche opérationnelle. Il a beaucoup publié dans les domaines de l'économie, des statistiques et de la défense. Dans la recherche, il s'intéresse à l'économie politique, à la gestion de la défense, à l'économie des opérations de maintien de la paix et aux méthodes d'analyse de séries chronologiques. Il est titulaire d'un doctorat en économie de la défense de l'Université de York, au Royaume-Uni.



## Abréviations

<b>AC</b>	Armée canadienne
<b>AF</b>	année financière
<b>AM</b>	autre ministère
<b>ARDL</b>	processus autorégressif à retards échelonnés
<b>ARO</b>	analyse et recherche opérationnelle
<b>CARO</b>	Centre d'analyse et de recherche opérationnelle
<b>DMPS</b>	diversification des modes de prestation des services
<b>DNATO</b>	changement de doctrine de l'OTAN
<b>ECM</b>	modèle de correction des erreurs
<b>EMT</b>	variable de menace
<b>EPD</b>	examen des programmes des années 1990
<b>G</b>	milliard
<b>MRC</b>	Marine royale canadienne
<b>ONG</b>	organisation non gouvernementale
<b>ONU</b>	Organisation des Nations Unies
<b>PFC</b>	planification fondée sur les capacités
<b>PIB</b>	produit intérieur brut
<b>POST</b>	après-guerre froide
<b>RDDC</b>	Recherche et développement pour la défense Canada
<b>s. o.</b>	sans objet
<b>WP64</b>	livre blanc de 1964
<b>WWI</b>	Première guerre mondiale





## Notes

1. Canada, ministère de la Défense nationale (MDN), A-GA-007-000/AF-008, *Vecteurs de la force aérienne*, version abrégée, Ottawa, Directeur général – Développement de la Force (Air), 2014, p. 4, document consulté le 21 novembre 2017, [http://publications.gc.ca/collections/collection\\_2014/mdn-dnd/D2-300-2014-fra.pdf](http://publications.gc.ca/collections/collection_2014/mdn-dnd/D2-300-2014-fra.pdf).
2. Keith Hartley, *The Political Economy of Aerospace Industries: A Key Driver of Growth and International Competitiveness?*, London, Edward Elgar, 2015.
3. Étant donné que l'ARC a des besoins en capital très importants, elle est la première à faire l'objet d'une réglementation gouvernementale ou d'une étude minutieuse en ce qui a trait à l'achat de matériel.
4. Keith Hartley, « The Economics of Joint Forces », dans *The Changing Face of Military Power*, éd. Andrew Dorman, Mike Smith et Matthew Uttley, London. Palgrave, 2002.
5. D. W. Middlemiss et J. J. Sokolsky, *Canadian Defence: Decisions and Determinants*, Toronto, Harcourt Brace Jovanovitch, 1989.
6. Michael Hart et Bill Dymond, « Six Stewards of Canada's Economy: History by the Numbers Favours Mulroney and Chretien, while Trudeau Leaves a Legacy of Deficits and Debt », Options politiques, *Policy Options*, 1 juin 2003, consulté le 21 novembre 2017, <http://policyoptions.irpp.org/magazines/the-best-pms-in-the-past-50-years/six-stewards-of-canadas-economy-history-by-the-numbers-favours-mulroney-and-chretien-while-trudeau-leaves-a-legacy-of-deficits-and-debt/>.
7. Hart et Dymond, « Six Stewards of Canada's Economy ».
8. Hart et Dymond, « Six Stewards of Canada's Economy ».
9. Les points de données figurent à l'appendice B, tableau B1.
10. Les chiffres se fondent sur les normes des comptes économiques nationaux tels que calculés par Statistique Canada. Les comptes économiques nationaux se comparent mieux à l'échelle internationale que les statistiques officielles du ministère des Finances en raison des variations comptables et de la normalisation.
11. Canada, Ministère des Finances (Tableaux de référence financiers), années multiples.
12. Les points de données figurent à l'appendice B, tableau B2.
13. Canada, Ministère des Finances (Tableaux de référence financiers), années multiples.
14. Les points de données figurent à l'appendice B, tableau B3.



15. Les points de données figurent à l'appendice B, tableau B4.
16. Données des Tableaux de référence financiers 2016 et calculs de l'auteur.
17. James C. Murdoch et Todd Sandler, « A Theoretical and Empirical Analysis of OTAN », *Journal of Conflict Resolution*, vol. 26, n° 2 (juin 1982), consulté le 21 novembre 2017, <http://journals.sagepub.com/doi/pdf/10.1177/0022002782026002003>.
18. Binyam Solomon, « The Demand for Military Expenditures in Canada », *Defence and Peace Economics*, vol. 16, n° 3 (2005), consulté le 21 novembre 2017, <http://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/10242690500123380?scroll=top&needAccess=true>.
19. Solomon, « The Demand for Military Expenditures ».
20. Todd Sandler et Hirofumi Shimizu, « OTAN Burden Sharing 1999-2010: An Altered Alliance », *Foreign Policy Analysis*, vol. 10, n° 1 (janvier 2014).
21. Keith Hartley, « The Cold War, Great-Power Traditions and Military Posture: Determinants of British Defence Expenditure After 1945 », *Defence and Peace Economics*, vol. 8, n° 1 (1997), consulté le 21 novembre 2017, <http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/10430719708404867>.
22. Mohamed Douch et Binyam Solomon, « Middle Powers and the Demand for Military Expenditures », *Defence and Peace Economics*, vol. 25, n° 6 (2014), consulté le 21 novembre 2017, <http://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/10242694.2013.861652>.
23. Douch et Solomon, « Middle Powers and the Demand ».
24. R. Fetterly, « Arming Canada: Defence Procurement for the 21<sup>st</sup> Century », Thèse de doctorat, Collège militaire royal du Canada, 2008.
25. Middlemiss et Sokolsky, *Canadian Defence*.
26. Le MDN administre 21 000 immeubles (dont 12 000 logements militaires); 2,25 millions d'hectares de terres; 5 500 kilomètres de routes; 3 000 kilomètres de conduites d'eau et d'égouts pluviaux; et 16 100 constructions (améliorations matérielles à des terres ne comptant pas de bâtiment).
27. C. Baker, « The Canadian Response to September 11<sup>th</sup>: Taking Stock and Next Steps », *Canada Watch* (2000).
28. M. Rempel, « An Overview of the Canadian Forces' Second Generation Capability-Based Planning Analytical Process » (DRDC-CORA-TM-2010-198, 2010), consulté le 21 novembre 2017, <http://pubs.drdc-rddc.gc.ca/BASIS/pcandid/www/engpub/DDW?W%3DSYSNUM=534121>.



29. Debbie Blakeney et coll., « Operational Research Tools Supporting the Force Development Process for the Canadian Forces », *Information & Security: An International Journal*, vol. 23, n° 1 (2009), consulté le 21 novembre 2017, <https://procon.bg/article/operational-research-tools-supporting-force-development-process-canadian-forces>.
30. W. A. B. Douglas, *La création d'une aviation militaire nationale : histoire officielle de l'Aviation royale au Canada*, tome 2, Toronto, University of Toronto Press, 1986.
31. Douglas, *La création d'une aviation militaire nationale*. Pour plus de détails historiques, consulter le document William March, « Royal Canadian Air Force », The Canadian Encyclopedia, consulté le 21 novembre 2017, <http://www.thecanadianencyclopedia.ca/en/article/royal-canadian-air-force/>.
32. Les points de données figurent à l'appendice B, tableau B5.
33. Calcul de l'auteur à partir des sources du MDN.
34. Dans les Forces canadiennes, un environnement est maritime, terrestre ou aérien. Dans la langue courante, on parle de la marine, de l'armée de terre et de la force aérienne (*Banque de terminologie de la défense*, fiche 43592). Avant l'unification, il existait trois services; depuis l'unification, il n'en existe qu'un : les Forces armées canadiennes.
35. Douglas, *La création d'une aviation militaire nationale*.
36. Canada, MDN, *Livre blanc sur la défense*, Ottawa, Approvisionnement et services Canada, Canada Communication Group, 1964.
37. Douglas, *La création d'une aviation militaire nationale*.
38. Michael A. Stevens, « Canadian Armed Forces Operations from 1990-2015: Update 2015 to the FIVE-W Database » (DRDC CORA CR 2015-6133, 2015), consulté le 21 novembre 2017, <http://pubs.drdc-rddc.gc.ca/BASIS/pcandid/www/frepub/DDW?W%3DSYSNUM=803179>.
39. Stevens, « Canadian Armed Forces Operations ».
40. K. Hartley, *The Economics of Defence Policy: A New Perspective*, London, Routledge, 2010.
41. Hartley, *Economics of Defence Policy*. Dans les cercles de la fonction publique, on parle parfois de racler les fonds de tiroir ou de rendre la misère égale pour tout le monde.
42. Todd Sandler et Keith Hartley, « Economics of Alliances: The Lessons for Collective Action », *Journal of Economic Literature*, vol. 39, n° 3 (septembre 2001), consulté le 21 novembre 2017, <https://www.aeaweb.org/articles?id=10.1257/jel.39.3.869>.



43. Ann Denholm Crosby, « A Middle-Power Military in Alliance: Canada and NORAD », *Journal of Peace Research*, vol. 34, n° 1 (février 1997), consulté le 21 novembre 2017, <http://journals.sagepub.com/toc/jpra/34/1>.
44. Binyam Solomon, « The Economic Consequences of a Peacekeeping Mission », dans *The Cornwallis Group III: Analysis for Peace Operations*, éd. Alexander Woodcock et David Davis, Clementsport (NS), Canadian Peacekeeping Press, 1998; et Binyam Solomon, « The Economic Analysis for a Peacekeeping Mission: A Summary Paper », *Peace Economics, Peace Science and Public Policy*, vol. 5, n° 1 (1999).
45. Keith Hartley et Binyam Solomon, « Measuring Defense Output: An Economics Perspective », dans *Military Cost-Benefit Analysis: Theory and Practice*, éd. Francois Melese, Anke Richter et Binyam Solomon, New York, Routledge, 2015.
46. Hartley et Solomon, « Measuring Defense Output ».
47. Cela a imposé l'intégration de la force et mis l'accent sur le maintien de la paix comme principale activité des Forces canadiennes.
48. Binyam Solomon, Paul Chouinard et Leonard Kerzner, « The Department of National Defence Strategic Cost Model: Volume II – Theory and Empirics » (DRDC CORA TR 2008-03, 2008), consulté le 21 novembre 2017, <http://pubs.drdc-rddc.gc.ca/BASIS/pcandid/www/frepub/DDW?W%3DSYSNUM=530537>.
49. Solomon, Chouinard et Kerzner, « Department of National Defence Strategic ».
50. Le modèle établit des catégories de dépenses pour les nouveaux biens d'équipement (y compris les coûts liés aux systèmes, pilotes, opérations et entretien, et les civils qui participent directement à ces biens) comme des coûts directs. Les coûts indirects comprennent le soutien provenant des bases des FAC, du sous-ministre adjoint (Matériel) ainsi que de Recherche et développement pour la défense Canada (RDDC).
51. Solomon, Chouinard et Kerzner, « Department of National Defence Strategic ».
52. Ce sont des représentants du secteur privé, assistés par des instructeurs militaires, qui se chargent actuellement de l'entraînement élémentaire du pilotage ainsi que de l'entraînement sur des avions à voilure tournante ou à réacteurs multiples. Il en résulte qu'on traite les coûts d'équipement, d'opération et d'entretien, le coût des installations d'entraînement ainsi que de la gestion quotidienne des opérations comme des coûts indirects.
53. Solomon, Chouinard et Kerzner, « Department of National Defence Strategic ».
54. Solomon, Chouinard et Kerzner, « Department of National Defence Strategic ».



55. Je désire remercier Michael Cowhey pour son aide précieuse dans l'extraction et l'interprétation des entrées de bases de données.
56. P. D. Dickson et K. E. Ennis, « The Future of Air Power for Small Air Forces: The Perspective from Canada » (RDDC CARO).
57. P. D. Dickson et T. Gongora, « Strategic Analysis with DRDC CORA and the Air Force: An Overview » (RDDC CARO TN 2007-36, 2007).
58. Canada, MDN, A-GA-007-000/AF-002, *The Aerospace Capability Framework: A Guide to Transform and Develop Canada's Air Force*, Ottawa: Directeur général – Développement de la Force (Air), 2003; Canada, MDN, *Point de mire : Stratégie pour la Marine pour 2020*, Ottawa, Direction - Stratégie maritime, 2001, consulté le 21 novembre 2017, [http://publications.gc.ca/collections/collection\\_2012/dn-nd/DB3-22-2001-fra.pdf](http://publications.gc.ca/collections/collection_2012/dn-nd/DB3-22-2001-fra.pdf); et Canada, MDN, *Advancing with Purpose: The Army Strategy, One Army, One Team, One Vision Government of Canada*, s.l., Commandement des Forces terrestres, 2002.
59. Carl Builder, *The Masks of War: American Military Styles in Strategy and Analysis*, Nouveau-Brunswick, Johns Hopkins University Press, 1989.
60. Builder, *The Masks of War*, p. 19.
61. Michael Barzelay et Colin Campbell, *Preparing for the Future: Strategic Planning in the U.S. Air Force*, Washington (DC), Brookings Institution Press, 2003.
62. Dennis C. Mueller, « Public Choice: A Survey », *Journal of Economic Literature* vol. 14, n° 2 (1976).
63. Des entreprises de maintenance des aéronefs ont été engagées en sous-traitance pour donner suite au plan de 1994 de réduire les FAC. Dans certains cas, notamment le CC177, le fait de recourir au fabricant pour effectuer l'entretien et la maintenance coûte moins cher que de recourir à des techniciens militaires pour une flotte de cinq appareils.
64. Dans les faits, la variable dépendante et les variables explicatives reviennent au même.
65. Douch et Solomon, « Middle Powers and the Demand ».
66. C. W. J. Granger et P. Newbold, « Spurious Regressions in Econometrics », *Journal of Econometrics*, vol. 2, n° 2 (juillet 1974).
67. Peter Kennedy, *A Guide to Econometrics*, 6e éd., Cambridge (MA), Wiley-Blackwell, 2008.
68. C. W. J. Granger et Robert F. Engle, « Cointegration and Error Correction: Representation, Estimation and Testing », *Econometrica*, vol. 55, n° 2 (mars 1987).



69. Søren Johansen, « Identifying Restrictions of Linear Equations with Applications to Simultaneous Equations and Cointegration », *Journal of Econometrics*, vol. 69, n° 1 (septembre 1995).
70. Kennedy, *Guide to Econometrics*.
71. Michael P. Murray, « A Drunk and Her Dog: An Illustration of Cointegration and Error Correction », *The American Statistician*, vol. 48, n° 1 (1994).
72. Murray, « A Drunk and Her Dog ». Si le chien a une laisse, alors la distance entre le chien et la femme ivre est fixe et le modèle est essentiellement déterministe.
73. M. H. Pesaran et B. Pesaran, *Microfit 5.0*, version Windows, Cambridge (London), Camfit Data Limited, 1997.
74. Pesaran et Pesaran, *Microfit 5.0*.
75. Pesaran et Pesaran, *Microfit 5.0*. En d'autres mots, il n'y a qu'une seule relation de cointégration et l'estimation du modèle ARDL peut se traduire sous la forme d'une seule équation. Si nous avons trouvé de multiples relations, nous aurions recours à une estimation fondée sur une équation multiple, notamment une analyse d'autorégression vectorielle, ou un système d'équations simultanées.
76. Pesaran et Pesaran, *Microfit 5.0*.
77. Paresh Kumar Narayan, « The Saving and Investment Nexus for China: Evidence from Cointegration Tests », *Applied Economics*, vol. 37, n° 17 (2005), consulté le 21 novembre 2017, <http://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/00036840500278103>.
78. Pour ce qui est des menaces, nous tenons compte pour le test du total de l'arsenal et des explosions nucléaires. Ni l'un ni l'autre ne sont significatifs sur le plan statistique. Il est également à noter que la situation budgétaire du gouvernement ou les données sur la demande concurrentielle n'ont pas non plus démontré de relation significative sur le plan statistique.
79. Pesaran et Pesaran, *Microfit 5.0*.
80. Canada, Ministère des Finances (Tableaux de référence financiers), années multiples.
81. Canada, Ministère des Finances (Tableaux de référence financiers), années multiples.
82. Données des tableaux de référence financiers 2016 et calculs de l'auteur.
83. Calcul de l'auteur à partir des sources du MDN.



# CH03

## **Gestion de la défense pour un avenir incertain**

Ross Fetterly

---



## CH03 Table des matières

Introduction.....	61
La problématique de gestion de la défense.....	63
Gestion du changement dans la gestion de la défense.....	66
S'adapter au changement.....	69
La défense : une organisation apprenante.....	71
Analyse de la défense.....	73
Conclusion.....	76
Abréviations.....	78
Notes.....	79





**Compte tenu des complexités liées aux risques en évolution rapide dans un environnement en pleine transformation, le rythme du changement excède la capacité de nombreuses organisations à mettre en place la gestion des risques et le leadership en matière de résilience, l'expertise et les processus nécessaires pour s'adapter en toute confiance à la « nouvelle norme ».**

**Forum économique mondial<sup>1</sup>**

## Introduction

Dans le contexte stratégique international actuel, « la science physique moderne confère un avantage militaire décisif aux sociétés qui peuvent développer, produire et employer leur technologie de la manière la plus efficace; cet avantage relatif conféré par la technologie s'accroît naturellement avec l'accélération des changements technologiques<sup>2</sup> ». Ce cycle persistant et de compression influence et modèle l'approche institutionnelle en matière de gestion de la défense, tout en faisant émerger des complexités qui sont distinctes par nature et qui présentent des défis. Plus particulièrement, dans le contexte stratégique international actuel, où « le risque d'une dangereuse instabilité mondiale est très élevé<sup>3</sup> » à court terme, la seule certitude est le changement. Par conséquent, l'allocation de ressources de défense devra constituer une priorité en matière de défense.

Au niveau institutionnel, la gestion de la défense renvoie à « la transformation des ressources affectées en des capacités militaires pertinentes pour la politique du gouvernement et conformes à celle-ci<sup>4</sup> ». Toutefois, l'approche, le processus et la structure organisationnelle actuels du Canada ne sont pas suffisamment adaptables, ni suffisamment efficaces pour optimiser habilement les priorités stratégiques et pour s'y conformer. Bien qu'au Canada et outre-mer, le ministère de la Défense nationale (MDN) et les Forces armées canadiennes (FAC) soient réputés pour leur excellence opérationnelle malgré le caractère non optimal de notre équipement et de nos installations, la qualité de l'équipe de la défense canadienne facilite ce résultat. Dans ce contexte, les gestionnaires de la défense agissent dans un environnement complexe, capitalistique et tributaire du savoir où toute erreur est lourde de conséquences, ce qui place généralement la défense comme la fonction gouvernementale nationale la plus dispendieuse. Les caractéristiques fondamentales de la défense incluent l'utilisation accrue d'une technologie avancée, l'emploi d'un grand nombre de membres du personnel hautement qualifiés possédant une gamme de compétences diverses et très spécialisées, et l'utilisation de systèmes d'armement de pointe, ainsi qu'une coordination efficace. La gestion de capacités militaires variées est un exercice qui requiert une vigilance permanente. Ainsi, la gestion efficace de cette diversité de ressources et de fonctions distinctes devient le centre de gravité des organisations de défense. Dans un tel contexte, où des chocs stratégiques associés à la défense peuvent modifier les perspectives conventionnelles des ministères de la Défense, le « déclenchement imprévu des chocs force l'ensemble de l'entreprise de défense à réorienter et à restructurer des institutions, à employer des capacités d'une manière inattendue et à faire face à des défis qui sont fondamentalement différents des défis à relever habituellement pris en compte dans les calculs de défense<sup>5</sup> ». Par conséquent, la gestion efficace des ressources de défense dans un contexte incertain sera un point central de la réussite institutionnelle durable.



La posture de défense canadienne depuis la Confédération a été influencée par plusieurs constantes stratégiques. Ces constantes comprennent la géographie, le potentiel économique et les intérêts nationaux au sens large, dont le « facteur prédisposant » est la géographie<sup>6</sup>. L'emplacement géographique du Canada a traditionnellement éloigné le pays des menaces militaires immédiates. Grâce à des océans à l'est, à l'ouest et au nord du pays, et à une frontière avec les États-Unis, les Canadiens ont toujours considéré que leur nation était en sécurité, ce qui a entraîné une politique de défense stratégiquement remarquablement stable ancrée par un petit nombre d'idées dominantes. En effet, peu après la fin de la Deuxième Guerre mondiale, un consensus durable a été établi « concernant les besoins du Canada en matière de défense et la manière dont nous devrions les satisfaire<sup>7</sup> ». On peut caractériser cela comme la défense du Canada, la défense de l'Amérique du Nord en collaboration avec les États-Unis et le soutien pour la paix et la sécurité internationales. Ainsi, les politiques canadiennes en matière de défense se sont préoccupées du perfectionnement et de l'administration des capacités nécessaires pour répondre à ces besoins<sup>8</sup> dans le contexte de la dynamique complexe de l'environnement de sécurité international et elles vont probablement continuer de s'en préoccuper. À cet égard, le Canada continuera de fournir un financement suffisant pour la défense afin de répondre aux besoins du cadre politique et stratégique durable mentionné précédemment, sans mettre de pression particulière sur le cadre fiscal canadien ni remplacer d'autres objectifs nationaux importants. Par conséquent, si l'on se fie à cette combinaison unique de la stabilité durable de la politique de défense et de l'éloignement géographique des menaces externes majeures en matière de sécurité, l'établissement de la défense canadienne peut se concentrer, dans ce cadre, sur la question centrale de la gestion de la défense relative à l'allocation de ressources pour répondre aux besoins. Certaines structures de force au sein de l'Aviation royale canadienne (ARC) peuvent être durables si l'on se base sur l'uniformité remarquable des grandes priorités canadiennes en matière de défense stratégique. À cet égard, le processus de planification fondée sur les capacités (PFC) du Ministère est axé sur la manière dont les effets militaires sont fournis et est plutôt souple quant à la personne qui les fournit.

Dans les établissements de défense qui ont tendance à être conservateurs, le changement peut être difficile. Cependant, l'environnement stratégique international qui est devenu moins stable, l'évolution moins linéaire des menaces, la nature de moins en moins conventionnelle des conflits et la disparition graduelle du monde unipolaire ont ensemble rendu le changement non seulement inévitable, mais également nécessaire. Dans ce contexte où le changement est un élément proéminent auquel les dirigeants institutionnels doivent faire face, il faut peut-être tenir compte des priorités contemporaines en matière de défense qui auront des répercussions sur de nombreux intérêts enracinés dans le Quartier général de la Défense nationale (QGDN). De même, il faudra peut-être revoir les anciennes compétences militaires essentielles. Enfin, les programmes de biens d'équipement majeurs pourraient également être touchés.

Dans un contexte de sécurité internationale incertain et contestable comportant des défis croissants à l'échelle mondiale, l'organisation, la structure et les capacités de l'ARC seront primordiales pour pouvoir soutenir les Canadiens et la communauté internationale conformément au mandat du gouvernement du Canada. En effet, compte tenu de la structure actuelle, le Centre de guerre aérospatiale des Forces canadiennes (CGAFC) constitue une institution de réflexion offrant une capacité de développement de concepts au sein de l'ARC; un quartier général de niveau stratégique relativement petit,



mais ciblé, à Ottawa, est intégré à d'autres environnements, le sous-ministre adjoint (Matériels), le chef de programme et le chef – Développement des Forces; et un quartier général de niveau opérationnel solidement doté à Winnipeg est situé près d'une division d'instruction des forces aériennes de niveau opérationnel. Tous ces éléments contribuent à la capacité de réagir et de s'adapter d'une organisation. En outre, la création et l'établissement de la 2<sup>e</sup> Escadre à Bagotville en tant qu'organisation de soutien expéditionnaire de l'ARC permettent d'offrir une nouvelle capacité opérationnelle. Néanmoins, l'ARC doit continuer à évoluer et à s'adapter aux circonstances changeantes. Puisque l'ARC compte sept communautés aéronautiques distinctes différentes, les avions de chasse, les aéronefs à voilure tournante basés au sol, les hélicoptères embarqués sur des navires, les avions de recherche et sauvetage, les avions de transport tactique, les avions de transport stratégique et les aéronefs de patrouille à long rayon d'action (sans oublier que chaque flotte d'aéronef doit constamment être renouvelée et mise à niveau), la gestion stratégique efficace des capacités aéronautiques est essentielle et constitue un défi organisationnel prioritaire. L'efficacité avec laquelle les ressources sont allouées par l'État-major de la Force aérienne à Ottawa et gérées au niveau opérationnel est un catalyseur clé.

Le présent chapitre traite principalement de la gestion de la défense en s'appuyant sur le fait que la gestion efficace des ressources de défense sera un catalyseur important pour soutenir et amorcer le changement. Malgré le fait que le centre d'intérêt sera la gestion au sein de la défense, l'accent sera mis sur l'ARC. Le présent chapitre traitera d'abord de la problématique de gestion de la défense, puis des facteurs actuellement à l'origine du changement en matière de gestion de la défense. Ensuite, la défense, à titre d'organisation apprenante dans un contexte opérationnel complexe en 2017, sera abordée; puis, la conclusion du chapitre mettra l'accent sur l'utilisation des analyses de défense en tant que mécanisme d'intégration visant à transformer la gestion de la défense dans la même mesure que la numérisation l'a fait dans les années 1990. Bien sûr, dans les années à venir, les analyses opérationnelles de défense auront probablement une influence centrale dans l'élaboration et l'unification des initiatives de réforme de la gestion de la défense.

## La problématique de gestion de la défense

Dans nos plans, nous inclinons [sic] à confondre l'insolite avec l'improbable. Le fait concret non envisagé paraît étrange, l'étrange semble improbable; pourquoi faudrait-il donc le considérer sérieusement<sup>9</sup>?

Le modèle opérationnel dans l'entreprise de défense est unique. À titre d'organisation de sécurité de dernier recours pour le gouvernement national, les établissements militaires sont créés, structurés, dotés en ressources et formés pour remplir ce rôle. À cet égard, en 1963, la Commission royale d'enquête sur l'organisation du gouvernement du Canada a jugé que les services militaires devaient pouvoir agir sans difficulté en temps de paix ou de conflit<sup>10</sup>. Ce point de vue, soit que le concept normal d'efficacité « ne s'applique pas pour les FAC, qui, à titre de force de dernier recours, doivent être capables de bien agir dans des conditions de chaos et de complexité, lorsque peu d'autres choses fonctionnent<sup>11</sup> », a récemment été repris. Les institutions de défense ont besoin de systèmes redondants, en plus d'une capacité à augmenter rapidement la capacité. Cela découle du contexte et de l'incertitude dans laquelle la Défense agit, du cycle de décision qui rétrécit, du fait que la défense est en transformation constante



et, finalement, du désir d'obtenir des renseignements détaillés provenant des bureaucraties nationales, renseignements que les ministères de la défense ont du mal à fournir. Selon ce point de vue, qui a caractérisé les réformes basées sur la gestion au cours des dernières décennies, « la mesure d'efficacité – d'efficience – sous-jacente des réformes est par nature incompatible avec les organisations militaires, et la majorité des autres services publics<sup>12</sup> ». D'ailleurs, dans les années 1960, la Commission royale d'enquête sur l'organisation du gouvernement a exprimé ce point de vue de la manière suivante :

[C]haque élément des forces armées doit pouvoir être mis sur un pied de guerre avec le minimum de préavis. L'organisation et les méthodes de l'administration centrale doivent donc lui permettre de remplir ses fonctions avec le maximum d'économie et d'efficacité compatible avec son rôle envers les troupes de combat en temps de guerre<sup>13</sup>.

Depuis 2000, le gouvernement fédéral a fait l'objet d'une série de réformes de la gestion, dont l'objectif était l'amélioration de l'efficacité et de l'efficience<sup>14</sup>. De nos jours, le ministère de la Défense fournit une myriade de rapports au Conseil du trésor chaque année financière, suit de multiples processus de production de rapports de gouvernance en matière d'approvisionnement (p. ex., examens par des tiers) et intervient dans le cadre de nombreuses vérifications internes et externes. On s'attend à ce que des renseignements substantiels soient disponibles dans les ministères du gouvernement grâce à toute la documentation de l'ère numérique actuelle. Par conséquent, les agences centrales s'attendent à ce que le niveau de la qualité de l'information soit supérieur. Cependant, dans un ministère de la Défense, dont l'organisation est massive, multifonctionnelle, complexe et dispersée, cette granularité de l'information n'est pas toujours facilement disponible.

Dans le domaine de la défense, la flexibilité à court terme est minime, contrairement à la flexibilité à long terme qui, elle, est relativement illimitée. Par conséquent, la capacité organisationnelle en matière de défense qui vise à combler les écarts entre les demandes à court terme et à moyen terme est essentielle pour qu'une organisation de défense conserve une capacité de réagir adaptée à un contexte dominé par les changements stratégiques pouvant se produire de manière non linéaire. Il existe deux approches principales possibles pour restructurer les organisations de défense. Selon la première approche, appelée « armer l'homme », la taille de la force raisonnable par rapport au budget de défense prévu et aux dépenses d'immobilisations devient une dépense résiduelle. Selon la seconde approche, appelée « doter la force », l'investissement en capital devient la priorité et le personnel, le coût résiduel. À l'échelle mondiale, la tendance est la suivante : « les gouvernements et les militaires favorisent l'approche “armer l'homme”<sup>15</sup> ». Le défi que doivent alors relever les planificateurs de la défense est de gérer un programme de biens d'équipement modeste et de maintenir les parcs de matériel pendant une période prolongée. Cependant, cette approche traditionnelle en matière de structure et de gestion de la défense a été renversée le 11 septembre 2001 lors de l'attaque terroriste du World Trade Center à New York par les militants d'Al-Qaïda. Cela a provoqué un changement de paradigme des forces militaires occidentales vers des opérations expéditionnaires. Ce fut un contraste saisissant par rapport à la situation durant la longue Guerre froide, qui a pris fin en grande partie lors de la chute du mur de Berlin en novembre 1989. Pendant cette période, les forces militaires ont conservé une cadence opérationnelle prévisible et généralement stable qui consistait en un cycle d'instruction et d'exercice régulier, ainsi qu'en un programme de remplacement de l'équipement constant. Après le 11 septembre 2001,



la dynamique dominante de nombreuses forces militaires s'est convertie en des opérations expéditionnaires de haute intensité et de grande envergure qui se caractérisaient par des périodes prolongées d'opérations de combat qui utilisaient de l'équipement, du personnel et des ressources rapidement.

Au sein des organisations militaires, l'apprentissage institutionnel au cours des opérations est rapide par nécessité. Cela était évident lors de la décennie durant laquelle les FAC étaient en Afghanistan; en effet, la manière dont les militaires s'entraînaient, puis agissaient sur le terrain, a changé pour s'adapter au contexte opérationnel. En revanche, le changement dans les processus de gestion des ressources de la défense est bien plus lent et, dans cette organisation traditionnelle de type bureaucratique, il y a une tendance à résister au changement. Dans l'environnement actuel, où la capacité à s'adapter et à changer façonne nécessairement le contexte de gestion de la défense, la capacité institutionnelle à apprendre et à s'adapter devient aussi importante qu'elle l'était traditionnellement dans les opérations.

D'un point de vue historique, les organisations de défense ont été conservatrices. Dans le contexte stratégique actuel, adopter une approche progressive continue en matière de changement rendra les organisations militaires vulnérables aux innovateurs adaptatifs. Bien sûr, la capacité et la flexibilité des processus de gestion de la défense sont essentielles pour fournir une capacité de maintien en puissance nécessaire sur le plan des opérations et de la capacité d'intervention à long terme. Cependant, au cours des dernières années, le cycle de décision dans le domaine de la défense continue d'être comprimé, ce qui réduira le délai d'intervention. En effet, bien que les processus de prise de décision dans le domaine de la défense continuent d'évoluer en réponse à l'environnement, la tendance vers des échéances de plus en plus courtes demeure, ce qui laisse une place prépondérante à la disponibilité opérationnelle<sup>16</sup>. En revanche, il faut maintenant plus de temps pour exécuter les projets en biens d'investissement. Par conséquent, les demandes changeantes d'équipement peuvent avoir des répercussions négatives sur la capacité d'intervention institutionnelle à long terme en matière de défense. Ainsi, l'établissement de défense au Canada devra prendre des décisions difficiles en matière de réattribution pour pouvoir intégrer les nouvelles capacités dans les FAC.

Les forces militaires peuvent être perçues comme un système complexe qui, en temps de paix, transforme les ressources (intrants) en forces préparées (extrants). Étant donné que cette transformation déclenche un ensemble d'interactions parmi les intrants, dont bon nombre peuvent être non linéaires, l'extrait peut sembler, parfois, aléatoire et inattendu. Le système lui-même est dynamique, ce qui ajoute encore plus de complexité. Les règles qui le régissent changent constamment, car la technologie, les menaces, les concepts opérationnels et les forces militaires elles-mêmes changent aussi<sup>17</sup>.

De la même manière, l'historien militaire, Martin van Creveld, a observé qu'« il est monnaie courante que toutes les guerres comprennent une série infinie de difficultés, de choses qui tournent mal, ce qui est précisément ce que Clausewitz expliquait lorsqu'il parlait de la "friction de la guerre"<sup>18</sup> », Tandis que la Deuxième Guerre mondiale inaugurait une nouvelle ère de mobilité dans le domaine de la conduite de la guerre, aussi bien au sol que dans les airs, grâce aux avancées technologiques relatives aux véhicules et aux aéronefs, elle a également multiplié les demandes dans la chaîne d'approvisionnement et le rôle du réapprovisionnement logistique dans le théâtre. Dans le contexte de défense actuel



où les ressources sont limitées, veiller à utiliser complètement les budgets de défense afin de maintenir les niveaux de préparation, de conserver les inventaires de pièces de rechange pour les aéronefs, les navires et de bien gérer les stocks de véhicules de combat de l'Armée lorsque les niveaux d'activités fluctuent, est un multiplicateur de combat.

Dans une période de transition vers de nouvelles capacités et de priorités institutionnelles changeantes (cybersécurité, véhicules aériens sans pilote et exigences opérationnelles changeantes), des processus de gestion de la défense efficaces sont des facteurs habilitants institutionnels nécessaires. En outre, dans le contexte de sécurité actuel, les compétences requises par le personnel militaire vont croissantes. Il s'agit notamment de l'emploi de nouvelles technologies, du déploiement à plusieurs reprises dans différentes opérations complexes et de l'instruction pour acquérir de nouveaux ensembles de compétences requis. Au cours des dernières années, la planification opérationnelle, la gestion du budget et les processus de gouvernance sont devenus la colonne vertébrale de la gestion des ressources de défense. En effet, le fait que les établissements de défense soient des machines de planification chevronnées, multicouches et sophistiquées, dont la fonction institutionnelle principale est l'instruction, est une force essentielle. À chacun des niveaux stratégique, opérationnel et tactique de la défense, il y a différents degrés de connaissances et d'expérience. Par conséquent, les décideurs, à chaque niveau, font face à une asymétrie de l'information. Au niveau du quartier général stratégique, la connaissance des ressources disponibles et les priorités institutionnelles sont facilement accessibles. En revanche, au niveau tactique, la connaissance des coûts des opérations et des mécanismes de financement peut être limitée. Dans le domaine de la défense, il est surtout important de comprendre que « le processus de prise de décision est complexe et comporte des éléments de rationalité entrecoupés par une concurrence pour des ressources limitées et des négociations qui entraînent des solutions qui, bien qu'elles ne soient pas toujours axées sur la logique, peuvent être acceptées par les principaux intervenants<sup>19</sup> ».

L'étendue et la diversité des intervenants sont des caractéristiques déterminantes dans le secteur de la défense d'un pays. Au sein du MDN, les sous-ministres adjoints de l'infrastructure, des technologies de l'information, du matériel, de la finance et du personnel civil se font concurrence pour obtenir des ressources. Au sein des FAC, l'Armée canadienne (AC), la Marine royale canadienne (MRC), l'ARC, le Commandement des Forces d'opérations spéciales du Canada et le Commandement des opérations interarmées du Canada ont chacun des demandes différentes en matière de ressources. Au sein du gouvernement fédéral, un certain nombre de ministères jouent un rôle en matière de défense, notamment Innovation, Sciences et Développement économique Canada et Services publics et Approvisionnement Canada. À l'externe, dans le secteur privé, la vaste base industrielle de la défense canadienne<sup>20</sup> soutient les capacités aériennes, terrestres et maritimes, ainsi que le matériel, l'infrastructure et les technologies de l'information. Cette diversité des intérêts s'ajoute à la complexité du secteur de la défense et exige de privilégier la gestion du changement en matière de défense.

## Gestion du changement dans la gestion de la défense

Les dernières années nous ont rappelé que la stabilité n'est pas un état naturel de l'environnement international, que la paix n'est pas quelque chose qui se perpétue toute seule et que des régions entières peuvent soudainement devenir anarchiques<sup>21</sup>.



L'ancien monde unipolaire qui a émergé à la suite de la Guerre froide n'était pas la fin de l'histoire<sup>22</sup>, mais plutôt une période relativement brève de l'écrasante suprématie américaine. Au cours des quinze dernières années, le monde est devenu un endroit bien plus difficile et contesté. La mondialisation change la nature des relations de manière non linéaire, aussi bien entre les États-nations qu'au sein de ceux-ci. De plus, il y a de plus en plus d'acteurs non étatiques. La capacité de réaction et l'efficacité deviennent donc essentielles au sein des établissements de défense. Cela signifie que pendant des périodes de changement, on ne peut pas simplement réinitialiser nos plans et nos objectifs, on doit évoluer avec le contexte stratégique changeant. En termes pratiques, cela signifie que nous devons nous adapter en permanence à la réalité qui consiste à « simultanément entretenir l'équipement vieillissant, soutenir le nouvel équipement, s'adapter à une force militaire en transformation et faire face aux activités et niveaux d'activité changeants que des difficultés budgétaires aggravent<sup>23</sup> ». Cela complexifie et complique beaucoup les processus de gestion des ressources de défense et requiert une adaptation constante pour maintenir la capacité de réaction. En 2017, les nations occidentales ont du mal à recruter, à former et à conserver le personnel militaire. En ce qui concerne la gestion des ressources humaines, malgré les efforts considérables déployés, les établissements de défense ont dans une large mesure été incapables de passer d'un paradigme non intégré et désordonné ne permettant pas de répondre efficacement à la demande croissante de personnel militaire à un paradigme qui s'aligne sur les priorités institutionnelles en matière de défense. Cela démontre bien la nécessité d'adopter une approche de gestion de défense intégrée qui tient compte du personnel, des opérations et de la maintenance, ainsi que des demandes de biens d'investissement au moment de prendre des décisions.

Dans le contexte stratégique international actuel, l'application de la force militaire par les gouvernements devient de moins en moins décisive, car les nations commencent à réaliser que, parfois, nous pouvons, au mieux, gérer uniquement les problèmes de sécurité difficiles dans certaines circonstances. Le monde est devenu de plus en plus complexe et moins unipolaire, et l'histoire moderne a démontré que les zones agitées et de conflit peuvent résister à l'intervention et aux réformes. Bien que les États-Unis puissent toujours maintenir en grande partie le commandement général<sup>24</sup>, les menaces émanant d'États en déroute ou défaillants – ainsi que de la Russie et de la Chine renaissantes – sont devenues de plus en plus compliquées pour la communauté internationale. En outre, les engagements militaires outre-mer peuvent s'étendre maintenant sur plusieurs années, avoir de multiples facettes et être non linéaires. En effet, le cycle de déploiement traditionnel est maintenant obsolète. Par le passé, la reconstitution du personnel et de l'équipement de l'ARC au sein d'une unité avait lieu après le retour d'une opération expéditionnaire, et était suivie par une période prolongée d'instruction et d'opérations intérieures traditionnelles. Cela a été remplacé par un environnement de sécurité internationale qui génère des demandes constantes de participation à des opérations expéditionnaires compliquées qui peuvent avoir des objectifs difficiles à atteindre. Les circonstances peuvent être à l'origine de multiples demandes d'engagement dans des opérations courantes outre-mer, ou d'une participation nationale à diverses coalitions. Afin de prospérer dans un tel contexte, l'ARC doit modifier la manière dont elle aborde la gestion des ressources en étant pragmatique et en s'adaptant aux demandes et possibilités changeantes. D'ailleurs, le plan opérationnel traditionnel, qui établit les priorités pour l'organisation et qui alloue les ressources, s'oriente de manière à apporter des changements croissants pendant un certain nombre d'années. Cependant, dans le domaine de la défense, où des nations veulent devenir des innovateurs adaptatifs, la vitesse du changement technologique est telle que l'ARC et d'autres





organisations militaires de taille moyenne doivent planifier un avenir qui sera probablement bien différent de la situation actuelle. Ainsi, nous devons être plus audacieux dans notre gestion des ressources en positionnant l'ARC à la pointe du progrès en ce qui concerne les pratiques exemplaires et en étant plus sensibles aux changements du contexte stratégique. Essentiellement, la gestion des ressources doit prioriser l'adaptation au changement. D'ailleurs, cela a été reconnu au niveau institutionnel au sein du MDN; en effet, les plans opérationnels de l'année financière (AF) 2017-2018 soumis au chef de programme doivent mettre l'accent sur la réévaluation du niveau de priorité des ressources pour s'adapter aux circonstances changeantes. Les demandes de fonds supplémentaires faites par l'entremise du processus de planification opérationnelle doivent maintenant prendre en compte l'ensemble du plan d'allocation des ressources de l'ARC, et non pas se contenter de déterminer les lacunes en matière de financement. Ce changement d'approche fait partie d'une série de réformes de gouvernance institutionnelle qui facilite le changement systématique dans un environnement de sécurité internationale instable et changeant.

Pour arriver à un changement transformationnel dans le cadre de la gestion des ressources, les comportements au sein de l'ARC doivent changer en vue d'accepter plus de risques. Pour cela, il faut intégrer la gestion des risques dans le cadre des processus actuels, au lieu de gérer les risques en tant que fonction de gestion distincte. Bien que le Ministère cherche à adopter une gestion des risques intégrée dans les pratiques de gestion des ressources sur une base institutionnelle, les problèmes de capacité limitent son adoption au sein de l'ARC. Les organisations qui sont structurées pour gérer les risques efficacement sont plus susceptibles d'atteindre les objectifs, accordant ainsi une place de choix aux stratégies institutionnelles de gestion des ressources.

La disponibilité opérationnelle militaire est une pierre angulaire de l'ARC et l'un des quatre piliers de la capacité militaire. Lorsqu'elle est combinée aux autres piliers de la capacité militaire, c'est-à-dire la structure de la force, la modernisation et la durabilité<sup>25</sup>, elles constituent les principaux facteurs de coûts de l'ARC. Bien sûr, dans le contexte actuel où les ressources sont limitées, l'analyse du budget de la défense est, « à bien des égards, un débat par rapport à la disponibilité opérationnelle. Presque chaque partie du budget de la défense est liée à la disponibilité opérationnelle dans une forme ou une autre, soit par l'intermédiaire de la paie et des avantages pour le personnel militaire, soit par l'entremise du financement pour l'instruction et la maintenance, soit par l'entremise de développement et de l'acquisition de systèmes d'armement<sup>26</sup> ». De ce point de vue, la disponibilité opérationnelle comprend l'instruction et la préparation aux opérations, le personnel, l'infrastructure, l'équipement, les systèmes d'armement, les stocks, les fournitures et la maintenance appropriée. L'environnement actuel de sécurité internationale intensifie la valeur de la disponibilité opérationnelle et influence le processus de PFC du MDN. Les défis relatifs au contexte de sécurité découlant des activités de maintien de la paix, des guerres hybrides, des conflits régionaux et du terrorisme font en sorte de mettre au premier rang l'importance des résultats. Cela entraîne une réorientation institutionnelle puisque le paradigme de planification prédominant ne consiste plus à mettre l'accent sur la structure de la force mais sur la mise sur pied des forces. Cette réorientation a des conséquences conceptuelles, structurelles et financières qui requièrent une meilleure gestion financière au sein des ministères de la Défense. En particulier, la maximisation de l'utilisation des ressources de maintenance et opérationnelles affectées au cours de l'année pour soutenir ou améliorer la disponibilité opérationnelle, surtout dans un intervalle de changement générationnel, constitue un catalyseur clé.





## S'adapter au changement

De tous les défis multiples et fascinants auxquels nous sommes confrontés aujourd'hui, le plus important est de comprendre et d'orienter la nouvelle révolution technologique<sup>27</sup>.

S'adapter au changement représente un défi important pour toute grande organisation. Cela est particulièrement difficile dans le domaine de la défense, où la prudence militaire innée « a constamment poussé les principaux dirigeants et stratèges dans le sanctuaire de la convention<sup>28</sup> ». Cependant, cela a commencé à changer par nécessité au cours des dernières années à la suite de menaces non conventionnelles, de conflits hybrides et de l'impact de l'arrivée massive de réfugiés en Europe. Les circonstances particulières du contexte stratégique international en 2017 rendent cette tâche particulièrement difficile. Ce changement est dicté par la cadence (qui est plus exponentielle que linéaire), l'envergure et la profondeur du changement, qui combinent de nombreuses technologies en évolution ainsi que des répercussions transformatrices qu'il a au sein de divers secteurs des économies<sup>29</sup>. De manière générale, la capacité de s'adapter avec succès au changement commence par l'« aptitude à interpréter l'environnement externe dans tous ses aspects, aussi bien subtils qu'évidents, et à adapter ses propres formats organisationnels, opérationnels et tactiques pour satisfaire aux exigences de la situation en question<sup>30</sup> ». Dans le contexte actuel auquel doit faire face l'ARC, l'approche institutionnelle habituelle qui consiste à augmenter l'efficacité, bien qu'elle demeure valide, doit changer, car l'« aptitude à s'adapter à la complexité et au changement continu est devenue un impératif<sup>31</sup> ». Cela est particulièrement le cas pour les opérations expéditionnaires.

La nature dynamique des pays démocratiques et capitalistes est façonnée par les forces combinées des avancées technologiques et de l'innovation. En général, le rythme du changement est inégal et décousu, mais la tendance générale s'accélère. Il en découle alors un processus que l'on appelle la destruction créative. Plus précisément, l'innovation propulse le changement économique, ce qui crée un processus « qui révolutionne incessamment de l'intérieur la structure économique, en détruisant continuellement ses éléments vieillissants et en créant continuellement des éléments neufs<sup>32</sup> ». La gestion des ressources au sein de la défense devient donc essentielle. Le directeur parlementaire du budget canadien estime que « les niveaux de financement actuels sont insuffisants au maintien<sup>33</sup> » de la structure de force actuelle dans le domaine de la défense. Une chose est certaine, certains défis en matière de défense au Canada ne sont pas prêts de disparaître à court ou à moyen terme, ce qui met l'accent sur l'importance d'une gestion efficace des ressources. Premièrement, le contexte financier habituel de ressources limitées se prolongera. Deuxièmement, la nature de l'équipement de la défense est telle que les coûts augmentent sans cesse<sup>34</sup>, ce qui met une pression continue sur les budgets d'acquisition des biens d'équipement. Troisièmement, les forces armées continueront de subir les conséquences et les coûts de l'équipement vieillissant. Enfin, le gouvernement du Canada sollicitera régulièrement les FAC pour entreprendre des opérations au pays et à l'étranger.

Le Canada, en tant que nation, a bénéficié d'une longue période de prix élevé du pétrole pendant des dizaines d'années; par conséquent, dans une certaine mesure, le pays était épargné de nombreux problèmes économiques mondiaux. Cependant, maintenant que les prix du pétrole ont fortement baissé, que le secteur mondial des ressources naturelles connaît des difficultés et qu'il a une surcapacité nationale, le Canada est bien plus vulnérable aux événements mondiaux et aux variations du rendement



économique international. À l'instar de l'économie canadienne qui doit maintenant s'adapter rapidement au changement, le ministère de la Défense et les forces armées doivent faire de même pour demeurer pertinents et efficaces. À la fin de l'AF 2013-2014, avec l'impact combiné sur l'ARC de l'Examen stratégique et fonctionnel et du Plan d'action pour la réduction du déficit, le financement de base a diminué de manière significative. Toutefois, grâce à des financements de base supplémentaires reçus au cours des AF 2015-2016 et 2016-2017 pour la disponibilité opérationnelle et l'instruction, ainsi qu'à la stabilisation du contexte budgétaire au sein du MDN, l'ARC a tiré parti de cette stabilité avec un plan de campagne renouvelé et une planification interne mieux coordonnée. Malgré tout, la reprise après plusieurs années de réductions budgétaires successives prendra du temps, et la hausse des coûts non discrétionnaires continuera certainement à nuire au rythme de la reprise.

L'ARC est exceptionnelle dans les opérations, aussi bien intérieures qu'expéditionnaires, et a démontré qu'elle peut être à la fois souple et capable de s'adapter durant les opérations (p. ex., en démontrant une aptitude à tirer d'importantes leçons des opérations en Afghanistan en adaptant les processus opérationnels en fonction du contexte propre au conflit). Cependant, pour gérer les ressources de défense, l'ARC fait preuve d'une capacité d'adaptation bien moins grande et, à l'instar de bon nombre d'organisations de défense, est scrupuleusement bureaucratique. Pourquoi cette différence? Entre autres, parce que les responsabilités en matière de gestion des ressources sont bien plus diverses. Par conséquent, les changements sont bien plus difficiles. En revanche, cela pourrait s'expliquer par le fait que la gestion des ressources est plus complexe que la gestion des opérations ou que nous investissons beaucoup dans l'instruction liée aux opérations, mais que nous faisons moins d'efforts pour fournir le même niveau d'excellence ou pour accorder la même importance quant à la formation en gestion des ressources.

La nature même de la bureaucratie est qu'elle prospère dans un contexte où des approches uniformes et normalisées peuvent être appliquées pour traiter de problèmes courants. Traditionnellement, les organisations militaires ont été des bureaucraties qui « dépendent de la normalisation des outils, de l'instruction, des méthodes et de l'organisation<sup>35</sup> ». Tout détournement de cette approche renverse la normalisation et l'uniformité qui demeurent des caractéristiques du comportement et de la pratique militaires conventionnels. Dans ce contexte, l'adoption d'une pratique qui s'oppose au comportement habituel sera un défi jusqu'à ce qu'elle remplace efficacement les anciennes. Un effort organisationnel ciblé, une orientation et des ressources sont nécessaires pour opérer un changement important. En effet, « la stratégie consiste fondamentalement à déterminer et à créer des avantages asymétriques pouvant être exploités afin de contribuer à l'atteinte d'objectifs malgré les contraintes de ressources et autres<sup>36</sup> », et l'optimisation de l'utilisation des ressources affectées appuie cette approche.

À l'interne, l'ARC doit s'intéresser sérieusement au concept économique de rareté des ressources et, par conséquent, surplanifier pour utiliser pleinement le budget alloué et maximiser la capacité et les résultats. Laisser des millions de dollars non dépensés chaque année nuit à l'utilisation des ressources et au rendement, ce qui a un impact direct sur la crédibilité institutionnelle. Le défi est donc le suivant : bien que l'objectif de gestion de la défense consiste à établir et à maintenir en puissance des capacités de combat<sup>37</sup>, la relation n'est pas toujours claire, même si la majorité de notre planification se dit linéaire. Le problème qui se pose pour l'AC, la MRC et l'ARC en termes de gestion de la défense concerne la manière de fournir des « incitatifs pour faire face à des choix difficiles et d'établir la meilleure capacité



possible pour l'argent qu'elles dépensent<sup>38</sup> ». Il n'y a pas de solutions simples à ce problème. Dans le contexte actuel de défense où les ressources sont limitées, le budget de l'ARC est l'opérationnalisation de la politique de défense en ce qui concerne la puissance aérienne, la mise sur pied de capacités par l'intermédiaire d'une stratégie d'intégration, de ressources et de personnes. Bien que l'ARC fasse de gros investissements dans l'instruction de son personnel chaque année, elle doit maintenant concentrer son effort institutionnel pour devenir davantage une organisation apprenante.

## La défense : une organisation apprenante

Dans le contexte stratégique international de 2017, l'apprentissage et l'innovation organisationnels sont deux éléments habilitants essentiels pour la réussite opérationnelle au sein de l'ARC. Face aux possibles changements rapides et non linéaires des profils de sécurité et de menace, nous devons nous assurer que les capacités militaires demeurent pertinentes et s'adaptent au changement. Ainsi, une capacité institutionnelle robuste d'apprentissage et d'adaptation cadrant avec le contexte de sécurité changeant et une attention novatrice significative visant à relever les défis opérationnels dans les conflits sont essentielles à notre réussite. Dans les grandes organisations, les dirigeants intègrent généralement les nouveaux renseignements plus lentement que ne le font les personnes en général. Ainsi, à un niveau institutionnel, l'apprentissage est plus difficile et complexe; l'apprentissage a lieu à l'échelon du plus petit dénominateur commun, c'est-à-dire au niveau de l'équipe de gestion<sup>39</sup>. Dans le contexte stratégique international actuel, l'apprentissage institutionnel est un contributeur essentiel à l'agilité nécessaire permettant de comprendre ce qui émane de l'environnement de sécurité et d'intervenir sur cette connaissance de manière appropriée. En effet, cela est fondamental pour conserver un avantage à long terme et durable par rapport à la concurrence.

Vous trouverez ci-dessous une liste des caractéristiques fondamentales des organisations militaires au cours des opérations expéditionnaires<sup>40</sup> dans la décennie actuelle. Essentiellement, pour réussir, les organisations militaires et leur personnel doivent accepter la réalité qui est la suivante : avant toute chose, elles doivent être une organisation apprenante. Cela doit se diffuser dans de multiples domaines, pas seulement les organisations dont le rôle est d'enseigner au personnel militaire. Par exemple, le CGAFC est maintenant l'organisation responsable de la production de leçons retenues à la suite d'opérations de l'ARC. Cependant, cette approche doit s'étendre au droit de remettre en question la manière dont l'organisation fonctionne et s'adapte grâce à l'apprentissage, pour que :

- les défis imprévus ne paralysent pas l'organisation;
- la résolution de problèmes soit une compétence organisationnelle essentielle;
- les pratiques organisationnelles puissent être remises en question;
- les méthodes de collecte des connaissances permettent l'apprentissage systématique;
- les dirigeants entretiennent un milieu favorisant l'apprentissage;
- la mémoire organisationnelle reçoive et conserve, sans être trop rigide.



L'environnement opérationnel contemporain dans le cadre d'opérations expéditionnaires est influencé fondamentalement par une myriade de défis difficiles et complexes. Ainsi, il est presque certain que les contingents militaires devront relever des défis imprévus dans le cadre de ce type d'opération. Cela nécessitera une forte capacité d'apprentissage institutionnel, notamment une solide capacité de résolution de problèmes et la capacité d'adapter rapidement les instructions permanentes d'opérations à un environnement opérationnel changeant. Le cadre dans lequel cette dynamique fonctionne est, par nature, institutionnel et systématique. Par conséquent, à tous les niveaux, les contingents devant prendre part à une opération de déploiement doivent perfectionner et appliquer les compétences d'apprentissage et d'adaptation avant d'arriver dans le théâtre. Les processus de collecte de connaissances sont essentiels pour reconnaître, consigner et mettre en œuvre les pratiques et processus modifiés.

Dans le contexte stratégique international actuel, l'utilisation de nouvelles technologies par les organisations militaires nationales n'assure pas la victoire dans un conflit pour ce pays. C'est « l'intégration de l'innovation en méthodes et moyens efficaces qui donne un avantage stratégique ou tactique<sup>41</sup> ». Par conséquent, les établissements de défense doivent non seulement se pencher sur les technologies perturbatrices en tant que composante officielle de la posture et de la gestion de la défense, mais également être des organisations de réflexion, de pensée et d'innovation dans lesquelles les valeurs des idées, des concepts et de l'innovation sont concrétisées. Dans un contexte où les postures de défense mondiale sont susceptibles d'être modérées par les réalités économiques, cette ambition limitée servira de mécanisme permettant de combler les écarts de capacités entre les forces militaires nationales. Si l'on se base sur le concept du changement minimal des budgets de défense à court terme, les organisations de défense « pourraient trouver une plus grande valeur dans l'amélioration de la productivité et les initiatives liées au capital humain<sup>42</sup> », au lieu de trop se concentrer sur les initiatives d'innovation.

Les ressources de défense sont affectées à trois catégories : le personnel, les immobilisations et les opérations et la maintenance. La ressource la plus importante est le personnel, à la fois militaire et civil. Sans aucun doute, dans le domaine de la défense, les progrès ayant le plus d'influence peuvent être obtenus grâce à la qualité du personnel militaire. À la fin de 2016, le nombre de membres du personnel de la Force régulière était d'environ 65 500, et l'effectif autorisé était de 68 000. Cet écart entre l'effectif réel et l'effectif autorisé peut limiter la capacité de changement. Les postes vacants dans les états-majors d'armée et les états-majors centraux au QGDN limitent la capacité des états-majors. S'il faut tirer une leçon durable de la défense canadienne, elle concerne l'importance centrale des personnes au sein des FAC. Cela est particulièrement pertinent pour l'ARC. Pendant les périodes de changement institutionnel au sein de la défense, la priorité semble être irrémédiablement centrée sur l'équipement, aux dépens de la réforme de l'institution. Au sein de l'ARC, la réforme a commencé avec la publication du plan de campagne de l'AF 2015-2016. Maintenant, la réforme de l'ARC doit s'intéresser aux personnes; la manière dont elles sont recrutées, éduquées, formées et préparées à agir dans un contexte stratégique international de plus en plus instable et complexe influencera radicalement la force aérienne à l'avenir.

Dans le contexte stratégique international actuel, l'innovation s'accélère et les organisations de défense doivent suivre la cadence du changement technologique. Plus spécialement, la gestion de la défense doit adopter une orientation qui est nécessairement à plus long terme. Des processus de gestion de la



défense suffisamment flexibles pour répondre aux besoins d'un contexte en évolution constituent le catalyseur au sein de la défense. Au sein de la défense, où la promotion est interne, les dirigeants sont généralement un produit de leur expérience. Dans un contexte de sécurité qui a beaucoup changé, il faut des penseurs divergents pour façonner le changement institutionnel. Avec la disponibilité accrue des données, une stratégie visant à récupérer cette information pour améliorer la gestion des ressources est essentielle pour favoriser l'efficacité de l'utilisation des ressources.

## Analyse de la défense

Dans une période de changement rapide, mais sporadique, s'adapter à un environnement de sécurité internationale changeant est essentiel pour demeurer actuel et pertinent. Pour répondre à ce changement, la connaissance institutionnelle est indispensable et offre la fondation nécessaire à la prise de décisions. Le mécanisme d'intégration à l'appui de la gestion du changement est l'analyse de la défense qui devient de plus en plus importante et utilisée. Adopter l'analyse de la défense, par nécessité, changera des décennies de pratiques et de procédures, ce qui devra se traduire par un changement culturel considérable. Il faudra une croissance substantielle dans le cadre analytique d'une organisation où l'action et l'effort physique prédominent. Cependant, l'ARC et les autres services ont un avantage inhérent, soit la culture actuelle de planification et de programme. Plus ils pourront tirer parti de ces processus de planification opérationnelle et de mesure du rendement, plus il leur sera facile de devenir une organisation à la pointe du progrès qui améliore l'utilisation des ressources et la prise de décisions. D'ailleurs, il s'agit de la clé de l'agilité future.

À présent, la caractéristique qui définit le changement en matière de gestion de la défense est la priorité donnée à l'information utilisée pour la prise de décisions. La numérisation croissante est à l'origine de niveaux exponentiels de données générées par les établissements de défense. Malgré les bienfaits des avancées technologiques au cours des dernières années, avec la croissance rapide des données générées, nous sommes « passés d'environnements à faibles données, mais plutôt prévisibles, à des environnements riches en données, mais imprévisibles<sup>43</sup> ». Par conséquent, la capacité institutionnelle à générer de l'information à l'appui de la prise de décisions est devenue un contributeur principal aux opérations intérieures et expéditionnaires.

Les finances sont l'une des principales applications de l'analyse de la défense. Cela est particulièrement important dans le domaine de la défense où « [l]es obligations plutôt rigides des forces armées font que toute réduction importante des dépenses totales risque de se répartir inégalement entre les divers éléments du budget de la défense<sup>44</sup> ». Les budgets constituent un outil au sein de la défense qui sert à communiquer de l'information objectivement, uniformément et avec précision, de manière officielle, à divers niveaux au sein de l'organisation. Le lien est important lorsque l'on gère une organisation de la taille et de la complexité de l'ARC, et lorsque l'on est un mécanisme pratique de soutien à l'exécution du *Plan de campagne de l'Aviation royale canadienne*. De ce point de vue, le cadre conceptuel derrière les budgets et la planification opérationnelle vise à simplifier et à amorcer la planification, à surveiller les dépenses et à mesurer le rendement. Ainsi, l'établissement du budget et la planification sont fondamentalement liés; les budgets influencent l'allocation de ressources et la discipline institutionnelle. Cependant, dans une large mesure, la gestion du budget est indépendante



et distincte de la planification opérationnelle dans de nombreuses organisations de défense différentes. Pourtant, chacune contient de l'information qui est collectivement nécessaire pour la prise de décisions. Le lien entre les deux processus, auxquels s'ajoute la gestion du rendement, constitue l'analyse de la défense.

Le processus de planification opérationnelle et d'établissement du budget dans le domaine de la défense est très officiel et suit un cycle annuel structuré et exhaustif. Toutefois, par le passé, le contrôle des résultats constituait la priorité en matière de gestion. Inversement, l'ARC doit maintenant se concentrer sur le « contrôle du processus<sup>45</sup> ». Dans l'environnement de défense, qui fonctionne avec un certain degré d'incertitude, la planification intégrée et l'établissement du budget sont essentiels à l'exécution du programme tout au long de l'AF. Bien que l'ARC doive être plus efficace en matière de gestion du budget, elle doit exceller en gestion des connaissances en regroupant et en utilisant l'information, en comprenant les coûts et en conservant un échéancier annuel ciblé et opportun en matière de fréquence d'utilisation et d'approvisionnement interne. Par nature, la structure organisationnelle de l'ARC soutient la prise de décisions décentralisée dans le cadre du plan de campagne et aux niveaux des opérations et de l'escadre, afin d'appuyer l'exécution du budget et l'utilisation des ressources, en temps opportun. Une plus grande quantité d'information structurée et en temps réel permettra de maximiser le temps pendant les opérations de vol en respectant l'allocation de ressources pour soutenir les organisations au niveau de l'escadre et optimiser l'exécution du budget.

Pour gérer efficacement l'entreprise de l'ARC, la force aérienne doit se définir au cours des cinq à dix prochaines années en créant une organisation d'analyse superlative au sein de l'État-major de la Force aérienne. Cela compléterait la fonction analytique au sein des organisations du sous-ministre adjoint (Finances) et du chef de programme. Dans un contexte où les ressources continuent d'être limitées, disposer d'une organisation analytique ayant comme objectif d'analyser une grande variété de données pour établir une meilleure compréhension des générateurs de coûts institutionnels et des modèles de dépenses et de rendement est essentiel. L'effet souhaité consiste à ce que l'ARC soit une organisation axée sur les données qui tire parti de l'information pour cibler des secteurs d'investissement nécessaires, tirer parti des résultats et gérer la surplanification en offrant et en exploitant les possibilités. Par l'intermédiaire de l'utilisation à grande échelle des données et de l'élaboration de modèles de prévisions, les pratiques opérationnelles quotidiennes sont améliorées et des stratégies peuvent être employées pour améliorer le rendement financier et l'efficacité générale. L'analyse opérationnelle établit aussi un lien avec les améliorations en matière de gestion du risque institutionnel, de la planification et de la gestion du rendement.

Au cours de cette décennie, la caractéristique déterminante au sein de la défense n'est pas la vitesse, mais la compression du temps. Dans de nombreuses organisations, la durée des cycles de décision, ainsi que celle du temps de réaction au changement, a diminué. Cela provoque des changements pour les pratiques et procédures déjà bien établies. Bien que les organisations de défense aient fait des efforts pour s'intégrer dans le cycle de décision de leurs opposants pendant des décennies, les leçons tirées de l'Iraq<sup>46</sup> et de l'Afghanistan indiquent que l'accélération du cycle décisionnel n'est plus suffisante; les forces militaires doivent adapter leurs processus et procédures de pensée pour demeurer efficaces. Malgré les contraintes constantes de ressources, la gestion efficace de la défense devient un prérequis



institutionnel. En particulier, de multiples pressions ascendantes, telles que les coûts liés au personnel, peuvent avoir un effet d'éviction sur le financement opérationnel. Dans l'environnement de sécurité actuel, par nécessité, la défense est dans un état de transformation continue. La cohérence stratégique au sein de l'établissement de défense devient alors prépondérante. Ce problème est demeuré une lutte constante pour les établissements de défense occidentaux au 21<sup>e</sup> siècle.

Nous vivons maintenant dans un monde de données, et la disponibilité croissante de l'information permet à la Défense de transformer la gestion de la défense. De plus, l'assaut incessant du changement technologique, combiné à l'innovation perturbatrice bien implantée dans de nombreux secteurs, rend les modèles de planification stratégique traditionnels obsolètes. Dans ce contexte, l'enrichissement continu du renseignement opérationnel, ou l'architecture d'analyse de la défense, est central en vue de la collecte, du traitement et de l'analyse des données pour prendre des décisions éclairées. Ceci est important dans un contexte où le rythme de l'innovation technologique demeure élevé et où ses divers effets peuvent avoir un impact perturbateur à grande échelle sur l'environnement de sécurité. La Défense, par nécessité, a un objectif à long terme; par conséquent, elle s'est toujours efforcée d'employer l'analyse prédictive pour la prise de décisions. La capacité à pouvoir dorénavant recueillir de grandes quantités de données est un multiplicateur de force en matière de défense et sera un soutien important pour la prise de décisions futures. Bien sûr, durant la prochaine décennie, le « plus grand défi sera de créer de nouvelles capacités pour gérer et exploiter les mégadonnées<sup>47</sup> ». Par conséquent, le changement structurel au sein des ministères de la Défense sera nécessaire; cela est tout aussi important que l'investissement dans de nouvelles technologies. Dans ce cas, créer une solide capacité d'analyse de la défense pour veiller à ce que les décideurs des niveaux stratégique, opérationnel et tactique aient l'information nécessaire pour prendre des décisions éclairées doit avoir la même importance que l'instruction, les biens d'investissement, la conduite des opérations et la gouvernance.

L'intégration des finances, de la gestion de l'approvisionnement et de l'utilisation des pièces de rechange des parcs de matériel au sein d'un système informatique central unique est en cours. Cela permet déjà de fournir des quantités de données sans précédent aux chefs de la défense. Cette information doit être conservée et analysée pour optimiser le soutien aux opérations, et permettre ainsi l'optimisation des processus et la capacité de réagir. De plus, l'établissement de prévisions et la planification des ressources seront plus pertinents et leur application sera plus étendue. L'analyse des données, de par sa nature, dépend fortement de l'automatisation, car les gros volumes de données générées submergeraient une organisation traditionnelle exigeante en main-d'œuvre. L'analyse des données qui traite de gros volumes de données au sein de la Défense nécessite un régime exigeant en données ainsi qu'un niveau élevé d'expertise et de leadership. Pour cela, il faut une architecture et des processus définis qui facilitent la collecte, la manipulation et l'analyse de données, ainsi que la prise de décisions.

La principale répercussion sur la défense à la suite de la transition à une organisation exigeante en données sera un avantage stratégique, obtenu grâce au passage de la gestion de ressources institutionnelle d'une fonction de soutien à un élément habitant de combat majeur. À l'instar des établissements de défense qui adaptent continuellement la technologie, la stratégie et les ressources à l'environnement de sécurité changeant, il doit y avoir un changement de paradigme en ce qui concerne la manière dont les données sont recueillies et analysées. Dans une organisation bureaucratique telle que celle



de la défense, le changement se fait lentement. Cependant, un changement doit s'amorcer à court terme pour tirer parti des avancées en matière d'analyse du secteur privé. En particulier, un service d'analyse doit être établi au sein du QGDN. Les résultats doivent être utilisés en tant que composante intégrale dans la prise de décisions institutionnelle. Pour cela, une équipe intégrée des finances, du génie, de l'approvisionnement, des sciences de la défense et du personnel opérationnel des trois armées est nécessaire. Cela encourage la prise de décisions éclairées sur la manière dont les données sont recueillies, gérées, analysées et présentées. Diverses méthodes, notamment l'analyse statistique, la simulation et l'économétrie, offrent une approche générale de l'analyse. Au centre de l'établissement d'un service d'analyse, il faut un cadre de personnel civil qualifié et expérimenté en matière d'analyse opérationnelle. La défense est déjà une organisation hautement analytique. L'analyse se produit dans de nombreux domaines, tels que le recrutement et la rétention du personnel militaire, le chargement optimal de l'aéronef CC177 Globemaster et les exigences de formation pour les classifications des officiers et les groupes professionnels militaires. Il faut maintenant tirer parti de cette culture de l'analyse et de la recherche sous la forme d'un soutien à l'analyse de la défense dans le cadre de la prise de décisions stratégiques et opérationnelles.

## Conclusion

L'ARC devra sûrement faire face à des changements continus, tandis qu'elle s'adapte sans cesse aux changements perturbateurs de l'environnement de sécurité mondial. Par conséquent, il faudra améliorer ou perfectionner les compétences pour gérer l'ambiguïté croissante et l'incertitude relative à la nature fluide de l'environnement de sécurité internationale. Ces compétences devront s'appuyer sur l'éducation et l'instruction courantes, ainsi que sur l'expérience acquise par le personnel de l'ARC durant sa carrière. La gestion efficace des ressources de défense sera un élément habilitant important pour soutenir la transition vers l'environnement de sécurité de l'avenir. Dans le domaine de la défense, le coût unitaire des biens d'immobilisation a augmenté rapidement<sup>48</sup> depuis la Deuxième Guerre mondiale et ne semble montrer aucun signe de ralentissement. D'ailleurs, alors que la qualité et l'efficacité des systèmes d'armement avancés continuent de s'améliorer, le coût des biens d'équipement met une pression sur les budgets de défense nationaux. Par conséquent, les ministères de la Défense doivent investir dans l'analyse de la défense pour tirer parti du gros volume de données internes générées, et pour mieux gérer les coûts. Les ministères de la Défense doivent se placer en tête du changement perturbateur, dérivé de la révolution actuelle en matière de renseignement opérationnel et d'analyse qui utilise de gros volumes de données, pour améliorer de manière significative la prise de décisions.

Les établissements de défense nationaux sont exceptionnellement agiles en raison de leur large combinaison d'opérations, de compétences de soutien et d'organisations. Néanmoins, la grande étendue, l'ampleur et la complexité de la gamme de capacités de défense créent paradoxalement certaines vulnérabilités dans l'environnement de sécurité actuel. La gestion efficace des ressources et la culture bien ancrée d'une organisation apprenante soutiendront une fondation qui contribuera à la réussite institutionnelle. En outre, l'information générée par l'entremise de l'analyse de la défense améliorera la planification et l'exécution de la défense, tout en soutenant les stratégies visant à réduire la vulnérabilité institutionnelle.





Les établissements militaires occidentaux contemporains doivent faire face à un certain nombre de défis fondamentaux et complexes provenant de sources différentes. Pour faire face aux pressions exercées sur les ressources, il faut absolument que des stratégies soient en place pour maximiser l'utilisation de ces ressources afin d'améliorer l'adaptabilité institutionnelle. Si l'on veut améliorer l'utilisation des ressources au sein de l'ARC, il faudra changer le comportement organisationnel, pas les politiques. L'environnement de sécurité international est entré dans une période d'incertitude il y a un certain temps. Ainsi, nous serons toujours surpris par les demandes relatives aux exigences et aux ressources, ce qui constituera des défis importants que devra relever l'ARC. Dans un contexte de menace très turbulent, où la vitesse de déploiement est critique pour l'ARC, la gestion efficace des ressources de la Force aérienne est essentielle pour exécuter et maintenir en puissance les opérations.

---

Ross Fetterly a pris sa retraite des Forces canadiennes en 2017 après une carrière de 34 ans en tant que directeur – Fonction de contrôle et planification d'activités (Air) au sein de l'Aviation royale canadienne. Il avait auparavant occupé le poste de contrôleur du Commandement du personnel militaire et d'autres postes supérieurs chez le sous-ministre adjoint (Finance) du ministère de la Défense nationale. Il est membre du Canadian Global Affairs Institute. Le colonel (Col) retraité Fetterly a terminé en février 2009 une affectation à titre de chef CJ8 au QG de la base de l'OTAN à l'aérodrome de Kandahar, en Afghanistan. À ce titre, il était responsable des finances, des contrats et des achats. Il a été commandant adjoint du contingent canadien au sein de la Force des Nations Unies chargée d'observer le désengagement sur le plateau du Golan en 2000 et 2001. Il a rempli le rôle d'officier logistique d'escadron et d'officier des finances de l'ARC dans des bases militaires partout au Canada. Il est professeur auxiliaire au département de gestion et d'économie du Collège militaire royal du Canada (CMRC) et agrégé supérieur de recherches au Centre for Security Governance. Il est titulaire d'un baccalauréat en commerce (McGill), d'une maîtrise en administration (Université de Regina) et d'une maîtrise et d'un doctorat en études sur la guerre du CMRC. Ses champs d'études de doctorat portaient sur l'économie de la défense, la politique en matière de défense et l'analyse des coûts de la défense.



## Abréviations

<b>AC</b>	Armée canadienne
<b>AF</b>	année financière
<b>ARC</b>	Aviation royale canadienne
<b>CGAFC</b>	Centre de guerre aérospatiale des Forces canadiennes
<b>FAC</b>	Forces armées canadiennes
<b>MDN</b>	ministère de la Défense nationale
<b>MRC</b>	Marine royale canadienne
<b>PFC</b>	planification fondée sur les capacités
<b>QGDN</b>	Quartier général de la Défense nationale



## Notes

1. Klaus Schwab, *La quatrième révolution industrielle*, Malakoff, France, Dunod, 2017, p. 14-15.
2. Francis Fukuyama, *La fin de l'histoire et le dernier homme*, Paris, Flammarion, 1992, p. 99.
3. Canada, Service canadien du renseignement de sécurité, *Perspectives sécuritaires 2018 : risques et menaces éventuels*, Ottawa, Service canadien du renseignement de sécurité, 2016, p. 5, consulté le 7 novembre 2017, <https://www.csis-scrcs.gc.ca/pblctns/ccsnlp-prs/2016/2016-06-03/20160603-fr.php>.
4. Douglas Bland, *Issues in Defence Management*, Kingston, School of Policy Studies, Université Queen's, 1997, p. 3.
5. Nathan Freier, *Known Unknowns: Unconventional Strategic Shocks in Defense Strategy Development*, Carlisle, Pennsylvanie, Strategic Studies Institute, 2008, p. vii.
6. R. J. Sutherland, « Canada's Long Term Strategic Situation », *International Journal*, vol. 17, n° 3 (1962), p. 201-204.
7. Douglas Bland, *The Administration of Defence Policy in Canada, 1947-1985*, Kingston, Ronald P. Frye, 1987, p. 188.
8. Bland, *Administration of Defence Policy*, p. 188.
9. Thomas Schelling, préface dans *Pearl Harbor n'était pas possible*, Roberta Wohlstetter, Paris, Stock, 1964, p. 15.
10. Canada, MDN, Commission royale d'enquête sur l'organisation du gouvernement, *Secteurs particuliers de l'administration : rapport 20, ministère de la Défense nationale*, Ottawa, Imprimeur de la Reine, 1963, p. 67.
11. John Cowan, « Editorial: Iconoclastic Ideas in Defence », *On Track*, vol. 20, n° 3, hiver 2015-2016, p. 4-6, consulté le 7 novembre 2017, <http://cdainstitute.ca/wp-content/uploads/ontrack20n3.pdf>.
12. Joe Sharpe et Allan D. English, *Principles for Change in the Post-Cold War: Command and Control of the Canadian Forces*, Winnipeg, Centre de production du matériel d'instruction des Forces canadiennes, 2002, p. xii.
13. Canada, MDN, Commission royale d'enquête sur l'organisation du gouvernement, *Secteurs particuliers de l'administration*, p. 68.



14. Canada, Secrétariat du Conseil du Trésor du Canada, « Des résultats pour les Canadiens et les Canadiennes : Un cadre de gestion pour le gouvernement du Canada », Ottawa, Secrétariat du Conseil du Trésor du Canada, 2000, p. 12-13, consulté le 7 novembre 2017, [http://www.tbs-sct.gc.ca/report/res\\_can/rc-fra.pdf](http://www.tbs-sct.gc.ca/report/res_can/rc-fra.pdf).
15. John M. Treddenick, « Distributing the Defence Budget: Choosing Between Capital and Manpower », dans *Issues in Defence Management*, Douglas L. Bland, Kingston (éd.), Université Queen's, 1998, p. 64.
16. Todd Harrison, « Rethinking Readiness », *Strategic Studies Quarterly*, vol. 8, n° 3, 2014, p. 38, consulté le 7 novembre 2017, [www.au.af.mil/au/ssq/digital/pdf/fall\\_2014/Harrison.pdf](http://www.au.af.mil/au/ssq/digital/pdf/fall_2014/Harrison.pdf).
17. Harrison, « Rethinking Readiness », p. 54.
18. Martin van Creveld, *Supplying War: Logistics from Wallenstein to Patton*, New York, Cambridge University Press, 1977, p. 231.
19. Sharpe et English, *Principles for Change*, p. 92.
20. Canada, Innovation, Sciences et Développement économique Canada, « État de l'industrie aérospatiale canadienne : rapport 2016 », Ottawa, Innovation, Sciences et Développement économique Canada, 2016, consulté le 7 novembre 2017, <http://aiac.ca/wp-content/uploads/2016/06/Etat-de-lindustrie-aerospatiale-canadienne-rapport-2016.pdf>.
21. James Dobbins et coll., *Choices for America in a Turbulent World*, Santa Monica, Californie, RAND, 2015, p. xiv.
22. Fukuyama, *Fin de l'histoire*.
23. Ross Fetterly, « Budgeting Within Defence: Who Gets What Within Defence », dans *The Public Management of Defence in Canada*, Craig Stone (éd.), Toronto, Breakout Education Network et School of Policy Studies, Université Queen's, 2009, p. 86.
24. Barry R. Posen, « Command of the Commons: The Military Foundation of U.S. Hegemony », *International Security*, vol. 28, n° 1 (2003), p. 5-46.
25. S. Craig Moore et coll., *Measuring Military Readiness and Sustainability*, Santa Monica, Californie, RAND et National Defense Research Institute, 1991.
26. Harrison, « Rethinking Readiness », p. 38.
27. Schwab, *Quatrième révolution industrielle*, p. 11.



28. Freier, *Known Unknowns*, p. 20.
29. Schwab, *Quatrième révolution industrielle*, p. 13-14.
30. Edward N. Luttwak, « Notes on Low Intensity Warfare », *Parameters*, vol. 13, n° 4 (1983), p. 13.
31. Stanley McChrystal et coll., *Team of Teams: New Rules of Engagement for a Complex World*, New York, Penguin, 2015, p. 5.
32. Joseph A. Schumpeter, *Capitalisme socialisme et démocratie*, Paris, Payot, 1974, p. 122.
33. Peter Weltman, *Viabilité financière du programme de défense nationale du Canada*, Ottawa, Bureau du directeur parlementaire du budget, 2015, p. 1.
34. David L. I. Kirkpatrick, « The Rising Unit Cost of Defence Equipment: The Reasons and the Results », *Defence and Peace Economics*, vol. 6, 1995, p. 263-288.
35. Andrew Hill, « Military Innovation and Military Culture », *Parameters*, vol. 45, n° 1 (2015), p. 85.
36. Andrew F. Krepinevich et Barry D. Watts, *Regaining Strategic Competence: Strategy for the Long Haul*, Washington (DC), Center for Strategic and Budgetary Assessment, 2009, p. vii, consulté le 7 novembre 2017, <http://csbaonline.org/research/publications/regaining-strategic-competence>.
37. Canada, MDN, *Manuel 201 – La comptabilité d'exercice des immobilisations au MDN*, Ottawa, sous-ministre adjoint, Finances et services du Ministère, 2006, p. 5-6.
38. Alain C. Enthoven et K. Wayne Smith, *How Much Is Enough? Shaping the Defense Program 1961–1969*, Santa Monica, Californie, RAND, 1971, p. 327.
39. Arie P. De Geus, « Planifier, c'est apprendre », dans *Harvard Business Review – Les stratégies de l'incertain*, Paris, Éditions d'Organisation, 2000, p. 69-70.
40. Richard Shultz, *Military Innovation in War: It Takes a Learning Organization: A Case Study of Task Force 714 in Iraq*, MacDill Air Force Base, Floride, Joint Special Operations University, 2016, p. 13-14, consulté le 7 novembre 2017, [http://jsou.libguides.com/ld.php?content\\_id=23175790](http://jsou.libguides.com/ld.php?content_id=23175790).
41. Robert A. Johnson, « Predicting Future War », *Parameters*, vol. 44, n° 1 (2014), p. 69.



42. Deloitte, *Global Defense Outlook 2016: Shifting Postures and Emerging Fault Lines*, Deloitte, 2016, p. 23, consulté le 7 novembre 2017, <https://www2.deloitte.com/global/en/pages/public-sector/articles/gx-global-defense-outlook.html>.
43. McChrystal et coll., *Team of Teams*, p. 73.
44. Canada, MDN, Commission royale d'enquête sur l'organisation du gouvernement, *Secteurs particuliers de l'administration*, p. 68.
45. James A. Brimson et John Antos, *Activity-Based Management*, New York, John Wiley & Sons, 1994, p. 265.
46. McChrystal et coll., *Team of Teams*.
47. Paul B. Symon et Arzan Tarapore, « Defense Intelligence Analysis in the Age of Big Data », *Joint Force Quarterly*, vol. 79, n° 4 (2015), p. 11.
48. Kirkpatrick, « Rising Unit Cost », 1995.



# CH04

## **Planification fondée sur les capacités et Aviation royale canadienne**

John A. Steele

---



# CH04 Table des matières

Introduction.....	85
Développement des forces .....	86
Planification fondée sur les capacités.....	88
La PFC militaire au Canada .....	92
Les débuts.....	92
Cycles de PFC complets.....	92
Un modèle de PFC générique mature.....	96
Caractéristiques distinctives de la PFC des forces militaires canadiennes.....	97
Cadre économique manquant .....	101
Le développement des forces au sein de l'ARC.....	103
Contexte .....	103
Cadre d'orientation stratégique de l'ARC .....	105
Le processus de DF de l'ARC est en cours de développement .....	108
Liens entre le DF de l'ARC et la PFC.....	111
Approches de développement des forces de l'ARC et de l'organisation centrale.....	112
Liens des processus spéciaux .....	113
Pièces manquantes .....	113
Vecteurs pour un leadership central renforcé en matière de DF .....	116
Situation actuelle.....	117
Éléments déterminants du développement de la PFC à l'intérieur du MDN .....	117
Facteurs déterminants du développement de la PFC hors du MDN.....	119
Conclusion.....	119
Appendice A : Comprendre l'architecture d'alignement des programmes.....	121
Appendice B : Architecture d'alignement des programmes .....	126
Abréviations .....	130
Notes .....	133
Lectures complémentaires.....	141





## Introduction

Parmi l'ensemble des défis liés à la gestion des ressources de l'organisation (GRO) auxquels l'Aviation royale canadienne (ARC) est confrontée, le plus complexe et sûrement le plus incertain consiste à s'assurer que l'ARC est en mesure de faire ce que le Canada exigera d'elle à l'avenir. Une partie du défi consiste en ce que l'ARC n'est qu'un des services militaires canadiens<sup>1</sup> qui fournit, conjointement aux autres services, la capacité militaire grâce à laquelle les FAC s'engagent à être stratégiquement pertinentes, flexibles sur le plan opérationnel et décisives sur le plan tactique<sup>2</sup>. En outre, pour opérer avec succès, les FAC ont besoin du soutien complet du ministère de la Défense nationale (MDN), lequel doit surmonter ses propres défis opérationnels et capacitaires, tout en respectant la politique administrative fédérale et en mettant en œuvre les initiatives horizontales du gouvernement du Canada, à savoir celles qui transcendent le cloisonnement de nombreux ministères fédéraux. En développant ce qu'elle aime appeler la puissance aérienne, l'ARC doit également utiliser au mieux les technologies en évolution, anticiper les menaces militaires adaptatives, s'adapter aux changements des environnements opérationnels dans le monde, agir en fonction des réalités politiques changeantes et respecter les contraintes de ressources imposées.

Le but de ce chapitre est de fournir une référence pratique pour les publications<sup>3</sup> qui reflètent la planification fondée sur les capacités du Canada et le développement des forces de l'ARC, ainsi que les interactions entre ces deux processus et certaines répercussions. L'objectif est d'approfondir la compréhension des occasions et des défis associés à l'élaboration d'un système de développement des forces pleinement intégré dans le cadre d'une GRO éprouvée.

Le chapitre commence par un résumé de l'organisation de défense, suivi d'une introduction au développement des forces, puis discute du concept de planification fondée sur les capacités (PFC) comme approche du développement des forces et explique ce qui a mené à la création de la PFC. Le chapitre décrit l'état actuel de la PFC ainsi que l'expérience du Canada concernant son utilisation, y compris certaines des leçons observées et l'activité de GRO conçue en réponse. Par la suite, on trouve un résumé du travail accompli au sein de l'ARC en vue d'élaborer des processus complémentaires afin de déterminer, de planifier et, ultimement, de mettre en place la force aérienne dont le Canada aura besoin au cours des prochaines décennies. Par la suite, l'état des liens entre la PFC et l'ARC est examiné, et une brève évaluation est fournie. À la fin du chapitre, la situation actuelle est examinée dans la perspective d'une intégration approfondie de la PFC aux processus de développement des forces de l'ARC et à ceux des autres services militaires du Canada.

La figure 1 présente l'organigramme des échelons supérieurs du Ministère afin de clarifier la terminologie pour les lecteurs extérieurs au MDN. Le plus haut niveau de leadership professionnel est assuré par le sous-ministre (SM) et le chef d'état-major de la défense (CEMD), qui est le seul équivalent au Canada d'un général quatre étoiles américain et qui dirige au niveau zéro ou N0. Les blocs verts indiquent les organisations dirigées par des militaires qui relèvent du CEMD; les blocs bleus indiquent les organisations civiles relevant du SM; et les blocs blancs entre les deux indiquent les organisations qui relèvent des deux, chacune à la tête d'une organisation de niveau 1 (N1). Le supérieur de niveau 1 est le vice-chef d'état-major de la défense (VCEMD), qui est considéré comme le gestionnaire des ressources du MDN.

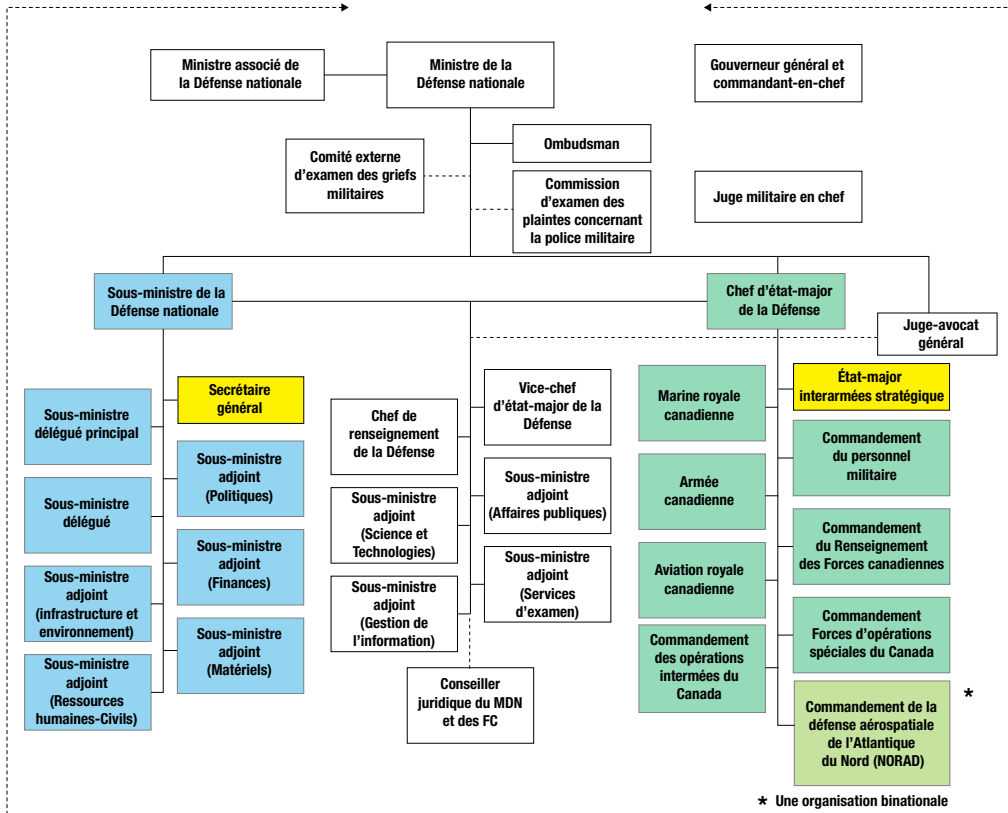


Figure 1. Structure hiérarchique de haut niveau du ministère de la Défense nationale<sup>4</sup>

## Développement des forces

Le développement des forces (DF) est le terme utilisé actuellement pour désigner le processus par lequel les services et les FAC élaborent et exécutent des plans pour développer leurs capacités militaires. Selon la Banque de terminologie de la défense, le DF « ... est un système de processus intégrés et interdépendants utilisés pour déceler, conceptualiser et mettre en œuvre les changements devant être apportés aux capacités actuelles ou pour en acquérir de nouvelles<sup>5</sup> ».

Le terme n'est pas souvent utilisé dans ce sens à l'extérieur des FAC, sauf au sein de l'armée américaine. Il est entré en usage à l'époque où les nouvelles méthodes ont commencé à influencer la manière dont les FAC devraient se développer. Dans le contexte canadien, le terme développement de la force complète des termes plus anciens, comme mise sur pied de la force (production d'éléments de force militaires) et emploi de la force (opérations militaires de commandement, de détection et d'action) et plus récemment l'appui à la force (opérations militaires offrant des effets de protection et de maintien



en puissance, au sens général) et gestion des forces (appui institutionnel, au sens large) pour constituer ce qu'on appelle au Canada le modèle 5F, fourni par l'équipe de transformation des Forces canadiennes et présenté dans le *Rapport sur la transformation 2011* du lieutenant-général (Lgén) Andrew Leslie<sup>6</sup>. Bien qu'il ait été développé davantage en 2013, le modèle 5F n'était toujours pas adapté pour soutenir l'analyse holistique de l'équipe de la Défense. Dans sa forme actuelle, il n'a jamais réussi à suivre la création de valeur pour la défense ou les interdépendances de processus déterminées. Bien que ses rubriques fassent appel à une mentalité centrée sur l'armée, elles ne permettent pas de comprendre la dépendance globale des capacités militaires et des opérations à l'égard des institutions de défense. Le modèle 5F a depuis été développé et utilisé par la Marine royale du Canada (MRC) pour gérer ses activités, mais l'auteur n'a aucune information sur la nature de ce développement et de cette utilisation.

Dans la plupart des cas, la gestion des capacités et les changements au sein des FAC sont incorporés dans des projets lancés et développés par le service auquel la capacité est naturellement rattachée, c'est-à-dire qui possède les éléments de force logiquement responsables de fournir les effets de capacité correspondants. Étant donné que de tels progrès nécessitent habituellement des investissements en immobilisations pour de l'équipement militaire nouveau ou amélioré et que les processus d'acquisition d'immobilisations sont liés aux étapes et sont très élaborés, les exigences imposées centralement à l'égard des processus sont incorporées aux jalons d'approbation prévus par la Directive d'approbation des projets (DAP)<sup>7</sup>. Ce processus d'approbation des projets (PAP), dans sa forme générique, compte cinq phases comportant chacune un jalon d'approbation à chaque point de transition, comme il est indiqué ci-dessous à la figure 2. Premièrement, l'octroi du pouvoir d'engager des dépenses en immobilisations se produit normalement lorsqu'un projet entre dans la phase de définition, au cours de laquelle l'approbation de la mise de fonds est requise à différents niveaux, selon le coût total de l'acquisition. Les commandants de services peuvent accorder des fonds pour des projets d'une valeur maximale de 1 M\$; le sous-ministre peut approuver un financement pouvant atteindre 5 M\$; les acquisitions plus importantes doivent être approuvées par le MDN ou le Conseil du Trésor.

Le nombre approximatif de projets soumis au PAP à un moment donné tend à être de 100 ou plus, toutefois cela inclut également les investissements visant l'amélioration des processus non opérationnels, tels que les simulateurs de formation au pilotage et d'autres processus institutionnels. Le DF comprend à la fois les activités menées au sein des services militaires pour déterminer et développer la force voulue, ainsi que les processus décisionnels centraux menés par l'état-major du Chef du développement des Forces (CDF) sous la direction du VCEMD qui hiérarchisent les investissements en immobilisations et les autres décisions relatives aux ressources qui appuient et permettent la réalisation de ces forces de demain.



Étapes de projet standard - Activités

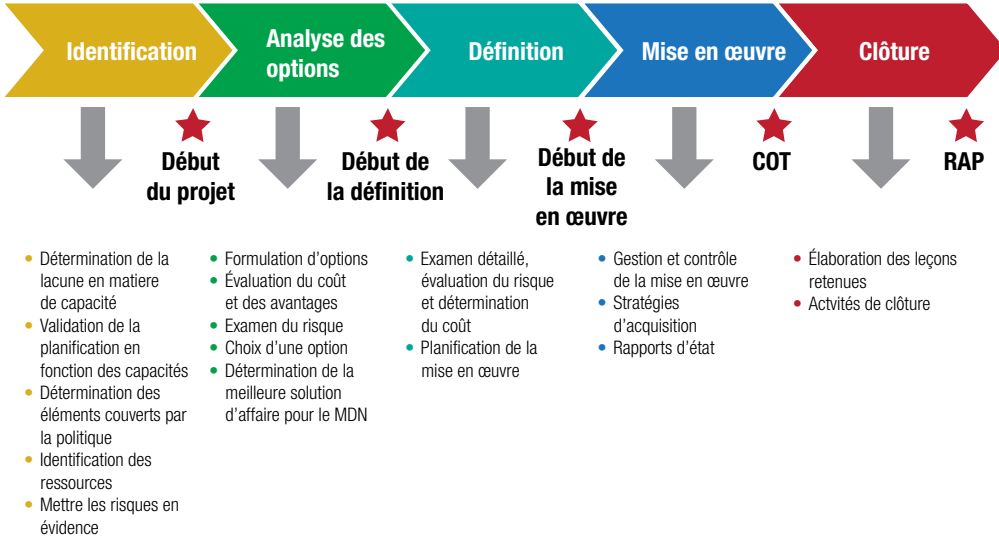


Figure 2. Processus d'approbation des projets du MDN<sup>8</sup>

Planification fondée sur les capacités

Pour citer le manuel de PFC, une capacité correspond à ce qui suit :

... la capacité à atteindre le résultat final souhaité. Une « capacité » est une description des produits ou des résultats opérationnels militaires qu'une unité, une force ou une organisation (habituellement constituée ou organisée en conséquence) est capable de livrer. Dans le contexte de la PFC, une « capacité » est également définie comme une aptitude à contribuer à la réalisation d'un effet escompté dans un environnement donné, selon un délai établi, et au maintien en puissance de cet effet pendant une période définie<sup>9</sup>.

Ainsi, les capacités sont des constructions intrinsèquement hiérarchiques qui peuvent être décomposées en éléments de capacités participatifs et qui permettent la réalisation des résultats intermédiaires. Une fois définies de cette manière, chacune des tâches assignées au fil du temps et séparées géographiquement qui aboutissent à la réalisation d'objectifs militaires à grande échelle et des objectifs ultimes de la campagne peuvent être associées à l'emploi de capacités menant à la réalisation des tâches à accomplir. Souvent, différents éléments de la force peuvent effectuer les mêmes tâches de diverses manières, et avec des coûts, des risques, des degrés de réactivité et des fardeaux de soutien logistique différents<sup>10</sup>. En mettant l'accent sur les tâches opérationnelles définies en fonction des effets qui en résultent sur le théâtre, on peut parvenir à une compréhension modulaire des forces militaires qui s'avère très utile et qui précise l'espace commercial dans l'allocation stratégique des ressources.



Pour illustrer comment les capacités peuvent être définies de manière utile, le tableau 1 montre le niveau le plus élevé de la taxonomie des capacités utilisée pour soutenir l'analyse qui sous-tend la feuille de route sur les capacités stratégiques (FRCS) dans le premier cycle complet de la PFC appliqué à l'ensemble de la force et mené par le CDF<sup>11</sup>. Notez que chaque nom de capacité sous-entend directement voire indique la nature des effets créés. La production d'effets aérospatiaux désigne la production d'effets opérationnels qui influencent ce qui se passe dans l'environnement aérospatial. De plus, on ne mentionne aucune plate-forme ou ensemble de forces précis. Les capacités sont fournies par des éléments de la force, qui peuvent être considérés comme du personnel, de l'équipement et parfois des biens immobiliers qui, en collaborant, mettent une ou plusieurs capacités à la disposition d'un théâtre d'opérations. La distinction entre les éléments de la force et les capacités est importante pour la PFC canadienne, bien que leurs définitions puissent varier selon les pays, voire entre les communautés des FAC, ce qui peut facilement entraîner de la confusion. Les plates-formes majeures servent de fondement naturel pour définir de nombreux éléments de force, et chaque élément donne accès à un nombre de capacités équivalent au nombre de tâches distinctes qu'il est capable de réaliser. Cela ne veut pas dire qu'il n'y a aucune dépendance aux capacités fournies par d'autres éléments de la force lors de la prestation des capacités d'un élément de la force. Un avion de chasse offre de nombreuses capacités différentes en ce qui concerne la PFC, mais seulement certaines sont uniques à cette plate-forme, d'autres éléments de la force déterminent certaines des conditions du succès de l'avion de chasse.

<b>Domaine</b>	<b>Capacité</b>
Commandement	Soutien au commandement
	Communications
	Ciblage des effets interarmées
Détection	Renseignement
	Surveillance et reconnaissance
Action	Production d'effets sur le plan aérospatial
	Production d'effets sur le plan terrestre
	Production d'effets sur le plan maritime
	Production d'effets sur le plan des opérations spéciales
	Production des effets non cinétiques
Protection	Protection des forces
Maintien en puissance	Maintien en puissance
	Services de soutien
	Mouvements
	Activation et désactivation dans le théâtre
Montée en puissance	Montée en puissance de la force

**Tableau 1. Niveau supérieur de la taxonomie sur la capacité utilisée dans la FRCS<sup>12</sup>**



Chaque capacité énumérée dans le tableau 1 a été subdivisée en une hiérarchie de fonctions, puis d'activités, et enfin d'exemples d'activités. La répartition de la production des effets aérospatiaux est présentée dans le tableau 2. En résumé, le processus de décomposition des éléments du tableau 1 a finalement été nommé « cadre de capacité interarmées » (CCI) pour désigner le cycle. Notez que la manière dont les éléments sont définis dans les fonctions et activités est étroitement liée au principe selon lequel les capacités doivent être définies en fonction des tâches qu'elles peuvent accomplir ou de l'état final qu'elles atteignent. Encore une fois, le tableau n'identifie aucun élément de la force en particulier, seulement les choses qui pourraient devoir être faites. De plus, les exemples d'activités comprennent des éléments qui ne sont pas la propriété d'éléments de la force appartenant à l'ARC et qui ne sont pas fournis par eux, comme la défense aérienne basée au sol et les opérations secrètes. À l'inverse, certaines capacités de l'ARC ne relèvent pas de la production d'effets aérospatiaux, comme le transport stratégique (mouvements) et le soutien aérien rapproché (production d'effets terrestres). La PFC excelle lorsqu'elle est appliquée à l'ensemble d'une organisation.

Capacité	Fonctions	Activités	Exemples d'activités
Production d'effets aérospatiaux	Refuser l'accès à l'environnement aérospatial à la force d'opposition (OPFOR)	Défendre l'environnement aérospatial ami	Effectuer des interceptions aériennes
			Effectuer des opérations défensives contre le potentiel aérien
		Mettre en déroute les ressources aérospatiales de l'OPFOR	Mener des activités de défense aérienne basées au sol
			Mener des activités de lutte antiaérienne
			Effectuer des ratissages à l'aide de chasseurs
		Assurer la liberté de manœuvre dans l'environnement aérospatial	Combiner des forces pour exécuter des opérations
	Effectuer des opérations aériennes combinées		
	Détruire ou supprimer les ressources aérospatiales de l'OPFOR au sol ou en mer		Mettre hors combat les moyens de défense aérienne ennemis
			Mener des opérations secrètes
			Mettre hors combat des menaces sol-air et des menaces de missiles sol-air
	Protéger nos propres ressources aérospatiales		Effectuer des opérations offensives contre le potentiel aérien
			Effectuer des escortes aériennes
		Mener des patrouilles aériennes de combat	
		Surveiller l'environnement aérospatial	

Tableau 2. Répartition de la production des effets aérospatiaux de la FRCS<sup>13</sup>



Il convient de noter que la puissance du concept de capacité est une partie aujourd'hui bien acceptée de l'analyse stratégique du secteur privé et joue un rôle central dans le domaine de l'architecture organisationnelle<sup>14</sup>. Il est donc normal que la nécessité de générer les bons types de valeurs avec efficacité et cohérence dans le cadre d'une stratégie organisationnelle adaptée à un contexte de marché spécifique corresponde, à maints égards, à la nécessité de créer une force militaire capable d'assurer la défense et la sécurité nationales à long terme. Puisque les concepts de capacité sont aussi pertinents dans le secteur privé que dans le secteur de la défense, le présent rapport mettra l'accent sur l'utilisation de ces concepts par la Défense en faisant référence à la PFC militaire.

En vue d'élargir davantage le concept de capacité, dans un contexte où les FAC mènent des opérations partout dans le monde et maintiennent un nombre suffisant de forces préparées, mais non déployées, pour assurer une rapidité de réaction à court terme, le MDN fournit continuellement ses propres produits opérationnels dans l'objectif d'atteindre des résultats précis. Les parties civiles (ou principalement civiles) du MDN exécutent une multitude de tâches distinctes qui produisent les effets désirés dans des contextes organisationnels précis tout en respectant les délais imposés, et sont capables de maintenir ces effets pendant des périodes déterminées, voire de façon permanente par moments. Ces tâches comprennent des formes plus génériques de formation, la gestion des biens immobiliers, du matériel, des systèmes d'information, des communications, des finances et des approvisionnements, ainsi que la coordination requise pour toute organisation faisant partie d'une grande entreprise complexe. Ces parties de l'équipe de la défense doivent s'adapter aux changements correspondants dans leurs propres environnements. Ainsi, le concept de capacité institutionnelle est tout aussi pertinent pour le MDN que les concepts de capacité militaire pour les FAC. Cependant, le concept de PFC ne joue pas encore un rôle visible dans le développement de l'effectif civil.

Une description succincte et très influente de la PFC<sup>15</sup> est fournie dans le condensé réalisé par Paul Davis d'une décennie de contributions de la RAND Corporation<sup>16</sup> :

La PFC consiste à planifier, dans un contexte incertain, de manière à fournir des capacités qui conviennent à un large éventail de situations et de défis actuels, tout en fonctionnant dans un climat économique qui nécessite un choix. Elle contraste avec le développement des forces basé sur une menace ou un scénario particulier.

Au cours des dernières décennies, l'attention de la planification militaire occidentale est passée de l'élaboration en réponse à un petit nombre de menaces apparentes (comme c'était le cas durant la guerre froide) à l'élaboration en réponse à une gamme élargie de menaces incertaines nécessitant de nombreux types de réponses militaires. La capacité d'influencer ce changement est la prévisibilité apparente des rôles militaires de demain. Durant les dernières phases de la guerre froide, alors que l'hostilité entre les puissances mondiales dominait la pensée stratégique, l'Occident a perçu une menace existentielle claire et a entraîné et équipé ses forces pour relever le principal défi militaire<sup>17</sup>, qui était entièrement circonscrit par des simulations informatiques détaillées. La planification militaire était dominée par une seule menace couvrant un seul scénario comportant des variations bien développées. Avec l'effondrement de l'Union soviétique, un vaste corpus d'analyse de planification stratégique a perdu la majorité de sa pertinence à court terme, et il est devenu évident que le principal problème à résoudre était désormais la planification militaire dans des conditions incertaines. Cela a



mis clairement en évidence l'importance de gérer la polyvalence des forces et d'affiner la décomposition de divers problèmes militaires en composantes de base, de sorte qu'une approche modulaire des tâches militaires puisse pleinement permettre le développement de forces nationales capables d'affronter l'incertitude sans broncher<sup>18</sup>.

## La PFC militaire au Canada

### Les débuts

Les forces terrestres ont depuis longtemps intégré les concepts de capacité dans leur planification afin de faire face à ce qui est sans doute le plus complexe des trois environnements opérationnels<sup>19</sup>. Dès 1995, la Force aérienne a utilisé la PFC au sein du QG du groupe de chasse de North Bay (Ontario) en réponse aux réductions budgétaires et a utilisé une procédure adaptant les stratégies aux tâches<sup>20</sup> dans le cadre d'une analyse fondée sur la tâche visant à rationaliser la taille de la flotte de CF18<sup>21</sup> dans le but d'élaborer le Livre blanc sur la défense de 1994<sup>22</sup>. Entre 1996 et 1998, la phase II de l'étude 2015 sur les forces maritimes canadiennes comprenait la modélisation de l'aptitude des diverses options de la flotte à répondre aux exigences de groupes de tâches nécessitant des capacités distinctes et générées par un processus stochastique<sup>23</sup>. En 1997, le directeur – Analyse de défense a organisé un atelier avec des participants de l'ensemble du MDN pour élaborer un ensemble de scénarios de planification des forces couvrant l'éventail des tâches qui pourraient être confiées aux FAC, reposant sur le Livre blanc sur la défense de 1994, et étoffé par le Guide de planification de la Défense de 1997<sup>24</sup>. L'événement a généré 31 tâches<sup>25</sup> regroupées en 12 scénarios<sup>26</sup>. Peu de temps après, une approche a été proposée en vue de relier un processus central de PFC s'appuyant sur des évaluations initiales des risques pour guider la planification des immobilisations<sup>27</sup>. En 2001, le concept de PFC était suffisamment connu et considéré pour être officiellement adopté par les directives de planification du MDN, en même temps qu'une nouvelle liste canadienne de tâches interarmées (LCTI) élaborée pour s'harmoniser avec les listes de tâches de nos alliés. La LCTI fournirait un ensemble de tâches opérationnelles permettant de fixer les définitions de capacités afin de clarifier le dialogue sur la PFC<sup>28</sup>.

Au fur et à mesure que d'autres nations occidentales ont commencé à concevoir et à mettre en œuvre leur propre PFC généralisée, les collaborations internationales permettant de comparer les expériences et d'élaborer des lignes directrices sur les pratiques exemplaires ont suscité de plus en plus d'intérêt. Des études distinctes et contemporaines ont été confiées à l'organisation pour la recherche et la technologie de l'OTAN<sup>29</sup> et au Programme de coopération technique (TTCP)<sup>30</sup>.

### Cycles de PFC complets

En 2005, le nouveau CEMD, le général Rick Hillier, après avoir examiné les recommandations de l'équipe d'action 3 du CEMD<sup>31</sup>, a exigé que la PFC soit institutionnalisée dans le cadre d'une approche descendante centralisée du DF au sein du MDN<sup>32</sup>. Cela a mené à l'élaboration d'un ensemble de scénarios qui engloberaient la variété des menaces à venir<sup>33</sup>, et l'élaboration, la validation et l'utilisation de procédures et d'analyses permettant d'appliquer des scénarios de planification des forces pour déterminer les lacunes en matière de capacité. En octobre 2007, quatre scénarios sur les lacunes en matière de capacité avaient déjà été analysés au moment où il a été décidé de procéder à un ensemble



d'investissements prioritaires reposant sur des analyses de scénarios menées à terme. La tâche consistant à achever l'analyse du scénario, à concevoir un moyen d'accomplir la tâche et à créer les outils de soutien nécessaires, puis de procéder à l'exécution a été réalisée avec succès en 10 mois par une équipe entièrement intégrée d'officiers militaires et de chercheurs de la défense<sup>34</sup>. Il en résulte une liste de projets d'immobilisations approuvés par le Ministère, la FRCS, qui a servi de base au plan d'investissement du MDN de 2009.

De 2010 à 2012, un second cycle complet du processus de PFC a été réalisé par le Directeur – Intégration des capacités (DIC), relevant du Directeur général – Intégration des capacités et de la structure (DGICS) du CDF, avec l'appui de l'Unité de recherche opérationnelle en planification stratégique (UROPS) du Centre d'analyse et de recherche opérationnelle (CARO) de Recherche et développement pour la défense Canada (RDDC), suivant ce qui a été demandé. Le deuxième tour a été réalisé en trois phases assez similaires à celles illustrées à la figure 3, tirée du Manuel de PFC<sup>35</sup>, mais avec quelques différences. L'état-major du DIC a révisé l'ensemble des capacités, appelé cadre de capacités interarmées, en commençant par un ensemble de domaines de capacité (commandement, détection, action, protection et maintien en puissance) qui se décomposent en capacités particulières à des niveaux progressivement inférieurs. Au cours de cette étape, 114 capacités ont été évaluées.

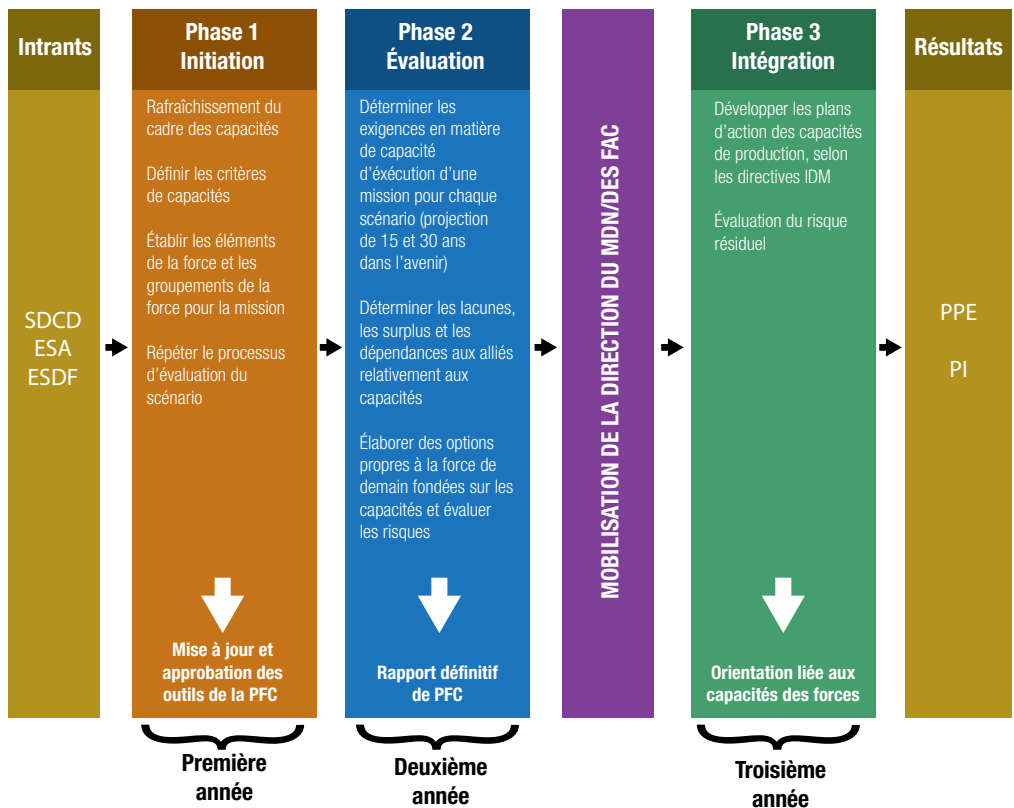


Figure 3. Processus de planification fondée sur les capacités actuel<sup>36</sup>



Un ensemble de huit scénarios de DF a été élaboré pour correspondre aux six missions mandatées de la Stratégie de défense *Le Canada d'abord* (SDCD)<sup>37</sup> :

- Mener des opérations quotidiennes nationales et continentales, y compris dans l'Arctique et par l'intermédiaire du Commandement de la défense aérospatiale de l'Amérique du Nord (NORAD);
- Offrir du soutien dans le cadre d'un événement international important au Canada, comme les Jeux olympiques de 2010;
- Répondre à une attaque terroriste importante;
- Appuyer les autorités civiles en cas de crise au Canada, par exemple une catastrophe naturelle;
- Diriger ou mener une opération internationale importante durant une période prolongée;
- Déployer des forces en cas de crise à l'étranger pour une période plus courte.

Les scénarios ont été tirés d'un document sur l'environnement de sécurité de l'avenir (ESA)<sup>38</sup>. Pendant la phase 1, le personnel militaire du DIC a élaboré des objectifs opérationnels et des ensembles de forces (constituées d'éléments de la force) pour répondre aux exigences de la crise du scénario et à celles des forces alliées censées faire partie de la coalition fictive. Les procédures de planification opérationnelle ont été adaptées à l'activité de PFC, qui consistait à établir des lignes d'opération nécessairement distinctes, et la séquence implicite de points décisifs sur chaque ligne d'opération prévue.

Les étapes de la phase 2 ont été exécutées par des équipes de planification de la capacité interarmées (EPCI) composées d'officiers et de militaires du rang relevant du DIC et d'experts en la matière de chaque service et de l'ensemble du Ministère. Les équipes ont discuté des dynamiques des scénarios avant d'évaluer, à chaque point décisif, les valeurs des critères de capacité appropriés pour les capacités utilisées. Au cours de la phase 2, chaque capacité fournie par les ensembles de forces a été évaluée et notée en fonction de son importance pour la réussite de la mission (cruciale pour la mission, essentielle pour la mission, mission de routine ou non affectée) et du caractère adéquat des éléments de la force nécessaires (aucune capacité, ad hoc, jumelés ou abondants) à la provision des effets requis. Tout au long de cette activité, des commentaires en texte libre ont été recueillis afin de compiler les qualifications concernant les jugements et les considérations sous-jacentes importantes. Cependant, l'analyse n'a pas spécifiquement pris en compte les coûts d'investissement ou les économies liés au dessaisissement, et s'est référée uniquement aux exigences indiquées dans l'analyse de capacité générée. Le rapport final de PFC a été produit, des commentaires ont été reçus de la part des hauts dirigeants et des orientations liées aux capacités des forces ont été publiées. Le rapport final comprenait des recommandations de capacité particulières, lesquelles incluaient une description des capacités connexes nécessitant un investissement, un soutien ou un dessaisissement spécial, et le contexte justifiant l'action, mais le contenu précis des deux documents est classifié.

L'une des principales prises de conscience de 2012 portait sur le besoin d'un accroissement du personnel militaire dans les unités opérationnelles, et ce besoin a été communiqué par plusieurs sources<sup>39</sup>. Toutefois, les contraintes budgétaires de l'époque rendaient improbable que le gouvernement du Canada autorise la croissance des FAC au-delà des quelque 68 000 postes de la force régulière<sup>40</sup>.



Par conséquent, les postes nécessaires devraient être créés en supprimant des postes militaires moins importants au sein de chaque service et du MDN qui ont été libérés par la réaffectation de tâches aux civils, la diversification des modes de prestation de services, l'amélioration des processus opérationnels et l'acceptation des risques. Les changements d'établissement nécessaires pour effectuer cet ajustement devaient être définis dans le plan pluriannuel d'établissement (PPE), un calendrier quinquennal de réaffectation des postes entre les organisations qui devait être révisé tous les trois ans. L'élaboration d'une analyse pouvant déterminer un nombre approprié de postes militaires à réattribuer au sein de l'organisation a commencé sérieusement en septembre 2012 et deux rapports ont été soumis au printemps 2013<sup>41</sup>. Les recommandations découlant de l'analyse quant à la façon de pourvoir les postes nécessaires répartissaient les ressources par activité organisationnelle, mais ne tenaient pas compte des interdépendances entre les organisations. Le rapport de l'auteur documentant l'analyse initiale de positionnement approfondie du PPE<sup>42</sup> présente des solutions de rechange pour une approche analytique plus holistique et convaincante. La complexité du problème étant reconnue, une approche provisoire fondée sur le partage équitable du fardeau liée à l'abandon des postes réguliers au sein de la Force a été adoptée et une stratégie d'analyse plus solide a été élaborée<sup>43</sup>. À l'été 2016, le MDN a officiellement appuyé l'élaboration d'une stratégie plus intégrée pour la gestion des ressources humaines de l'équipe de la Défense<sup>44</sup> afin d'assurer une analyse et un traitement holistiques des risques liés à la réaffectation de postes militaires à des rôles plus opérationnels au lieu d'institutionnels<sup>45</sup>.

Le plus récent cycle de PFC de trois ans a débuté à l'automne 2013 et a suivi de nouveau le modèle figurant à la figure 3. Un document réécrit sur l'ESA<sup>46</sup> se concentrait moins sur les circonstances générales qui pourraient survenir et davantage sur celles ayant des conséquences militaires précises, ce qui en fait un document mieux adapté pour faciliter l'élaboration de dix scénarios couvrant les six missions de la *SDCD*. Six critères de capacité ont été définis, incluant l'échelle, la surviabilité, la portée, la persistance, la réactivité et l'interopérabilité. Le critère de capacité de l'échelle vise à évaluer l'efficacité de base de la capacité, ce qui n'est pas facile à faire avec une échelle unique pour toutes les capacités. Par conséquent, quatre sous-catégories d'efficacité des capacités ont été élaborées (capacités létales, commandement et contrôle, maintien en puissance et générique) afin de mieux tenir compte de la diversité des capacités à évaluer. Chaque critère de capacité comprend sept niveaux, mais seules la portée, la persistance et la réactivité ont des échelles ancrées dans le temps (par exemple, de l'instantané en passant par les secondes, jusqu'aux mois). Les autres critères de capacité ne sont pas ancrés dans le temps et sont de nature descriptive (très élevé à très bas).

Les phases 1 et 2 ont produit leurs résultats respectifs<sup>47</sup>, mais un plan d'analyse de la capacité de la structure opérationnelle des forces utilisant la modélisation stochastique a été reporté en raison du changement de gouvernement et de l'annonce d'un examen de la politique de défense.

Un graphique illustré à la figure 4, et produit par Paul Massel<sup>48</sup>, donne un aperçu de la méthodologie changeante utilisée pour la PFC militaire, comme on la pratique au sein du MDN. Il montre des exemples distincts de son application à l'aide de données définies non pas en fonction des cycles complets achevés, mais grâce à des ajustements distincts et aux raffinements des méthodes utilisées pour la mise en œuvre de la PFC, y compris l'élaboration et l'utilisation de nouveaux outils pour appuyer ces méthodes. Ainsi, le premier cycle complet impliquait le développement et la mise en œuvre des



spirales 4 et 5, tandis que le second cycle était le résultat des spirales 6 et 7. La spirale 8 représente le troisième cycle complet, qui se termine par un rapport final attendu pour la fin de 2016, et, conformément aux exigences du processus de PFC, un plan de capacité de la force peu après. Cependant, le processus standard peut se dérouler différemment à la lumière de l'examen de la politique de défense du gouvernement, dont la date d'achèvement est inconnue à ce jour.

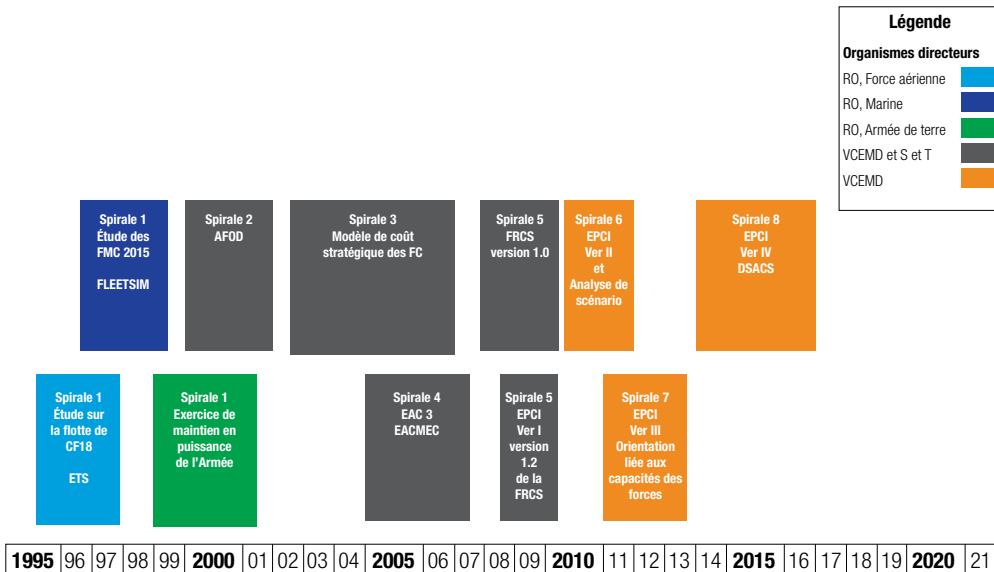


Figure 4. Vingt ans de développement de PFC au MDN<sup>49</sup>

## Un modèle de PFC générique mature

Un rapport de suivi du rapport technique de 2003 du TTCP, rédigé par le D<sup>r</sup> Ben Taylor<sup>50</sup>, fournit un aperçu utile de la PFC quant aux succès particuliers et aux défis concrets liés à son institutionnalisation. Le rapport comprend un diagramme sur le processus générique de PFC montrant le flux logique d'informations et d'intrants qui mènent à un ensemble d'investissements abordables et équilibrés qui, à leur tour, se traduisent par la livraison de matériel et permettent aux forces d'une capacité optimale de répondre aux exigences opérationnelles prévues, voir la figure 5. L'élément de couleur rouge dans la partie supérieure illustre les intrants provenant d'au-delà de l'organisation de la défense. Les éléments de couleur dorée sont des intrants essentiels du processus de PFC dont découle la série d'éléments gris, et qui aboutit au plan d'élaboration de la force nationale cohérente en bleu, qui tient compte à la fois des contraintes de ressources et des risques.



## Caractéristiques distinctives de la PFC des forces militaires canadiennes

Il est instructif de comparer les figures 3 et 5 puis de se concentrer sur certaines des caractéristiques distinctives du processus canadien de la PFC. Les éléments communs aux deux, à compter de la phase I, sont les directives gouvernementales initiales – jusqu'à la fin des dernières élections fédérales à l'automne 2015, il s'agissait de la *SDCD* – et les documents décrivant l'ESA. Les conseils du CDF façonnent la sélection et la définition des scénarios afin de refléter les priorités actuelles en matière de défense. L'interprétation canadienne de la séparation des capacités comprend les éléments suivants :

- Actualisation de la taxonomie hiérarchique des capacités dans le cadre de capacités interarmées;
- Définition des échelles et des valeurs des critères de capacité à utiliser durant ce cycle;
- Élaboration d'une liste d'éléments de la force et sélection de celle-ci pour définir les ensembles de missions de la force adaptés à la mission pour chaque scénario.

La phase II commence par la réunion et le processus d'orientation des membres de l'EPCI provenant de l'ensemble de l'équipe de la Défense. Le travail commence par l'analyse des scénarios et la planification opérationnelle pour déterminer les tâches opérationnelles ou les lignes d'opération et les points décisifs connexes. Ceci constitue la détermination des objectifs de capacité dans la figure 5.

Le caractère adéquat des capacités fournies par les ensembles de forces assignées est ensuite évalué par une analyse de groupe et un jugement militaire professionnel. À ce stade, il est nécessaire d'obtenir une connaissance détaillée et spécifique des trajectoires de performance attendues de chaque capacité au fil du temps pour ce qu'on appelle la « force de demain », étant donné que les investissements permettant d'améliorer la capacité doivent respecter des délais précis pour la mise en œuvre de la capacité opérationnelle initiale (COI) et de la capacité opérationnelle totale (COT). Une fois ces étapes terminées pour chaque scénario, la phase d'évaluation des capacités est terminée.

Ensuite, l'équipe peut passer à la phase « Déterminer les divergences en matière de capacité », au cours de laquelle elle examine la performance des capacités dans tous les scénarios pour déterminer les faiblesses systématiques et les risques associés. Ces analyses, combinées aux commentaires textuels recueillis auprès des participants de l'EPCI, sont utilisées pour définir les initiatives de DF adaptées à la gestion des risques identifiés précédemment. Ce sont les options de DF intégrées dans le bloc suivant. Tous ces éléments sont décrits dans le rapport final de PFC, et expliqués plus en détail dans l'orientation liée aux capacités des forces, selon l'orientation élaborée dans le cadre de la participation des hauts dirigeants.

À ce stade, le processus canadien de PFC diffère du processus générique en ce que la phase III n'aborde jamais les contraintes de ressources en termes particuliers. Au lieu de cela, dans la phase III, les conseils sont développés par domaine de capacité et parfois par capacité individuelle, chacun étant désigné comme « Investissement », « Maintien » ou « Dessaisissement ». Une liste de « projets liés » qui sont parfois des projets réels est établie, mais ce sont le plus souvent des plates-formes prises en compte par plusieurs projets. Il n'y a aucune prise en compte concrète des coûts totaux estimés du projet,



et encore moins des dépenses prévues par année. La seule définition donnée quant à la signification « d'Investissement, dessaisissement et maintien en puissance » est l'augmentation relative, la réduction ou le maintien des niveaux de capacité, et ces changements peuvent être en termes de quantité, d'efficacité ou de disponibilité opérationnelle. Cependant, le processus de PFC, tel qu'il est conçu, n'aboutit pas à l'élaboration d'un plan abordable de développement des capacités qui reconnaît et tient compte des contraintes de ressources et aborde des projets d'immobilisations spécifiques. Cette omission des aspects financiers de la PFC militaire au Canada est également une divergence importante par rapport à sa description dans les travaux de P. K. Davis, *Analytic Architecture for Capabilities-Based Planning, Mission-System Analysis, and Transformation*<sup>51</sup>, qui inclut spécifiquement la notion de choix dans un cadre économique.

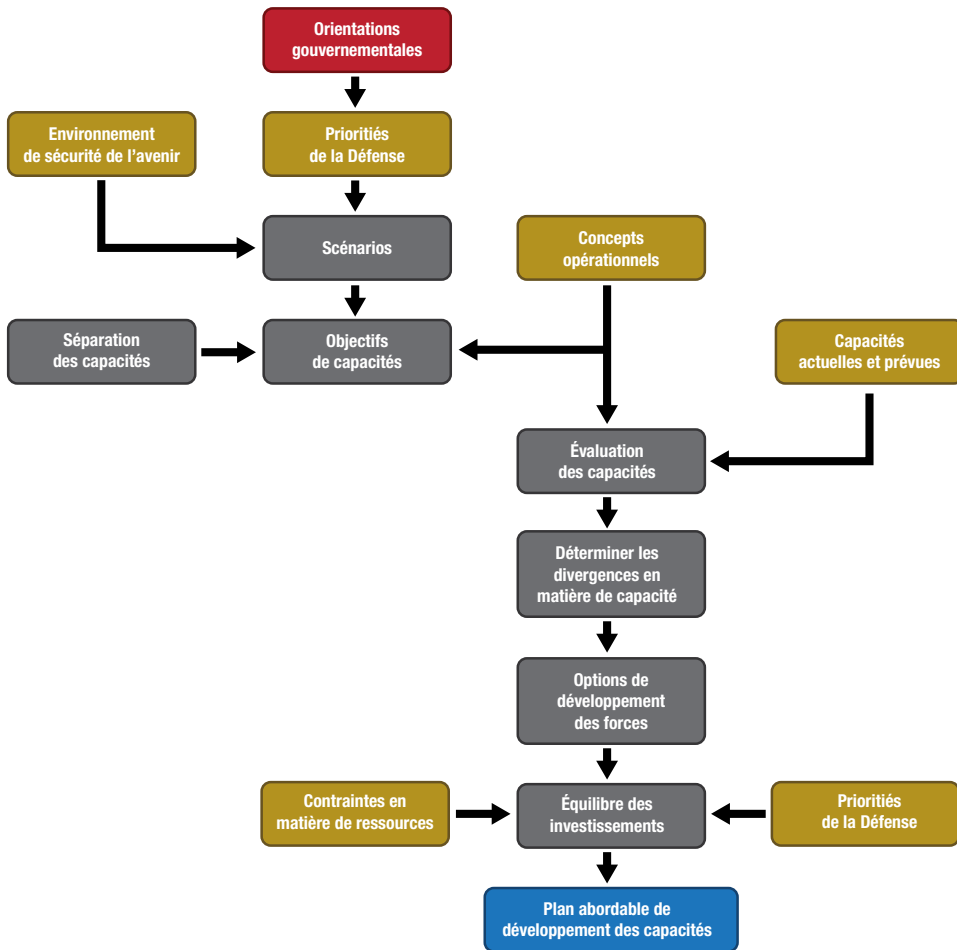


Figure 5. Processus de PFC générique<sup>52</sup>



Il convient de préciser qu'il existe au moins une bonne raison pour que la PFC militaire, comme illustré à la figure 3, ne progresse *pas* jusqu'à un plan abordable de développement des capacités. L'équilibre des investissements utilisé pour servir de base au plan comprend tous les besoins en matière d'investissement en immobilisations. Les autres besoins d'investissement en immobilisations de la Défense sont exclus de l'analyse de la figure 3, notamment : les biens d'investissement utilisés exclusivement pour l'entraînement militaire, tels que les simulateurs; la mise à niveau et l'amélioration des biens immobiliers utilisés ou non pendant les opérations militaires, comme les champs de tir, installations d'entraînement, hôpitaux militaires, logements militaires et installations de restauration; et des investissements institutionnels à grande échelle dans les systèmes de gestion du personnel et des ressources, pour n'en nommer que quelques-uns. Des investissements en immobilisations bien équilibrés nécessitent une analyse holistique de tous les besoins d'investissement en immobilisations concurrents. Étant donné que la portée de la PFC militaire au Canada est bien plus restreinte, il faut des contributions d'autres processus d'analyse des investissements menés en parallèle et pouvant être prises en compte en même temps que les résultats de la PFC pour déterminer le juste équilibre de l'investissement. Dans le cas contraire, l'équilibre doit être défini *a priori* en termes de segmentation du budget d'équipement à des fins de planification, et cela nécessite une étape de validation finale lorsque les risques liés aux capacités opérationnelles et implicitement acceptés en ne finançant pas les projets d'immobilisations de capacité militaire non financés les plus prioritaires sont comparés aux risques assumés en ne finançant pas les projets d'immobilisations non financés les plus prioritaires dans d'autres catégories.

Il convient de noter que lors du premier cycle complet de PFC, achevé en 2008 et consistant en la mise en œuvre de la FRCS, des investissements potentiels particuliers ont été traités et classés par ordre de priorité<sup>53</sup>. L'impact le plus immédiat de la FRCS est la fondation qu'elle a fournie pour le plan d'investissement de 2009 soumis au Conseil du Trésor du Canada et accepté par celui-ci. Toutefois, comme la FRCS ne traitait pas explicitement des besoins institutionnels d'investissement en immobilisations, on ne sait pas comment ces besoins ont été pris en compte dans le plan d'investissement de 2012.

Une autre approche qui souligne les aspects typiquement canadiens de la PFC militaire consiste à la comparer à la définition condensée de la PFC de Davis, fournie dans *Analytic Architecture for Capabilities-Based Planning*<sup>54</sup> de Davis et citée précédemment, qui comprend quatre éléments clés : (1) la définition et la prise en compte des capacités; (2) la planification en contexte incertain; (3) la prise en compte d'un large éventail de défis et de circonstances; et (4) les contraintes de ressources nécessitant un choix. Le quatrième vient juste d'être abordé, mais les trois premiers méritent d'être commentés brièvement à leur tour.

La volonté de planifier en termes de capacités modulaires découle clairement de l'exigence de définir et de mettre à jour le CCI, qui fournit la taxonomie des capacités militaires, à partir de laquelle le processus de planification sélectionne les capacités pertinentes à chaque scénario. Cependant, le CCI du deuxième cycle a défini un menu de 114 capacités à utiliser dans les scénarios, et le troisième cycle a défini 76 capacités à des fins d'évaluation. En effet, les termes définissant l'avenir des capacités des FAC ont été considérablement modifiés pour le troisième cycle. Les modifications au CCI pour le troisième cycle peuvent apporter une amélioration réelle, mais de tels changements compromettent le transfert d'informations entre les cycles. En principe, les CCI n'ont pas besoin d'être modifiés entre



les cycles, car les tâches opérationnelles à accomplir par les forces militaires changent très peu au fil du temps. Ce qui change, c'est la technologie et les façons dont elle peut être utilisée pour mieux exécuter ces tâches. Par conséquent, les cadres de capacité d'utilité durable doivent être définis en termes d'états finaux opérationnels atteints. Les divers services militaires auront moins de difficultés à parvenir à un accord sur cette base. Lorsque cet accord s'étend au CDE, c'est-à-dire à l'État-major stratégique qui gère la posture et la préparation des forces et les communautés de DF du service, on obtient un langage commun permettant de décrire les attributs des capacités à venir des FAC pour les trois horizons<sup>55</sup>. Le cadre de capacités de l'OTAN est un bon point de départ pour élaborer un CCI durable. Si le cadre initial n'est pas modifié au point d'être méconnaissable, l'investissement promet d'être cohérent et de ménager un travail considérable dans la préparation des rapports annuels sur les capacités pour l'OTAN.

Paul Davis examine succinctement les éléments de la planification en contexte incertain dans « Lessons from RAND's Work on Planning Under Uncertainty for National Security<sup>56</sup> » et énonce sept stratégies distinctes pour atténuer les risques liés aux capacités et résumer le travail effectué pour les mettre en œuvre. Les principes de base comprennent la nécessité d'une analyse exploratoire de la zone d'incertitude permettant de déterminer les dimensions les plus pertinentes pour le succès de tout plan et les paramètres justifiant une exploration plus détaillée. Cela permet d'obtenir des informations beaucoup plus riches sur l'avenir que ce que pourrait fournir une estimation ponctuelle et permet de planifier la flexibilité afin de répondre aux variations des missions, de s'adapter aux divers paramètres opérationnels et de résister aux chocs opérationnels.

La prise en compte de l'incertitude est sans doute la partie la plus difficile à mettre en œuvre de la définition de la PFC de Davis. L'approche actuelle du MDN à l'égard de la PFC consiste simplement à articuler et explorer une variante principale de chacun des scénarios de l'ensemble de scénarios de DF. Le manuel de PFC fait référence à plusieurs reprises à la nécessité pour les parties prenantes de discuter des « incertitudes critiques qui guideront le vecteur du scénario<sup>57</sup> », mais le sens exact de cette expression n'est jamais donné. Les jugements de l'EPCI supposent tous un ensemble de circonstances dans le cadre du scénario. Ainsi, l'incertitude est souvent perdue, ce qui se traduit par 10 estimations à point unique de la suffisance des capacités. Les commentaires des participants soulèvent souvent des dimensions importantes qui affecteront les jugements, mais il n'y a aucune exploration systématique de l'espace de possibilité, et donc pas de traitement explicite de l'incertitude dans les jugements de l'EPCI.

Les efforts déployés pour aborder le vaste éventail de circonstances et de défis auxquels les forces canadiennes devront faire face se limitent à élaborer une gamme de scénarios visant à couvrir les parties les plus pertinentes du spectre opérationnel, puis à évaluer les ensembles de forces adaptés à chaque mission du scénario. Une exploration moins rigoureuse des convergences possibles des tendances à venir pourrait être utilisée pour générer une grande variété de brèves réflexions afin d'avoir une idée plus précise de la gamme de défis et de circonstances à affronter, tout en aidant à explorer les incertitudes des scénarios de DF les plus élaborés.





## Cadre économique manquant

L'exclusion des contraintes financières du processus d'analyse de la PFC a peut-être miné sa capacité d'offrir une base solide au plan d'investissement dans les capacités de 2013. Après analyse, le Secrétariat du Conseil du Trésor (SCT) ne le soumettrait pas au Conseil du Trésor sans révisions et engagements ministériels en matière d'amélioration de la gouvernance des immobilisations, y compris l'engagement de réexaminer les immobilisations potentielles afin de déterminer celle qui passerait à l'étape de la définition et se verrait allouer des fonds d'immobilisations. C'est en raison de cet engagement du MDN envers le SCT que l'initiative d'Examen du programme d'investissements en immobilisations (EPII)<sup>26</sup> a été mise en place en 2014, avec le mandat du vice-chef d'état-major de la Défense (VCEMD) et du chef des finances du MDN :

Entreprendre une rationalisation de tous les investissements aux étapes d'identification et analyse des options avant l'automne 2014. L'objectif est de produire un portefeuille équilibré consolidé pour le MDN/les FAC composé de capacités critiques, viables et abordables, offrant le meilleur rapport qualité-prix et institutionnalisant un processus transparent, reproductible, rigoureux et cohérent à l'aune duquel tous les investissements actuels et à venir seront évalués<sup>58</sup>.

Lors de l'activité résultante, un modèle a été développé pour quantifier la valeur de ce que chaque projet d'investissement promettait de livrer et une approche d'optimisation du portefeuille a été mise en place afin de déterminer la combinaison d'investissements promettant d'établir le meilleur rapport qualité-prix total modélisé dans les limites des fonds restant à allouer. La valeur du projet a été modélisée en termes de critères d'origine :

- Au-delà de la Défense (y compris l'harmonisation avec la législation, la politique gouvernementale et les priorités du gouvernement);
- Aux échelons supérieurs de la Défense (y compris les lacunes de la PFC et les priorités en matière de renouvellement de la Défense);
- Au sein des organisations qui parrainent le projet (en fonction de la priorité relative que les supérieurs N1 attribuent à leurs propres projets).

Le logiciel développé au sein de l'équipe de recherche opérationnelle – planification stratégique pour appuyer l'EPII est appelé VIPOR (optimisation et révision du plan d'investissement par analyse visuelle)<sup>59</sup>, et il continue à susciter un intérêt croissant en dehors de la Défense pour plusieurs raisons :

- Le VIPOR utilise des représentations visuelles attrayantes et éclairantes pour caractériser les projets potentiels et les concepts de portefeuilles;
- Le VIPOR est interactif et permet aux utilisateurs de glisser et de déposer manuellement des investissements dans ou hors d'un portefeuille et de les optimiser à nouveau en fonction des nouvelles contraintes, ce qui permet un suivi en temps réel du coût d'opportunité de tout projet;



- Le VIPOR permet d'ajouter des liens de dépendances au projet, de sorte que l'insertion d'un projet dépendant entraîne avec lui ceux dont il dépend, tandis que les projets de base retirés emporteront avec eux ceux qu'ils soutiennent;
- Le VIPOR inclut un modèle de capacité de réalisation de projets utilisant des substituts fiscaux pour la capacité et le fardeau associés à la réalisation de projets.

L'analyse qui en résulte a depuis permis d'identifier officiellement les investissements en immobilisations qui devraient être affectés aux budgets de financement une fois qu'ils sont arrivés à échéance. Elle a également permis de clarifier quels investissements potentiels ont peu de chance d'être évalués par l'autorité disposant du pouvoir de dépenser compte tenu des niveaux de financement actuels, ce qui permettrait une affectation plus efficace des efforts des commanditaires et de l'organisation centrale pour l'avancement des grands projets d'immobilisations.

À la lumière de l'approche actuelle du Canada en matière de PFC, la création du processus d'EPPI était une étape nécessaire pour le MDN, puisque le processus de PFC ne permet pas de traduire les observations de la PFC en conseils de placement précis et parce que les investissements institutionnels doivent être considérés soigneusement. Le processus d'EPPI tient compte de toutes les options d'investissement ministérielles et a donné lieu à un modèle de valeur pour la réalisation des projets qui transcende la capacité opérationnelle militaire, par conséquent il fournit l'analyse approfondie nécessaire dans le cas où le plan abordable de développement des capacités situé au bas de la figure 5 doit couvrir tous les principaux investissements en immobilisations du MDN.

Le but de la PFC centrale, énoncé dans le manuel de PFC, est de guider la prise de décisions en matière d'investissement, de dessaisissement et de maintien en puissance, mais le processus n'a pas atteint ce but, car il n'est pas connecté avec un « climat économique qui nécessite un choix ». En ne tenant pas compte des investissements potentiels particuliers et de leurs coûts, le processus laisse des questions non résolues concernant la correction des investissements. De plus, les hypothèses sur lesquelles reposait l'analyse sont plus appropriées pour déterminer les lacunes dans la planification des capacités que pour l'investissement dans les capacités. Cela limite sa pertinence aux fins de l'EPPI, bien que ce résultat soit compréhensible étant donné que l'EPPI et les processus de décision pour lesquels il servirait de base ont tous deux été définis après la mise en œuvre du dernier cycle de PFC.

En étant cynique, on pourrait spéculer que l'ignorance des contraintes économiques par la PFC militaire a été calculée en vue de maintenir la pression sur le gouvernement et obtenir le financement suffisant à satisfaire à tous les besoins, libérant ainsi les chefs militaires de l'obligation de restreindre leurs propres appétits en matière de capacité, et laissant cette tâche aux institutions civiles du MDN. Cependant, un certain nombre d'événements et d'initiatives au sein du MDN au cours des dernières années ont permis de mieux comprendre à quel point les intérêts des parties civiles et militaires de l'équipe de la Défense sont étroitement liés. L'analyse du plan pluriannuel des effectifs dont il est question à la page 92 en est un bon exemple. Les divergences de pensée sur ce qui constitue un travail approprié pour un civil et pour un membre des Forces – la plupart étant plutôt définis par la culture que par un motif concret – seront comblées à mesure que la dynamique de cette interdépendance sera mieux comprise et appréciée. La nécessité d'une compréhension holistique de l'ensemble de l'organisation retient



de plus en plus l'attention. À mesure que les contraintes budgétaires se maintiennent, la volonté d'exploration des limites réelles des capacités des FAC et du MDN en termes plus holistiques grandit. Cependant, la question du DF au sein de la force aérienne du Canada sera présentée en premier, avant de revenir à la planification des capacités sur le plan organisationnel dans la dernière section.

## Le développement des forces au sein de l'ARC

On se souvient très bien du général Hillier, qui a établi le mandat de PFC central alors qu'il était CEMD, car il est à l'origine de l'expression « décennie des ténèbres » pour décrire la série de compressions dans les dépenses militaires canadiennes lors des années 1990, laissant les FAC en manque d'investissements importants dans les capacités. Cette période n'a été que l'épisode le plus récent d'une série plus longue d'événements qui marquent encore le DF de l'ARC. Ces événements sont donc brièvement racontés ici avant de passer à l'état actuel du DF de l'ARC et ses liens avec la PFC.

### Contexte

L'unification de la MRC, de l'Armée canadienne (AC) et de l'ARC en 1968 a sans doute porté le plus grand coup à l'ARC. Seule la Force aérienne a vu toutes ses institutions d'enseignement militaire professionnel dissoutes ou réorientées vers des fonctions de niveau interarmées, en plus de voir plusieurs de ses flottes placées sous le contrôle d'autres services afin de fournir un soutien opérationnel, tout en n'ayant aucun commandement d'armée propre, l'équivalent de la Force mobile et du Commandement maritime, c'est-à-dire jusqu'en 1975, lorsque le Commandement aérien (C Air) a été établi à Winnipeg. À partir de 1968, la doctrine stratégique et le DF ont été pratiquement interrompus, faisant du développement des forces aériennes une question de remplacement du système jusqu'à ce que le commandant du Commandement aérien convoque un symposium sur la doctrine aérienne en 1984, ce qui a mené à la création d'un conseil sur la doctrine de la Force aérienne<sup>60</sup>. Le conseil a ensuite supervisé le développement du *Project 2010 – A Flight Plan for the Future*, une projection du DF de 25 ans dans l'avenir, et une décennie plus tard, le plus ambitieux *Project 2020 – A Flight Plan for Change*<sup>61</sup>. Les résultats du projet 2020 ont été publiés en trois phases sur deux ans et ont défini les tendances mondiales et les facteurs influençant la planification de la défense (Phase I), la vision des missions, tâches et attributs relevant des forces aériennes (Phase II) et un plan pour les réaliser (Phase III)<sup>62</sup>. Malheureusement, la diffusion et la mise en œuvre du plan ont été bloquées par la publication du Livre blanc sur la défense de 1994 et une décennie de budgets fédéraux subséquents, qui ont imposé des états finaux de plus en plus petits au MDN et réduit les effectifs de l'ARC au point où en 2005, ils n'étaient plus qu'à la moitié de ce qu'ils étaient à la fin de la guerre froide, laissant l'ARC fragile et dans un besoin pressant d'une vision stratégique pour mobiliser sa propre transformation<sup>63</sup>. Lorsque le MDN a publié la stratégie 2020 en 1999, la MRC et l'AC ont rapidement produit leurs propres versions de service<sup>64</sup>, tandis que le Directeur général – Développement de la Force (Air) (DG DF Air) a rédigé et réécrit une série de documents de l'ARC<sup>65</sup> qui semblaient répondre, mais qui ont été largement critiqués au sein de l'ARC. Sa seule doctrine stratégique existante, *Out of the Sun*, date de 1996 et a été annulée en 2004 sans être remplacée. La réorganisation qui a eu lieu au moment de l'unification s'est traduite par une paralysie et une marginalisation, et n'a été suivie que par une reconstitution graduelle dans les années 1970 et 1980, puis par 15 années de réduction graduelle, amenant la



Force aérienne à être presque complètement dépourvue de vision stratégique et de capacités de DF<sup>66</sup>. La responsabilité du DF reposait sur le DG DF Air, mais l'organisation a été gênée à nouveau par une série de restructurations (comme la plupart des états-majors de la Force aérienne) dont le début a coïncidé avec la publication de la stratégie pour 2020 en 1999<sup>67</sup>.

Reconnaissant la nécessité pour l'ARC d'investir dans le développement et l'expérimentation de futurs concepts de guerre aérienne menant au développement stratégique, les dirigeants de la Force aérienne ont décidé en 2003 de créer le Centre de guerre aérospatiale des Forces canadiennes (CGAFC) à la base des Forces canadiennes de Trenton afin de combler ce vide. Cependant, comme il n'y avait que peu d'expérience récente et une connaissance limitée de la dynamique du DF stratégique, les tentatives pour rétablir la capacité au sein d'une nouvelle organisation se sont avérées chaotiques, contrecarrant ainsi le développement et l'acceptation de la structure, des processus et de la gouvernance dont le DF a besoin pour réaliser ses objectifs. Des interprétations divergentes du mandat du CGAFC et des visions contradictoires de son paradigme de fonctionnement ont donné lieu à une longue lutte pour procurer une certaine stabilité au CGAFC afin d'explorer de façon proactive les besoins et occasions à venir en matière de développement des capacités aériennes<sup>68</sup>. L'ARC a rédigé et diffusé une stratégie de la Force aérienne en 2007 qui a été approuvée par le chef d'état-major de la Force aérienne (commandant de la Force aérienne) et le CEMD pour usage interne, mais non pour publication. Ni les « vecteurs stratégiques » ni le « cadre de capacité aérospatiale » n'ont été officiellement annulés. Une ébauche de la stratégie de la Force aérienne de 2009, inspirée de la *SDCD*<sup>69</sup>, a été soumise au comité de gestion principal du MDN, mais elle était exclue de toute référence officielle par les produits d'orientation stratégique des supérieurs du MDN. En 2011, l'ARC ne disposait toujours pas d'un cadre et d'un processus fonctionnels pour l'élaboration, la promulgation et le suivi de la mise en œuvre d'une stratégie de l'ARC<sup>70</sup>.

Dans la préface de la *Directive sur les concepts futurs* de 2016<sup>71</sup> (présentée ci-dessous), le Lgén Michael Hood, commandant de l'ARC, fournit un résumé succinct et, à la lumière de ce qui précède, plutôt stoïque de la situation actuelle de l'ARC :

La pièce maîtresse de nos publications stratégiques, *Vecteurs de la Force aérienne (VFA)*, définit ce qu'est la Force aérienne, la puissance qu'elle peut produire, sa mission et sa vision. On pourrait croire que cela devrait être suffisant pour nous permettre d'aller de l'avant avec la construction de la Force aérienne et en effet, dans le passé, c'est l'approche générale que nous avons utilisée. Nous nous sommes fondés sur les rôles essentiels de la Force aérienne pour définir et construire les capacités de chaque flotte. Nous avons modifié les flottes existantes en fonction des idées venant de la base par rapport à ces flottes. Nous avons remplacé les flottes d'aéronefs obsolètes par des versions modernes des mêmes types d'aéronefs.

Cette façon de faire était efficace dans un paradigme où la nature technique des changements à la puissance aérienne demeurait essentiellement cloisonnée à l'intérieur des mêmes critères de capacité : des chasseurs plus rapides et plus agiles, des aéronefs de transport plus gros, des radars plus efficaces, etc. Par conséquent, même si l'ARC avait élaboré un



modèle de développement des forces (DF) à quatre phases (définir, concevoir, réaliser et gérer), la phase de définition exigeait (et a reçu) peu d'attention officielle, puisqu'une approche axée sur la mise à jour et le remplacement était habituellement adéquate. Or, ce n'est plus le cas. Comme le document VFA l'a établi, l'ARC ne peut contribuer de façon optimale aux effets stratégiques nationaux qu'en favorisant une approche fondée sur la capacité qui comprend les partenaires des Forces armées canadiennes, le gouvernement, l'industrie et les autres pays.

## Cadre d'orientation stratégique de l'ARC

Au cours des cinq dernières années, beaucoup de progrès ont été faits. La publication de *VFA*<sup>72</sup> a inauguré l'établissement d'un cadre d'orientation stratégique fonctionnel, qui énonce clairement l'identité de l'ARC, la place de l'ARC dans les FAC, sa mission et ses principaux processus. Il présente l'ARC comme une force aérienne agile et intégrée disposant d'une portée et d'une puissance (Puissance aérienne) convenant aux opérations des FAC, il définit six processus clés qui sont essentiels à l'exécution du mandat de l'ARC<sup>73</sup> et décrit une structure pour sa mise en œuvre grâce à une série de documents stratégiques qui seraient publiés subséquentement : un plan de campagne (PC), des directives annuelles de planification et une directive sur les concepts futurs.

Également publié en 2013 et mis à jour en 2015, le *Plan de campagne (PC) de l'ARC*<sup>74</sup> fournit des détails sur les six lignes d'opération qui exécutent essentiellement les mêmes responsabilités de base que celles indiquées dans *VFA*. Le PC comprend des sous-lignes d'opérations avec des jalons pour la composante « travail », des points de décision et des critères de succès clés pour les cinq prochaines années, ce qui permet de gérer la tension entre les programmes de maintien en puissance et de changement. Plus particulièrement, il décrit en détail le processus de base consistant à « Développer et innover la puissance aérienne » décrit dans *VFA* de manière à inclure ce qui suit, comme le montre la figure 6.

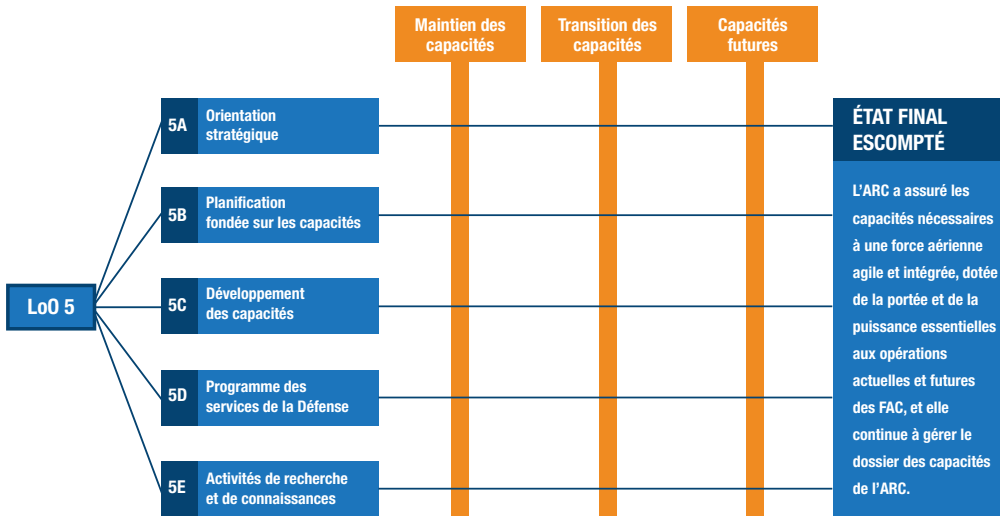


Figure 6. Sous-lignes d'opérations du système de DF de l'ARC<sup>75</sup>

- 5A – Orientation stratégique;
- 5B – Planification fondée sur la capacité (soutien au processus du CDF);
- 5C – Développement des capacités (développement de l'avenir de l'ARC);
- 5D – Programme des services de la Défense (encadrer les projets qui permettront de réaliser l'ARC de l'avenir grâce au processus d'approbation des projets);
- 5E – Activités de recherche et de connaissance : soutien au DF de l'ARC par le CGAFC, RDDC, le sous-ministre adjoint (Matériels) et à la production de connaissances à l'extérieur du MDN.

Également publiée en 2013, puis révisée en 2014 et 2016, la *Directive sur les concepts futurs* (DCF)<sup>76</sup> de l'ARC décrit les processus de DF utilisés par l'ARC pour les adapter au contexte plus large du DF au sein des FAC, comme l'indique la figure 7. Elle se concentre notamment sur les processus d'élaboration et d'expérimentation de concepts (EEC) (dans la boîte Concevoir) et sur la contribution au DF des CAF à partir de la barre grise dans le bas.

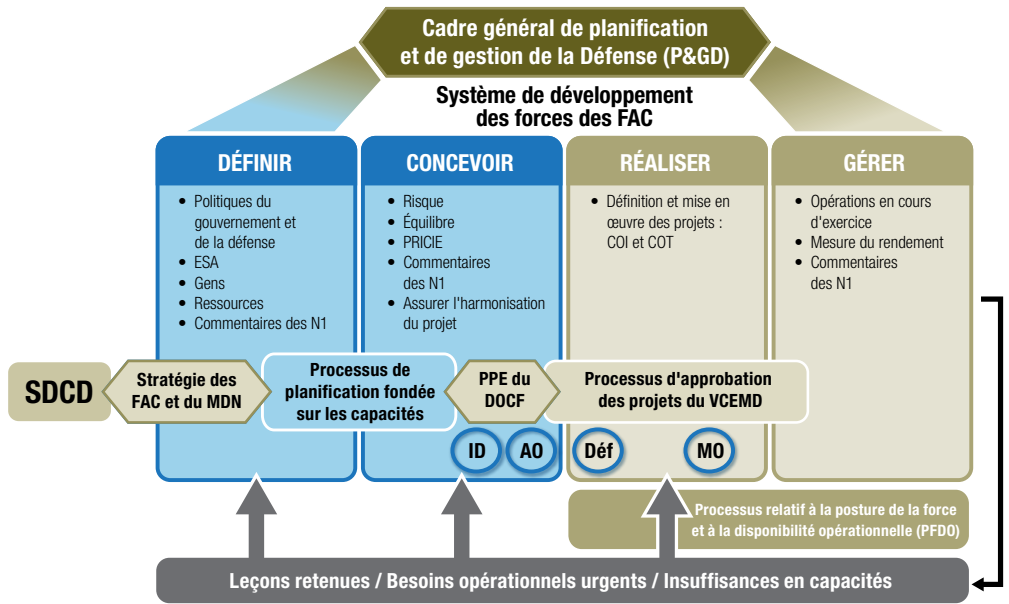


Figure 7. Système de développement des forces des FAC<sup>77</sup>

La DCF introduit également une taxonomie des types de concepts avec des exemples de types, comme le montre la figure 8, et inclut des concepts intégrateurs qui peuvent aider l'ARC à atteindre une nouvelle cohérence d'action avec les autres joueurs alliés dans l'environnement opérationnel.

<b>CONCEPT STRATÉGIQUE</b>	Concept des opérations aériennes de l'avenir (COAA) de l'ARC															
<b>CONCEPT OPÉRATIONNEL</b>	Concept des opérations dans l'Arctique de l'avenir de l'ARC Concept de soutien opérationnel de l'avenir de l'ARC Concept de mise sur pied d'une force de l'avenir de l'ARC Concept de maintien en puissance de l'avenir de l'ARC															
<b>CONCEPT FONCTIONNEL</b>	<b>Capacités fondamentales de puissance aérienne de l'ARC</b> <table border="1"> <tbody> <tr> <td>Future maîtrise de l'espace aérien</td> <td>Future attaque</td> <td>Futures surveillance et reconnaissance</td> <td>Future mobilité aérienne</td> <td>Futur appui des opérations interarmées et autorités civiles</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>SAR</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>Mobilité sur les champs de bataille</td> </tr> </tbody> </table>	Future maîtrise de l'espace aérien	Future attaque	Futures surveillance et reconnaissance	Future mobilité aérienne	Futur appui des opérations interarmées et autorités civiles					SAR					Mobilité sur les champs de bataille
Future maîtrise de l'espace aérien	Future attaque	Futures surveillance et reconnaissance	Future mobilité aérienne	Futur appui des opérations interarmées et autorités civiles												
				SAR												
				Mobilité sur les champs de bataille												
<b>CONCEPT D'HABILITATION</b>																

Figure 8. Taxonomie des types de concepts de la DCF de l'ARC<sup>78</sup>



Le concept des opérations aériennes de l'avenir (COAA) constitue un exemple de concept stratégique. Le CGAFC est en train de rédiger un COAA décrivant comment l'ARC combattrait dans les années 2030, juste au-delà de l'Horizon 2. L'élaboration d'un COAA a commencé dès 2011<sup>79</sup>, bien qu'il ait été difficile de trouver le moyen approprié de procéder. Une équipe de recherche opérationnelle du CARO de RDDC installée au même endroit que le CGAFC, et appuyée par ce dernier, a diffusé aux fins de commentaires des versions préliminaires d'un rapport scientifique décrivant un COAA ayant commencé à retenir l'attention et clarifié l'approche souhaitée<sup>80</sup>.

## Le processus de DF de l'ARC est en cours de développement

Le CGAFC est en train de mettre au point une structure à trois forces qui divise l'avenir de l'ARC en étapes, chacune étant associée à des processus de développement de la force adaptés au degré d'incertitude associé. Les étapes sont définies essentiellement de la manière suivante :

- La force d'aujourd'hui comprend l'ARC en l'état (capacités du moment) et prévoit améliorer les capacités du moment par toute décision prise ou planifiée concernant l'un ou l'autre des éléments de ressources<sup>81</sup> (PRICIE)<sup>82</sup>. Par exemple, si l'ARC décide aujourd'hui d'achever une mise à niveau du cycle de vie qui se déroulera sur 20 ans, elle prend une décision concernant la force d'aujourd'hui, même si l'activité réelle se déroule dans les années à venir.
- La force de demain est guidée par le travail visant à déterminer si les décisions actuelles sont valides. Exemple : analyse en cours de la décision d'effectuer la mise à niveau du cycle de vie. Au fil du temps, il peut arriver que la mise à niveau soit effectuée tôt ou tard, ou que l'équipement soit remplacé en raison d'une modification des exigences ou de la capacité.
- La force de l'avenir est guidée par l'analyse de l'ESA et de l'environnement opérationnel de l'avenir (EOA) afin d'établir les besoins en capacités de la force. Exemple : selon les nouveaux concepts opérationnels, les progrès technologiques et les besoins en personnel établis, la Force doit obtenir de nouvelles capacités ou subir une modification de ses capacités actuelles.

La compréhension des critères qui distinguent la force d'aujourd'hui de la force de demain est importante et ces critères méritent d'être discutés. L'exemple proposé pour la force d'aujourd'hui, à savoir la « mise à niveau du cycle de vie qui se déroulera sur 20 ans », doit être compris comme une décision d'engager des fonds pour améliorer le cycle de vie, et non un simple plan visant l'amélioration du cycle de vie. Cela est important parce que l'ARC ou tout autre service ne peut réaliser que des projets mineurs d'immobilisations en vertu de ses propres limites de dépenses, actuellement définies comme des investissements en immobilisations dont les coûts d'approvisionnement sont inférieurs à 5 M \$ CA. Cela signifie que les grands projets d'immobilisations, même s'ils bénéficient d'un soutien absolu du commandant de l'ARC, ne seront réalisés que s'ils finissent premiers lors de la compétition cyclique<sup>83</sup> pour des fonds non engagés limités, qu'ils passent à la phase de définition et qu'ils reçoivent l'assentiment du gouvernement du Canada (GC) avec l'approbation de la haute direction de la Défense à l'égard de la demande d'autorisation de dépenser pour réaliser le projet. Une modification de la décision d'améliorer la cellule peut être amorcée par l'ARC après un examen des priorités de l'ARC, mais elle peut également provenir du GC si les dépenses ne répondent pas à la vision du gouvernement au pouvoir (p. ex., l'annulation du remplacement du Sea King par l'EH101 par les Libéraux de Chrétien)





ou si elle est perçue comme un frein à la réalisation d'objectifs politiques majeurs. Donc, ce n'est pas la force de l'ARC ou même la force d'aujourd'hui des FAC, c'est la force d'aujourd'hui du GC.

Lorsqu'il est question du DF, les décisions des FAC, et ultimement du GC, doivent faire l'objet d'un appui solide pour en arriver à ce que les FAC soient en mesure de relever les défis opérationnels à venir. Les contraintes opérationnelles détaillées, les fondements conceptuels, la logique tactique et les dépendances aux capacités prises en compte dans les plans d'investissement des capacités de DF doivent être mis à la disposition concrète du CDF en tant qu'autorité de capacité centrale, du gestionnaire de capacités des FAC, des personnes qui créent et évaluent les plans nationaux de capacité et des personnes qui doivent autoriser les décisions d'investissement éclairées. Ces faits démontrent l'importance d'un système intégré de DF. Comprendre clairement comment et pourquoi les investissements dans les capacités individuelles prépareront les FAC pour l'avenir est nécessaire pour une PFC réussie.

Une carte des influences décrivant comment les connaissances et les plans des autres intervenants de la défense devraient peser sur le développement de l'ARC pour les trois horizons a été élaborée avec le soutien du CARO de RDDC au CGAFC et est illustrée à la figure 9<sup>84</sup>.

Le cadre reflète une grande partie de la réflexion globale sur la grande variété de références qui doivent être utilisées dans la planification des capacités de l'ARC. La ligne qui part vers la droite depuis le bloc du VCEMD dans le coin supérieur gauche reconnaît le rôle de la PFC et des produits connexes sur le DF des FAC et l'impact que les décisions gouvernementales prises lors de l'examen de la politique de défense peuvent avoir sur la vision de l'ARC.

En allant vers le bas depuis le bloc du VCEMD, la figure montre également les rôles importants que jouent les autres produits centraux du DF pour mettre en œuvre les visions de l'infrastructure des capacités interarmées qui doivent être prises en compte et exploitées par les services lors des opérations à venir (lesquelles seront détaillées dans la section suivante). Près du milieu, juste sous les blocs du processus de PFC, on reconnaît le rôle de l'ARC dans les opérations interarmées à venir du Canada suivant la référence explicite aux concepts de l'avenir des autres services militaires canadiens. Les blocs du bas indiquent que la majeure partie des opérations de l'ARC à l'étranger se feront avec un ou plusieurs de nos plus proches alliés. De plus, les avancées en matière de capacités exigent habituellement des progrès technologiques qui sont réalisés commercialement, et les universitaires et chercheurs canadiens de la défense peuvent jouer un rôle crucial dans l'avancement, l'élaboration et l'intégration de ces progrès au sein des systèmes militaires à venir.

Le cadre montre aussi clairement les niveaux de processus distincts nécessaires pour appuyer des décisions robustes qui fourniront la puissance aérienne nécessaire à la défense du Canada dans l'avenir. La partie supérieure des blocs Définir, Concevoir, Réaliser et Gérer décrit les catégories spécifiques d'entrées nécessaires, tandis que la partie inférieure décrit les résultats requis pour alimenter le travail de DF effectué par d'autres intervenants à l'intérieur et à l'extérieur de l'ARC. Les leçons tirées de la construction et de la gestion de l'ARC d'aujourd'hui doivent servir à éclairer l'ARC de demain et l'ARC du futur.

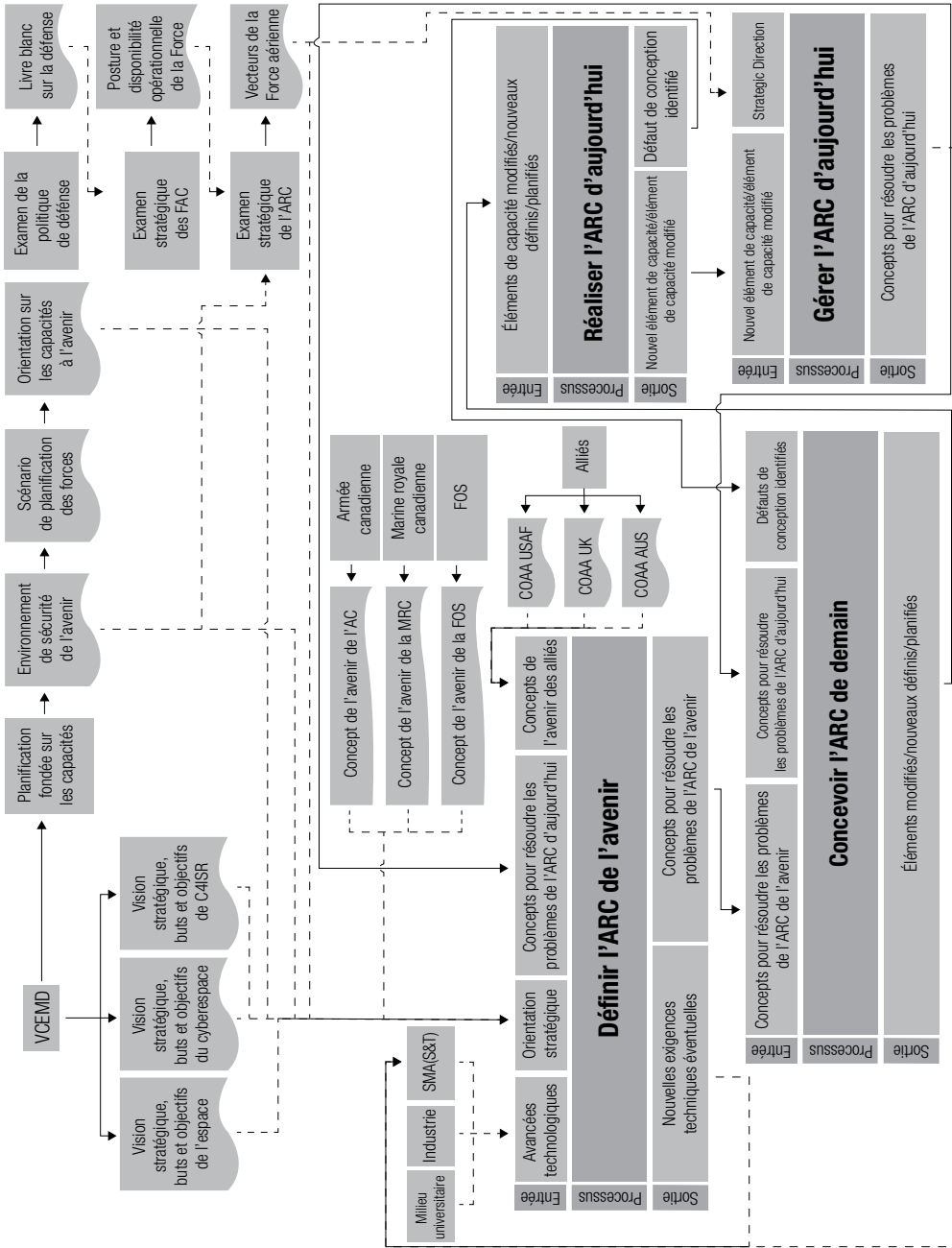


Figure 9. Un processus en cours d'élaboration au CGAFC qui utilise l'ARC d'aujourd'hui, de demain et de l'avenir



Il sera important de concevoir très soigneusement la structure interne de l'espace conceptuel des options de l'ARC de demain. Dans l'espace des options conceptuelles, l'idée de capacités basées sur les tâches à long terme devient très importante afin d'échapper à la mentalité de « remplacement du système » qui provoque l'échec du DF à défaut d'une élaboration complète du concept. La créativité nécessaire pour visiter et explorer vigoureusement l'espace d'options qui accompagne l'EOA produira des concepts concurrents qui se chevauchent et sont mutuellement incompatibles et qui brouilleront les limites relatives aux concepts aériens existants. Il faudra des analyses et des tests pour les définir, les synthétiser et les harmoniser complètement. En outre, de nombreux concepts doivent être mis en œuvre pour que le développement et l'expérimentation de concepts puissent permettre une sélection descendante vers les candidats les plus forts et les plus compatibles. En fait, l'absence de ces chevauchements et incohérences devrait être considérée comme un indice suivant lequel l'imagination opérationnelle est à peine entrée dans l'espace des options conceptuelles.

L'histoire de l'ARC au cours des 12 dernières années peut être perçue comme une lutte pour la mise en œuvre des processus figurant dans l'encadré intitulé *Définir l'ARC de l'avenir*. Sans cet encadré, le développement de la Force aérienne est pris dans le paradigme « mise à jour et remplacement » qui commence avec *Concevoir l'ARC de demain*, sans l'avantage des *Concepts pour résoudre les problèmes de l'ARC de l'avenir*. Dans l'ensemble, la Directive sur les concepts futurs et le travail de développement illustré à la figure 9 constituent des efforts concertés de l'ARC pour décrire et tracer une voie afin d'atteindre l'état final permettant la réalisation d'un DF cohérent, ancré sur le plan conceptuel et éclairé au plan stratégique. La figure 9 illustre clairement la confiance de l'ARC dans les principaux intervenants externes et leur intégration au développement des capacités de l'ARC pour atteindre cet objectif, desquels le CDF est sans doute le plus influent.

Il est clair que la détermination et la mise en œuvre des conditions suivant lesquelles les processus de DF peuvent s'intégrer dans l'ensemble des FAC ne seront possibles que si tous participent à relever le défi. La réussite profitera à tous les services, mais les défis sont importants, notamment le fait que le commandant de l'ARC et les autres commandants de service sont tous deux de rang supérieurs au CDF. La section suivante examine attentivement l'espace réservé aux options pour améliorer les liens entre les processus de DF des FAC et de l'ARC, en vue de trouver des solutions de rechange qui amélioreront les deux ensembles d'activités.

## Liens entre le DF de l'ARC et la PFC

Idéalement, les processus de DF des CAF et du service seraient simultanément efficaces, mutuellement complémentaires et synchronisés. Compte tenu de la présence de trois grands services ayant des cultures et des approches très différentes en matière de DF, le rôle le plus important pour la réalisation du DF intégré dans l'ensemble des FAC est celui de CDF. On peut s'attendre à ce que l'intégration des processus ait une incidence considérable sur le succès du CDF et de son superviseur, le VCEMD, dans le développement des FAC de manière à ce qu'elles continuent de jouer leur rôle de défense des intérêts et des valeurs canadiennes. La première étape la plus importante est peut-être le développement d'une compréhension commune de la manière dont les FAC devraient logiquement être développées dans des termes similaires à ceux de la figure 9. Cette compréhension commune serait la base d'un



concept de DF intégré. Une fois défini, il servirait de cadre pour la création d'un processus coordonné et synchronisé de DF, et comporterait des liens clairs avec les processus de DF de chaque service ainsi que des attentes claires sur ce que chacun peut attendre de l'autre. Le CFD doit avoir accès aux connaissances et à la logique qui sous-tendent les plans de chaque service, et les services (l'ARC peut-être plus que la MRC et l'AC) ont besoin d'un cadre au sein duquel chacun peut effectuer une analyse générant un ensemble de preuves cohérent ancré dans le contexte militaire canadien pour soutenir les initiatives de capacités stratégiques qui permettent à l'ensemble des FAC de relever efficacement les défis de l'avenir. Une telle intégration n'est possible qu'avec le soutien de chaque service, mais le rôle le plus important dans la réalisation de ces deux résultats est nécessairement celui du concepteur de la force centrale de la nation. Par conséquent, il vaut la peine d'examiner de plus près la façon dont le processus actuel de PFC et le DF de l'ARC s'accordent entre eux ou non.

### Approches de développement des forces de l'ARC et de l'organisation centrale

Suivant ce qui a été dit ci-dessus, la manière particulière dont la PFC a évolué au sein des FAC s'intègre bien dans le processus générique de PFC de la figure 5. Les points de référence de départ sont plus précisément l'ESA et la politique de défense telle qu'interprétée par la CFD. Cependant, cela contraste avec les termes suivant lesquels le DF de l'ARC est conçu dans *VFA*, où l'on peut lire :

L'ARC met dorénavant l'accent sur le rôle de l'analyse des besoins futurs dans son processus de DF. Reconnaisant les limites réelles de la sélection des capacités, fondée uniquement sur la prospective, nous utiliserons l'analyse permanente des besoins constants et émergents dans le but d'alimenter les évaluations des écarts de capacité, et l'élaboration et l'expérimentation subséquentes des concepts<sup>85</sup>.

Pour remédier à un déséquilibre perçu dans l'approche fondée sur l'avenir mandatée en 2005, *VFA* a spécifiquement inclus en 2012 deux points de référence non mentionnés dans la PFC : des exigences qui existent depuis longtemps, et qui se poursuivent encore aujourd'hui, et des exigences issues de l'expérience récente et actuelle. Cela crée une tension entre deux paradigmes opposés et potentiellement concurrents : l'un est un prolongement linéaire de l'expérience en direction de l'avenir, un paradigme reposant sur des décennies d'expérience de l'ARC, et l'autre est un aperçu éloigné des défis à venir les plus pertinents ainsi qu'un processus qui joue sur leurs répercussions pour le caractère adéquat de la force qui est obtenue. La meilleure stratégie consiste en ce que ces deux approches coexistent en occupant les places qui leur sont assignées dans la figure 9, de manière à ce que le dialogue sur le DF inclue les leçons retenues par chaque approche, guidant ainsi un ensemble d'investissements comprenant les meilleurs paris et les protections appropriées. Dans ce cas, la réticence de l'ARC à abandonner des considérations passées et récentes en dépit de prévisions mieux fondées constitue un contrepoids utile à la nouvelle méthodologie élaborée spécifiquement pour un avenir beaucoup plus incertain et à plus long terme où « tout est possible ».



## Liens des processus spéciaux

La référence existante la plus fiable décrivant l'état actuel de la PFC au MDN est le manuel de PFC<sup>86</sup>. Cependant, nous avons beaucoup appris lors des deux années suivant sa dernière édition. Il est aujourd'hui manifestement désuet à certains égards, mais il donne une représentation détaillée de la pensée qui a été intégrée dans le cycle de PFC, à l'égard duquel un rapport sur la phase II sera bientôt présenté. Le manuel fait non seulement de nombreuses références à la « haute direction » dans le contexte de la consultation et de l'établissement de rapports, mais il fait également référence de manière plus générale aux organisations de N1 et fait spécifiquement référence aux communautés de DF du service. La figure 10 montre un diagramme sémantique conçu en utilisant des recherches par mot-clé du contenu du manuel afin de trouver des références à la communauté élargie de DF, et en réalisant une carte conceptuelle montrant les références qui ont été trouvées. La figure est interprétée en morcelant le texte en blocs et en flèches en ensembles de bloc-tige-bloc qui suivent le sens de la flèche. Les chiffres entre parenthèses renvoient aux numéros de paragraphe du manuel qui précisent la relation, et les phases pertinentes de la PFC sont entre crochets. Dans le diagramme, les effectifs de DF du service sont représentés par le bloc turquoise, près du milieu. Les blocs magenta représentent chacun des différents produits du processus de PFC.

Le tableau indique que les services auront un impact sur toutes les parties du processus de PFC. Cependant, le processus pour y arriver n'est pas défini. La contribution des services est obtenue *ponctuellement*, sans que les services puissent planifier comment ils répondront aux questions posées par l'autorité centrale et générer des produits de DF prédéfinis selon la logique qui guide leurs propres lancements et améliorations de projets de capacité.

En ce qui concerne le transfert des informations liées à la PFC à l'état-major de N1 du DF pour les aider à accomplir leur travail, le directeur – Soutien analytique des capacités et des structures apportera un soutien à la gestion des connaissances grâce à l'utilisation de produits analytiques intégrés, au besoin. Cependant, les services n'auront besoin de ces informations que s'ils savent qu'elles sont disponibles.

## Pièces manquantes

L'expérience récente de l'ARC a montré qu'il est difficile de rétablir un DF stratégique soutenu par un concept après en avoir fait fi lors de quatre des cinq dernières décennies. Le travail créatif et analytique requis pour explorer l'espace des options de capacité nécessaire à une projection de 15 ans ou plus dans l'avenir n'est pas facile à planifier et à exécuter.

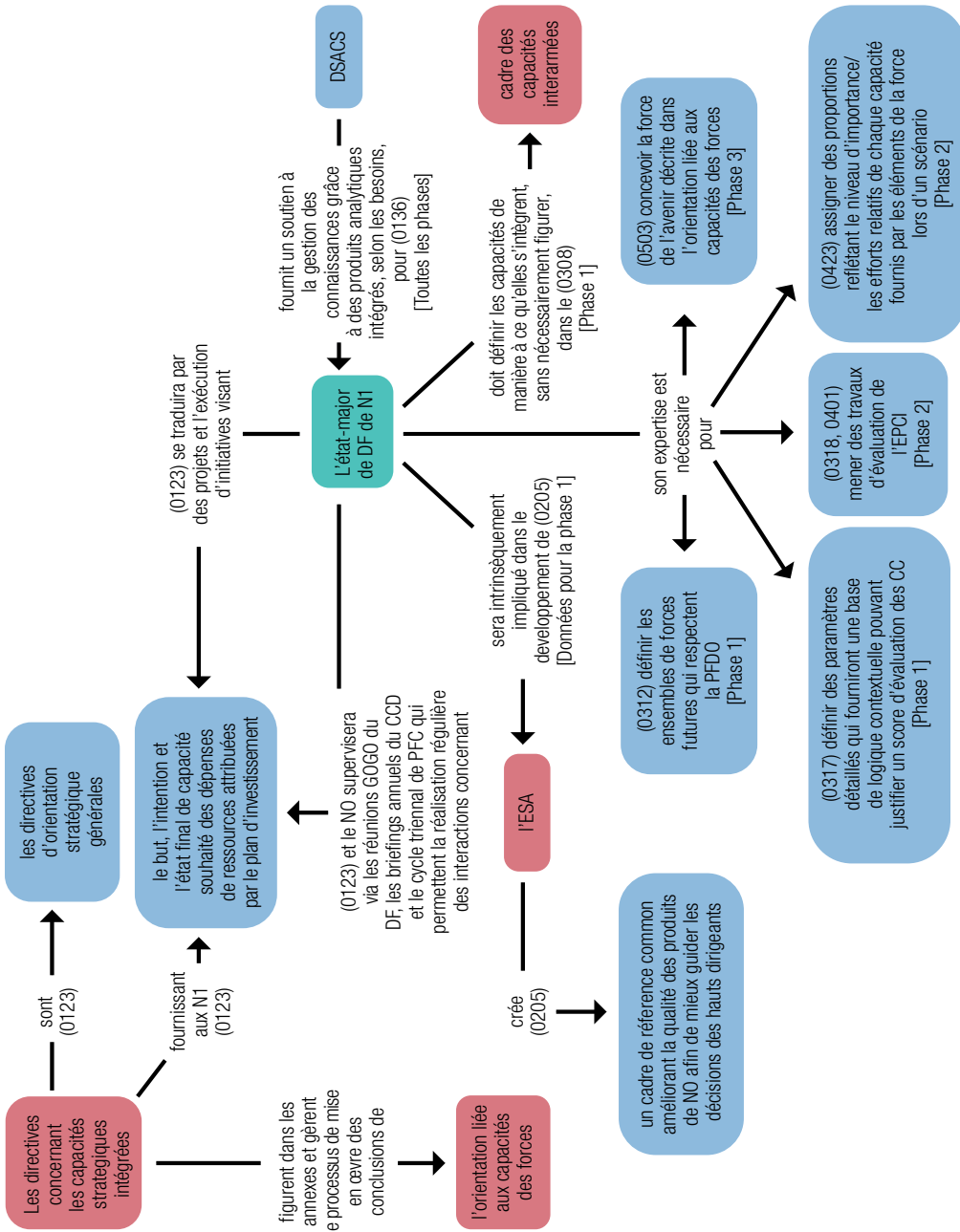


Figure 10. Références aux N1/Services dans le manuel de PFC<sup>87</sup>



Le processus de PFC facilite le DF du service en fournissant des documents de l'ESA mis à jour périodiquement, ce qui est indiqué par une ligne dans la figure 9. Cependant, cette aide est presque accessoire, elle crée un cadre pour l'élaboration de concepts pour l'avenir, mais sans plus. En développant l'ESA et en l'intégrant au sein d'un document décrivant l'EOA fournirait une référence plus pertinente pour le DF central et celui du service. La communauté du DF de l'ARC, dans ses efforts pour tirer parti des produits de la PFC en vue de faire progresser son propre travail, n'a pratiquement rien trouvé pour les aider avec l'élaboration du concept en dépit du fait que la figure 9 reconnaisse explicitement que le concept de la future ARC doit être éclairé par l'ESA et l'orientation liée aux capacités des forces<sup>88</sup>. Cela s'explique en partie par le fait que les produits destinés à guider les décisions en matière d'investissement, de dessaisissement et de maintien en puissance en vue de procéder à des ajustements de capacité dans 15 ans sont pertinents pour la conception de l'ARC de demain et non pour la conception de l'ARC du futur. Le processus de PFC ressemble davantage à un filtre qu'à un générateur d'options de capacité et dépend essentiellement de la capacité des services à élaborer leurs propres concepts pour l'avenir. Les équipes de planification des capacités interarmées évaluent ensuite l'importance opérationnelle des options de développement des capacités qui sont suffisamment matures et utiles pour faire l'objet d'investissements en vue de les exploiter.

La conception de la force de l'avenir doit reposer sur de nouvelles idées et utiliser une variété de processus créatifs de manière disciplinée afin de tirer parti de l'expertise opérationnelle et détaillée de l'ARC en matière de puissance aérienne et des nombreux défis de défense qui pourraient se présenter. En consignait soigneusement les détails des concepts qui en résultent, on pourra déterminer de nouveaux concepts de puissance aérienne. La caractérisation de concept supplémentaire sera facilitée par d'autres processus qui explorent systématiquement dans quelle mesure ces concepts pourraient répondre aux besoins opérationnels de l'avenir et à quel point ils correspondent aux paradigmes opérationnels actuels. Plus les concepts mûrissent, plus il est facile de concevoir des expériences qui illustrent l'utilité des concepts en termes quantitatifs. Les options de l'ARC pour l'avenir peuvent être conçues à partir du meilleur de ces concepts et des concepts opérationnels existants avec lesquels elles sont compatibles et complémentaires. Ces options, une fois validées, constituent les éléments constitutifs d'un concept validé des opérations aériennes de l'avenir.

Si l'élaboration de concepts pour l'avenir doit devenir une discipline permanente au sein de l'ARC, elle ne doit pas être traitée de façon épisodique. Le travail conceptuel est difficile; les personnes impliquées doivent travailler avec des abstractions et des choses qui doivent être imaginées. C'est un ensemble de compétences aussi périssables que n'importe quelle compétence de pilote. Une capacité de développement et d'expérimentation de concepts durables nécessite des processus de génération, d'élaboration, de développement et d'expérimentation continus.

Par conséquent, le CDF dispose d'un potentiel inexploré considérable pour façonner ses processus afin de fournir un contexte applicable à l'ensemble de la force et favoriser la cohérence du processus de DF qui améliore les fondements du DF du service et des FAC. L'arrangement actuel laisse le CDF à la merci des services, qui pourront choisir leur représentant au sein des EPCL, et force les développeurs de la force du service à deviner les principaux éléments du DF stratégique.



Ainsi, on trouvera ici quelques réflexions destinées au CDF en vue d'offrir une plus grande cohérence aux processus de DF dans l'ensemble des FAC, d'ajouter de la valeur aux processus de DF et de générer un ensemble complet de connaissances partagées et de contextes compréhensibles qui amélioreront le bassin de compétences desquelles la PFC doit s'inspirer.

## Vecteurs pour un leadership central renforcé en matière de DF

Le CDF a l'occasion de créer un recueil d'information approfondi pour promouvoir et soutenir les processus de DF du service en détaillant les documents sur l'ESA au-delà de la description des futurs possibles ou probables et des répercussions pour les opérations militaires, ainsi qu'en produisant un document traitant de l'EOA. Il devrait aborder les interactions entre la dynamique sociale, politique et technologique des futurs probables, et inclure des indications de l'impact potentiel sur les opérations afin de donner une idée des impacts potentiels sur l'efficacité des capacités aux analystes. Les experts du MDN en matière de renseignement scientifique et technique, d'analyse stratégique, d'élaboration de concepts pour l'avenir et de recherche scientifique pour la défense pourraient appuyer le développement afin de définir et de souligner les défis particuliers liés aux capacités particulières de chaque service. Il est possible de savoir dans quelle mesure ces défis menacent de mettre en échec ou de dégrader les capacités attendues en posant des questions pour lesquelles les états-majors du DF du service doivent fournir des réponses qui traitent des concepts et des investissements, de la prestation planifiée des systèmes de capacité améliorés et de la manière dont le matériel (y compris l'équipement informatique), le personnel et les biens immobiliers peuvent permettre d'atteindre l'efficacité. En faisant en sorte que les services soient forcés de s'attaquer spécifiquement à ces problèmes, ils agissent de concert pour propulser les responsables de la conception du DF du service dans les mêmes espaces des options futures pour relever les mêmes défis opérationnels. Cela aidera à placer le dialogue sur le DF des FAC au sein d'un contexte partagé.

En plus de ce qui précède, il existe un contexte international plus large de DF. Les États-Unis, le Royaume-Uni et l'OTAN dans son ensemble feront chacun face à des défis similaires au sein de l'EOA pour tous les types de guerres. Le poste de CDF est particulièrement bien adapté pour compiler et interpréter le contexte international et les réponses des services canadiens aux défis auxquels le CDF devra faire face dans l'avenir en un seul volume comprenant un résumé et une analyse de son contenu. En signalant les obstacles à un développement cohérent des FAC comme force nationale intégrée, ainsi que des exigences opérationnelles non traitées ou qui manquent d'attention, le CDF fournirait un précieux corpus d'informations pour l'ensemble de la communauté canadienne du DF. Les résultats générés seront utilisés pour compiler un corpus d'informations élargi permettant de guider les équipes de planification des capacités interarmées dans leurs décisions sur la capacité, et cela aidera à fixer la barre pour les jugements éclairés nécessaires à la PFC, et permettra d'atténuer un bon nombre des limites imposées aux expertises par les différents niveaux d'engagement des services à l'égard du processus central de PFC. Les résultats fourniraient également un aperçu beaucoup plus utile au fur et à mesure que les services se développent et explorent des options pour leurs propres capacités à venir.

La planification de la force occupe une grande partie de la gestion des ressources de l'organisation (GRO) de la Défense et comprend plusieurs dimensions qui s'appuient ou sont fondées sur la PFC. La section suivante résume les principales dynamiques de GRO qui interagissent avec la PFC et qui doivent être prises en compte au fur et à mesure que l'ARC planifie son propre avenir.





## Situation actuelle

### Éléments déterminants du développement de la PFC à l'intérieur du MDN

On suppose que plusieurs circonstances provoqueront des changements dans la façon dont les FAC mènent la PFC militaire. Certains éléments découlent de l'expérience des FAC avec la PFC, tandis que d'autres proviennent de l'extérieur du Ministère. Les principaux éléments à l'intérieur du MDN sont les suivants :

**Surveillance de la capacité de la Force** – Les dirigeants de la Défense veulent comprendre dans quelle mesure les capacités militaires sont censées répondre aux défis de la Défense au fil du temps. Cependant, comme cela a été illustré pour l'ARC, l'approche adoptée dans Horizon 1 peut différer sensiblement de celle d'Horizon 3 par l'apport de définitions de concepts et d'une terminologie inutilement différentes au dialogue. Un exemple est la signification de mots tels que « capacité », ainsi que la manière dont les mêmes capacités sont définies par différentes communautés de défense, et même par des communautés non associées à un service particulier. La normalisation du vocabulaire utilisé dans les communautés de participants est nécessaire pour permettre à l'analyse du DF de favoriser une compréhension partagée de la manière dont la PFC façonne, et doit façonner, les capacités futures pour divers horizons. L'approche analytique utilisée pour la feuille de route des capacités stratégiques incluait spécifiquement la production de calendriers intégrés de développement des capacités sur une période allant jusqu'à 20 ans<sup>89</sup>. Les conditions suivant lesquelles l'OTAN gère et rend compte des besoins en capacités constituent un point de départ très pertinent vers une taxonomie hiérarchique stable et partagée des capacités militaires à utiliser dans l'ensemble du MDN et des FAC.

**Processus d'examen du programme d'investissements en immobilisations (EPII)** – La tâche du processus d'EPII consiste à déterminer la meilleure combinaison possible d'immobilisations majeures en utilisant la méthode du coût de réalisation des projets d'un exercice à l'autre et un modèle de la valeur que chaque combinaison promet de fournir. Le modèle de valeur pour les investissements dans les capacités militaires repose sur l'analyse par la PFC des lacunes en matière de capacités qui devront être comblées ou écartées par les produits livrables découlant de l'investissement. Une des conditions nécessaires à une analyse utile est que l'analyse des écarts comprenne un examen du caractère suffisant de ce que le MDN s'est déjà engagé à financer en excluant tout le reste, notamment les investissements qui se font concurrence pour l'obtention de fonds. Cette approche reconnaît que les nouvelles décisions d'investissement et de désinvestissement sont basées sur des décisions déjà prises. Les produits de la PFC remplissent leur objectif, qui est de guider les décisions en matière d'investissement, de dessaisissement et de maintien en puissance uniquement dans la mesure où ils apprécient l'utilité des produits livrables découlant de l'investissement potentiel dans la capacité afin de montrer l'importance relative des écarts de capacités à combler ou à prévenir et la mesure dans laquelle chaque investissement permet d'y arriver. La seule façon de monter un dossier d'investissement est de mettre en évidence la différence entre avoir et ne pas avoir ses produits livrables. Par conséquent, la force évaluée doit exclure tous les produits livrables non financés pour que la PFC puisse démontrer ce que cela signifie de ne pas les avoir.



**Stratégie intégrée des ressources humaines** – Suivant la description à la page 92 de la façon dont le deuxième cycle de PFC a conduit à la nécessité d'un plan pluriannuel d'établissement (PPE), les FAC ont élargi leurs recherches visant à trouver des manières de transférer des postes militaires depuis des activités institutionnelles vers des activités opérationnelles en élargissant le cadre d'analyse afin d'inclure les réservistes et les employés civils. Le PPE a été modifié pour préciser les ajustements dans les trois composantes de l'équipe de la Défense. L'auteur est d'avis que toute analyse identifiant et caractérisant adéquatement les risques associés à un transfert de postes militaires hors des fonctions institutionnelles en vue de les atténuer doit reconnaître la valeur fournie par le personnel occupant ces postes pour l'organisation de la Défense. Par la suite, des approches différentes offrant la même valeur avec une participation militaire réduite peuvent être conçues et testées. Cela exigera qu'un processus, du même genre que la PFC, soit appliqué à l'institution du MDN qui traite les opérations institutionnelles d'une manière similaire aux opérations militaires dans le cadre de la PFC militaire. Les concepts de capacité viendront éclairer la façon dont les divisions du CDF et du chef de programme développent l'équipe de la Défense en évolution pour veiller à ce qu'elle puisse répondre de façon abordable et efficace aux besoins de défense à venir du Canada. Le sous-ministre adjoint (SMA) actuel des ressources humaines civiles a entrepris de définir les capacités civiles<sup>90</sup> et a engagé le Directeur général – Recherche et analyse (Personnel militaire), un centre de recherche dirigé par le SMA (Sciences et technologie), mais intégré dans l'organisation du Chef du personnel militaire, pour la tâche de modéliser la dynamique des processus du cycle de vie des ressources humaines civiles.

**Utilisation par le MDN d'un cadre ministériel des résultats pour la gestion stratégique** – Une équipe travaillant sous la direction du chef de programme dirige le MDN dans l'élaboration d'une structure de programme appelée cadre ministériel des résultats (CMR). Le CMR du MDN répondra aux exigences de la politique sur les résultats<sup>91</sup> du SCT aux fins de l'établissement des rapports gouvernementaux. Cependant, il s'agit également de fournir une base cohérente pour la GRO de la Défense. La principale source de cette cohérence sera son évolution par rapport à l'architecture d'alignement des programmes (AAP) annoncée en 2014, qui a été conçue dans le seul but de permettre une GRO de la Défense cohérente<sup>92</sup>. L'AAP est une taxonomie hiérarchique des activités de défense couvrant l'ensemble de ce qui doit se passer pour que le MDN remplisse son mandat. Sa conception générale est brièvement décrite à l'appendice A et dans l'AAP, qui est incluse à l'appendice B du présent chapitre. À la base, la réussite de la gestion des ressources de l'organisation repose sur une bonne compréhension de la valeur pertinente du mandat et des processus par lesquels elle est créée et préservée grâce à des investissements dans les ressources. Le MDN mènera bientôt une enquête approfondie sur les activités de l'organisation de la Défense pour déterminer comment et où ces activités ajoutent de la valeur à l'accomplissement du mandat pour la défense et la sécurité du Canada afin de guider la construction d'un modèle de gestion et de création de valeur au niveau organisationnel, d'implanter la stratégie intégrée des RH et de mettre en œuvre une GRO fondée sur le CMR. L'enquête sera soigneusement contrôlée de manière à gérer le niveau de détail nécessaire pour guider efficacement les décisions stratégiques. Cela permettra la création d'un modèle fonctionnant en réseau illustrant la façon dont l'activité de défense crée et combine la valeur dans les portefeuilles stratégiques ciblés par chaque activité<sup>93</sup> et la façon dont ces portefeuilles stratégiques se combinent pour assurer la disponibilité opérationnelle et les résultats opérationnels dont dépend la défense nationale du Canada.



## Facteurs déterminants du développement de la PFC hors du MDN

À ce jour, plusieurs transitions ont cours en ce qui a trait à la défense canadienne :

**Nouvelle politique de défense** – Après l'élection de Justin Trudeau au poste de premier ministre du Canada avec une majorité libérale à la Chambre des communes, le gouvernement a confié un nouveau mandat au ministre de la Défense nationale (min DN) nouvellement nommé et a divulgué la lettre de mandat en la publiant en ligne<sup>94</sup>. Depuis lors, le nouveau gouvernement a lancé un examen de la politique de défense comprenant des consultations publiques. Cela se traduira probablement par une nouvelle base stratégique pour le futur processus de PFC du CDF.

**Niveaux de financement** – Le plus grand impact du processus d'EPII, et en particulier du logiciel VIPOR créé pour l'appuyer, a été de fournir, peut-être pour la première fois, une compréhension claire du coût d'opportunité de chacun des principaux investissements en immobilisations se faisant concurrence pour obtenir les fonds non attribués. Grâce à cette compréhension approfondie, il est possible dans le cadre de l'examen de la politique de défense de combler les écarts perçus entre les attentes du gouvernement quant à ce que la Défense doit accomplir au cours des prochaines décennies et les fonds prévus pour la tâche. Tout changement dans les niveaux de financement exigera que les produits de la PFC fournissent une analyse convenablement fondée pour l'analyse des compromis d'investissement à venir dans l'EPII afin de tirer pleinement parti des informations qui sont demandées de la PFC militaire.

## Conclusion

La PFC militaire au Canada est à un tournant. Après trois cycles complets, son rôle de guide pour la prise de décision en matière d'investissement dans les capacités commence seulement à être clairement défini. Cette clarté offre l'occasion d'aligner la production des résultats de la PFC dont le rôle est de guider la prise de décisions en matière d'investissements ou autres, et de favoriser une plus grande cohérence dans l'activité de DF à l'échelle des services. L'ARC, en particulier, bénéficiera d'un leadership accru de l'organisation centrale en matière de DF puisqu'elle vient de produire le cadre d'orientation stratégique de l'ARC et qu'elle remanie actuellement les processus de DF, qui peuvent faciliter la découverte et le développement de concepts utiles pour la mise en œuvre des options de puissance aérienne les plus avancées. Le personnel de l'ARC jouant un rôle dans ce travail reconnaît clairement qu'il dépend d'autres intervenants pour compléter le tableau et que ce travail constitue un excellent point de départ vers une intégration pouvant s'avérer très utile pour le développement des FAC en vue de servir les intérêts du Canada en matière de défense.

Le CDF a l'occasion, avec le soutien du VCEMD, d'aider chacun des services à s'intégrer davantage dans l'espace des options conceptuelles, où les défis changeants peuvent être compris militairement et où des percées technologiques peuvent être utilisées pour tirer parti des nouvelles possibilités de capacités au sein de l'environnement opérationnel de l'avenir. Le besoin croissant de gérer les risques au sein de l'organisation de la Défense découlant de la pression causée par le maintien des restrictions budgétaires d'un côté et l'augmentation des besoins en personnel opérationnel de l'autre crée une



demande pour de nouveaux types d'analyse capables de modéliser et de guider la gestion des risques institutionnels. Avec l'achèvement imminent de l'examen de la politique de la Défense et l'arrivée au pouvoir d'un nouveau gouvernement américain, de nombreux changements sont en cours dans le milieu de la planification de la défense stratégique. Au même moment, la direction du Ministère relève le défi en procédant à l'élaboration des analyses requises pour répondre à ces besoins. Si l'on peut trouver une place dans le dialogue sur le DF pour les diverses perspectives de DF des FAC et de l'ARC, notamment, et si l'expérience avec les techniques fondées sur les capacités de DF au niveau organisationnel peut être exploitée pour relever les défis, alors le MDN est prêt à passer à la pleine réalisation des avantages de ce que P. K. Davis définit comme l'action de « planifier, dans un contexte incertain, de manière à fournir des capacités qui conviennent à un large éventail de situations et de défis actuels, tout en fonctionnant dans un climat économique qui nécessite un choix<sup>95</sup> ».



## Appendice A : Comprendre l'architecture d'alignement des programmes

De nombreux lecteurs savent que le MDN a annoncé une nouvelle AAP en 2014. Cependant, de nombreux membres de l'équipe de la Défense se hérissent à la mention de l'AAP en raison de leur expérience avec les versions précédentes. En général, l'idée qui sous-tend l'AAP et le pouvoir réel de celle de 2014 n'est pas très bien connue. En réalité, la nouvelle AAP est fondée sur une idée étonnamment simple illustrée ci-dessous.

Depuis 2003, le Secrétariat du Conseil du Trésor du Canada exige que les ministères fédéraux aient une AAP assurant la cohérence des examens stratégiques menés pour éclairer les décisions de réaffectation des ressources et servant de structure pour l'établissement de rapports au Parlement et aux Canadiens sur l'utilisation de l'argent des impôts afin de remplir le mandat confié par le gouvernement du Canada. Deux raisons principales justifient une AAP :

- Déterminer les liens entre les ressources investies et les résultats obtenus;
- Rédiger une explication sommaire de ce que fait le MDN pour remplir son mandat auprès des Canadiens.

Les AAP précédentes n'ont pas très bien permis d'accomplir ces activités, car le personnel du MDN était préoccupé par la structure organisationnelle du MDN. La structure est d'une importance cruciale pour nous aider à faire notre travail, mais là n'est pas la question. La nouvelle AAP vise strictement à transformer les fonds octroyés en défense concrète. Si vous voulez connaître la place d'une activité, la question la plus pertinente à poser est la suivante : En quoi cette activité ajoute-t-elle de la valeur à la défense du Canada?

La nouvelle AAP comprend une carte où vous pouvez trouver la réponse à cette question. Elle a été conçue expressément pour permettre le suivi de la transformation de l'argent dépensé en moyens de défense efficaces. Ce qui suit explique la structure de l'AAP et fournit des informations supplémentaires :

1. La tâche 1 porte sur les opérations de combat, elle fait donc partie du programme 1. Pour les éléments de la force, le combat consiste essentiellement à « sortir de chez soi » pour s'opposer à ce qui menace l'avenir du Canada, à l'échelle nationale et continentale (1.1) ou internationale (1.2). Tout ce que nous faisons dans les deux contextes repose sur des fonctions ancrées au Canada (1.3), notamment les activités générales de commandement et de contrôle (1.3.1), les opérations de renseignement (1.3.2) et le soutien opérationnel (1.3.3). (Ces trois sous-programmes ont des éléments et des engagements permanents qui sont nationaux [1.1.2-1.1.4], internationaux [OTAN 1.2.3] ou les deux [1.3.4 Diplomatie militaire/engagement à l'échelle internationale].)
2. Nous faisons également des activités non liées au combat importantes pour le Canada, suivant le programme 2. Elles comprennent une aide en cas de catastrophe (2.1) et un soutien à la sécurité et à la sûreté des Canadiens au pays (2.2). Nous restons également connectés à la culture avec des programmes liés au patrimoine, aux cérémonies et à la jeunesse (2.3).



3. Les opérations de combat ne sont possibles que si vous disposez d'éléments de la force prêts à l'action, et nous les produisons dans le cadre du programme 3, quel que soit leur rôle :
  - a. la production des éléments de la force qui savent opérer avec succès (3.3);
  - b. s'assurer qu'ils peuvent collaborer avec d'autres éléments de la force prêts à l'action (3.2);
  - c. les maintenir en état d'opérer une fois qu'ils sont prêts à l'action (3.1);
  - d. organiser et coordonner 3.1 à 3.3 (3.4).
  
4. Avec tout ce qui précède, on suppose que vous disposez déjà des ingrédients nécessaires pour créer des éléments de la force. Dans le cadre du programme 4, nous mettons en place et maintenons les bassins de ressources nécessaires ou « éléments de capacité » et les rendons disponibles, y compris :
  - a. le personnel militaire (4.1);
  - b. l'équipement militaire (4.2);
  - c. les biens immobiliers à vocation militaire (4.3);
  - d. le système d'information militaire (4.4).

La disponibilité de chaque bassin dépend de notre capacité à gérer son cycle de vie, notamment :

- i. déterminer ce que nous avons et ce dont nous avons besoin pour ce cycle; puis
- ii. acquérir ce dont nous avons besoin et qui fait défaut;
- iii. préparer ce que nous avons;
- iv. mettre à niveau au besoin;
- v. maintenir tout cela;
- vi. le remplacer à la fin de sa durée de vie utile;
- vii. apprendre comment la gestion du cycle de vie doit changer.

Chacune de ces tâches est réalisée sous une forme ou une autre pour chaque bassin d'éléments de capacité.

5. Le but de tout ce qui précède est de mettre en œuvre notre ensemble actuel de capacités militaires; toutefois, le monde ne cesse de changer et nos capacités doivent changer avec lui au risque de devenir inefficaces. Tout le travail impliqué dans l'identification et la mise en œuvre des changements de capacités relève du programme 5.
  - a. Les capacités sont gérées individuellement par les services militaires traditionnels (AC, MRC, ARC ou l'énoncé des besoins opérationnels) ou par de nouveaux mini-services, tels que l'espace, les services cybernétiques et chimiques, biologiques, radiologiques et nucléaires,



lesquels sont assurés temporairement par le CDF. L'avancement des capacités individuelles a lieu au point 5.1 :

- i. La conception des améliorations de capacité et toute la gestion de projet nécessaire pour les réaliser figurent au point 5.1.1;
  - ii. La décision sur la manière dont ces améliorations seront utilisées une fois réalisées est prise au point 5.1.2;
  - iii. Tout ce qui touche à l'investissement en recherche liée à la défense en vue de faciliter la gestion et les changements en matière de défense est traité au point 5.1.3.
- b. Une défense efficace est le résultat direct d'une planification cohérente de la défense quant à la mise en œuvre de changements visant l'ensemble des capacités et à l'utilisation de ces dernières. Cet élément est traité au point 5.2, et comprend ce qui suit :
- i. Étudier l'ESA et tester divers concepts des forces de l'avenir en relation avec l'ESA pour déterminer lequel des investissements de capacité concurrents est le plus nécessaire (5.2.1);
  - ii. Gérer l'utilisation à long terme de ce que nous possédons actuellement (5.2.2).

Remarque : Tout ce qui précède repose sur le service du personnel militaire *et* civil. Le personnel civil fait partie intégrante des programmes 1 à 5, bien que plusieurs jouent un rôle dans le programme 6, le programme générique pour les ministères fédéraux. Les services internes sont définis par le Secrétariat du Conseil du Trésor. Lorsqu'une activité semble chevaucher ce qui précède, considérez qu'elle fait partie du programme 6 seulement si elle n'est pas spécifiquement incluse dans les programmes 1 à 5.

**6.** Il serait impossible de réaliser tout ce qui précède sans l'institution ministérielle, et une grande partie de ce qu'elle accomplit relève du programme 6 – Services internes. Comme tous ces services sont communs à tous les ministères fédéraux, ils suivent un modèle standard établi par le Secrétariat du Conseil du Trésor :

- a. La gestion et la supervision (6.1) se concentrent sur l'action au niveau de la direction. Cela inclut les officiers généraux. La direction au-dessous de ce niveau ne relève de 6.1 que si elle ne peut être reliée étroitement avec les programmes 1 à 5 ou les sous-programmes 6.2 à 6.10;
- b. Les communications (6.2) sont généralement effectuées par le SMA (Affaires publiques);
- c. Le rôle des services juridiques (6.3) est occupé par le conseiller juridique des FAC (les activités des avocats militaires sous le juge-avocat général [JAG] relèvent de 4.1.9);
- d. Le rôle de la gestion des ressources humaines (6.4) est occupé par le SMA, Ressources humaines civiles (SMA [RH Civ]). C'est la contrepartie non militaire de 4.1, c'est-à-dire, veiller à la disponibilité d'un bassin de civils pour assurer certaines fonctions spécifiques. La plupart des civils ne sont pas visés par le point 6.4, qui ne comprend que des professionnels,



- des responsables et du personnel de soutien administratif des ressources humaines;
- e. La gestion financière (6.5) comprend des activités qui vont au-delà des éléments précis des programmes 1 à 5;
  - f. La gestion de l'information (6.6) est la responsabilité du SMA, Gestion de l'information (SMA [GI]) et consiste à s'assurer que le MDN a fourni et protégé l'accès à l'information dont nous avons besoin et qu'il a éliminé les informations dont nous n'avons pas besoin.
  - g. La gestion de la technologie de l'information (6.7) consiste à protéger les réseaux, les applications et les activités de soutien aux utilisateurs qui ne sont pas liés à la défense, et elle est menée sous la supervision de Services partagés Canada;
  - h. Biens immobiliers (6.8) concerne la propriété institutionnelle qui n'a pas de rôle direct dans les programmes 1 à 5 et qui concerne donc l'empreinte institutionnelle propre (comme le MDN loue la plupart – ou la totalité – de ses locaux à Ottawa, les activités liées à 6.8 sont peu nombreuses);
  - i. Les processus du cycle de vie de l'équipement non militaire (autres que l'acquisition) relèvent du paragraphe 6.9;
  - j. L'acquisition relève de 6.10 et comprend un soutien centralisé pour la passation de marchés et l'acquisition.

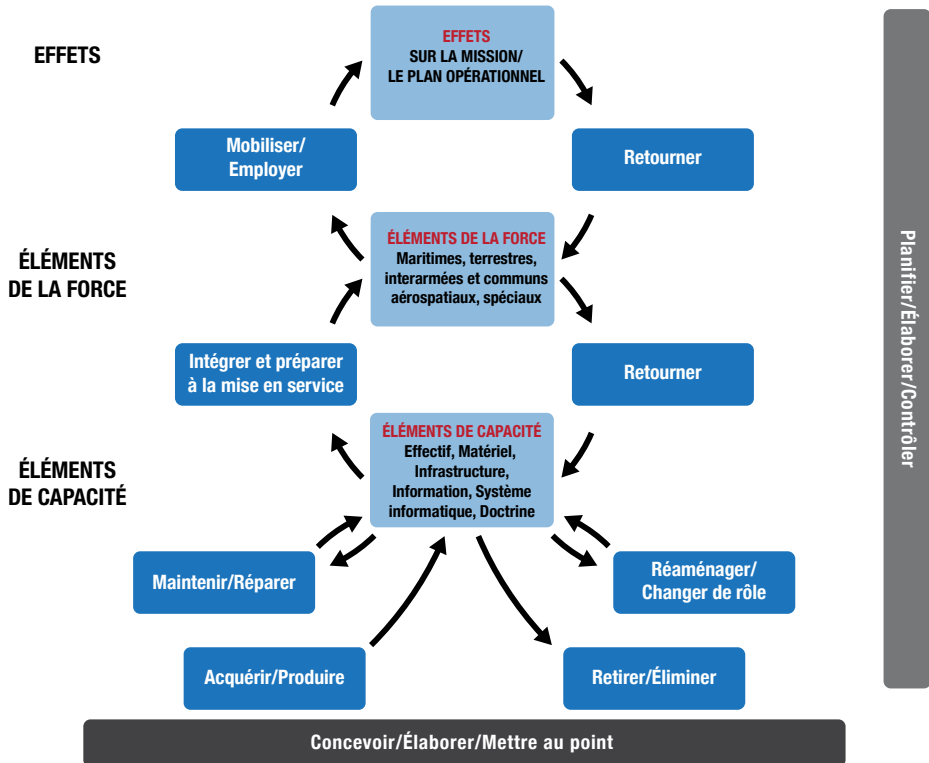
L'accumulation de la valeur qui découle de la dépense de l'argent des contribuables canadiens peut être suivie à mesure que l'AAP progresse :

- Le programme 6 établit les exigences de tous les ministères fédéraux, peu importe leur domaine;
- Le programme 5 détermine ce que nous devons faire au fil du temps (et la manière d'y parvenir) pour réaliser ce que le mandat de défense exige de nous;
- Le programme 4 met à disposition des bassins de chaque type de ressource militaire nécessaire pour préparer les éléments de la force à utiliser en défense;
- Le programme 3 prend ces ingrédients militaires et les façonne en éléments de force qu'il prépare et maintient préparés tout au long du cycle de disponibilité opérationnelle. À ce stade, la Défense a joué un rôle dissuasif et permis au CEMD de proposer des options au premier ministre;
- Les programmes 1 et 2 permettent à l'équipe de la Défense d'agir en faisant ce que seule la Défense peut faire pour le Canada.

Cette structure est un espace où vous pouvez voir ce que nous faisons de l'argent des contribuables canadiens et expliquer pourquoi nous le faisons. Cela rend les rapports significatifs.



Le diagramme « Bonhomme de neige » de la figure A1 en est une bonne illustration. Il montre les principaux inventaires stratégiques (ovales) de l'équipe de la Défense et la façon dont ils s'influencent entre eux :



**Figure A1. Modèle conceptuel des processus de défense présenté dans l'AAP de 2014<sup>96</sup>**

- Les éléments « Mobiliser/Employer » et « Retourner » relèvent des programmes 1 et 2;
- Les éléments « Intégrer et préparer à la mise en service » et « Retourner » relèvent du programme 3;
- Les quatre autres encadrés bleus relèvent du programme 4, bien qu'ils soient présentés différemment pour chaque type d'élément de capacité;
- La barre « Concevoir/Élaborer/Mettre au point » en bas relève essentiellement du programme 5;
- La barre latérale « Planifier/Gouverner/Contrôler » se trouve également dans les autres programmes, mais au niveau de la direction, elle relève généralement de 6.1 – Gestion et supervision et comprend quelques analyses justificatives à l'échelle de l'institution.

Il s'agit de généralisations servant à comprendre la situation dans son ensemble, et il existe de nombreuses exceptions, car le travail de la Défense est plus complexe que cela<sup>97</sup>.



## Appendice B : Architecture d'alignement des programmes

### Architecture d'alignement des programmes (AAP) de la Défense Nationale

Résultats stratégiques	Programmes	Sous-programmes	Sous-sous-programmes
Les opérations et les services de la Défense améliorent la stabilité et la sécurité, tout en faisant la promotion des valeurs et des intérêts canadiens.	1.0 Opérations de combat et de soutien de la Défense	1.1 Opérations de défense nationales et continentales	1.1.1 Opérations de défense du Canada contre les menaces armées
			1.1.2 Opérations continues de défense, de maintien de la sécurité et de protection de la souveraineté du Canada
			1.1.3 Opérations continues de la Défense par l'intermédiaire du NORAD
			1.1.4 Opérations continues continentales de la Défense en coopération avec les États-Unis
		1.2 Opérations de combat internationales	1.2.1 Opérations internationales menées durant une période prolongée
			1.2.2 Opérations internationales d'intervention de crise et d'urgence
			1.2.3 Opérations continues de la Défense dans le cadre des engagements permanents de l'OTAN
		1.3 Opérations centralisées continues et habilitation opérationnelle	1.3.1 Commandement et contrôle général des opérations nationales et internationales
			1.3.2 Opérations continues de renseignement de la Défense
	1.3.3 Services de soutien opérationnel		
	1.3.4 Diplomatie militaire et engagement à l'échelle internationale		
	2.0 Biens immobiliers, infrastructure et environnement	2.1 Opérations nationales de secours aux sinistrés et d'aide humanitaire	2.1.1 Opérations d'intervention et d'assistance nationales et continentales
			2.1.2 Opérations internationales d'assistance humanitaire et d'intervention en cas de catastrophe
			2.1.3 Opérations d'évacuation des non-combattants
		2.2 Services de la Défense pour la sûreté et la sécurité du Canada	2.2.1 Opérations de contre-terrorisme, de réponse aux événements terroristes et de gestion des conséquences
			2.2.2 Opérations d'assistance lors d'événements majeurs au Canada
			2.2.3 Programme national de recherche et sauvetage
2.2.4 Opérations de recherche et sauvetage			
2.2.5 Services de la Défense fournis à d'autres ministères et organismes			
2.2.6 Programme canadien de sûreté et de sécurité			
2.3 Patrimoine militaire et sensibilisation		2.3.1 Sensibilisation, histoire et patrimoine militaires	
La Défense demeure continuellement prête à livrer les services de la défense nationale en harmonie avec les intérêts et les valeurs du Canada.	3.0 Production d'éléments de force de la Défense prêts à l'action	3.1 Maintien de la disponibilité opérationnelle des éléments de la force	3.1.1 Rôles maritimes – Maintien de la disponibilité opérationnelle
			3.1.2 Rôles terrestres – Maintien de la disponibilité opérationnelle
			3.1.3 Rôles aérospatiaux – Maintien de la disponibilité opérationnelle
			3.1.4 Rôles liés aux opérations spéciales – Maintien de la disponibilité opérationnelle
			3.1.5 Rôles communs et interarmées – Maintien de la disponibilité opérationnelle



Architecture d'alignement des programmes (AAP) de la Défense Nationale			
Résultats stratégiques	Programmes	Sous-programmes	Sous-sous-programmes
		3.2 Instruction sur l'intégration des éléments de la force	3.2.1 Environnement maritime – Entraînement d'intégration 3.2.2 Environnement terrestre – Entraînement d'intégration 3.2.3 Environnement aérospatial – Entraînement d'intégration 3.2.4 Environnement des opérations spéciales – Entraînement d'intégration 3.2.5 Entraînement d'intégration interarmées 3.2.6 Instruction sur l'interopérabilité internationale et nationale
		3.3 Production d'éléments de force	3.3.1 Environnement maritime – Production d'éléments de force 3.3.2 Environnement terrestre – Production d'éléments de force 3.3.3 Environnement aérospatial – Production d'éléments de force 3.3.4 Opérations spéciales – Production d'éléments de force 3.3.5 Environnement interarmées et commun – Production d'éléments de force
		3.4 Production, coordination et commandement et contrôle de la disponibilité opérationnelle	3.4.1 Environnement maritime – Production, coordination, commandement et contrôle des éléments de force 3.4.2 Environnement terrestre – Production, coordination, commandement et contrôle des éléments de force 3.4.3 Environnement aérospatial – Production, coordination, commandement et contrôle des éléments de force 3.4.4 Environnement des opérations spéciales – Production, coordination, commandement et contrôle des éléments de force 3.4.5 Environnement interarmées et commun – Production, coordination, commandement et contrôle des éléments de force
	4.0 Production des éléments de capacité de la Défense	4.1 Cycle de vie du personnel militaire et de l'organisation	4.1.1 Personnel militaire – Gestion du portefeuille de la Force régulière 4.1.2 Personnel militaire – Gestion du portefeuille de la Force de réserve 4.1.3 Personnel militaire – Recrutement 4.1.4 Personnel militaire – Transition et libération 4.1.5 Personnel militaire – Perfectionnement professionnel 4.1.6 Personnel militaire – Formation de groupe professionnel 4.1.7 Personnel militaire – Soutien moral et bien-être 4.1.8 Personnel militaire – Soins de santé 4.1.9 Organisation – Sécurité, protection, justice et sûreté 4.1.10 Personnel militaire et organisation – Coordination, développement et contrôle stratégiques



## Architecture d'alignement des programmes (AAP) de la Défense Nationale

Résultats stratégiques	Programmes	Sous-programmes	Sous-sous-programmes
	4.0 Production des éléments de capacité de la Défense	4.2 Cycle de vie du matériel	4.2.1 Matériel – Gestion du portefeuille
			4.2.2 Matériel – Acquisition
			4.2.3 Matériel – Mise à niveau et intégration
			4.2.4 Matériel – Dessaisissement et aliénation
			4.2.5 Matériel – Génie, essais, production et maintenance
			4.2.6 Matériel – Gestion des stocks et distribution
			4.2.7 Matériel – Coordination, développement et contrôle stratégiques
		4.3 Cycle de vie des biens immobiliers	4.3.1 Biens immobiliers – Gestion du portefeuille
			4.3.2 Biens immobiliers – Acquisition
			4.3.3 Biens immobiliers – Dessaisissement et aliénation
			4.3.4 Biens immobiliers – Exploitation, entretien et réparation
			4.3.5 Biens immobiliers – Environnement et assainissement
	4.4 Cycle de vie des systèmes d'information	4.4.1 Systèmes d'information – Gestion du portefeuille	
		4.4.2 Systèmes d'information – Acquisition, développement et déploiement	
		4.4.3 Systèmes d'information – Gestion des systèmes d'information et soutien aux utilisateurs	
		4.4.4 Systèmes d'information – Coordination, développement et contrôle stratégiques	
	5.0 Recherche et développement sur les capacités de la Défense	5.1 Conception, perfectionnement et intégration en matière de capacité	5.1.1 Conception et gestion des capacités
			5.1.2 Développement de la doctrine et des concepts et essais sur la conduite de la guerre
			5.1.3 Intégration et développement des sciences et des systèmes
		5.2 Orientation stratégique et soutien à la planification	5.2.1 Soutien à la planification des capacités stratégiques
5.2.2 Soutien à la planification stratégique de la posture de la force			



Architecture d'alignement des programmes (AAP) de la Défense Nationale			
Résultats stratégiques	Programmes	Sous-programmes	Sous-sous-programmes
	6.0 Services internes	6.1 Gestion et surveillance	
		6.2 Communications	
		6.3 Services juridiques	
		6.4 Gestion des ressources humaines	
		6.5 Gestion des finances	
		6.6 Gestion de l'information	
		6.7 Technologies de l'information	
		6.8 Biens immobiliers	
		6.9 Matériel	
		6.10 Acquisition	

John Steele est scientifique de la défense au Centre d'analyse et de recherche opérationnelle de Recherche et développement pour la défense Canada depuis 17 ans. Il fait partie de l'équipe de planification stratégique et de recherche opérationnelle qui met en pratique les approches de l'architecture administrative pour l'élaboration d'un cadre de gestion stratégique au sein du ministère de la Défense nationale. Il préside actuellement une collaboration de cinq pays sous l'égide de l'OTAN pour faire progresser le soutien accordé à la gestion du portefeuille d'investissement dans la défense. Dans la recherche, il s'intéresse à la modélisation de la création et de la gestion de la valeur du secteur public. M. Steele est titulaire d'un doctorat en génie mécanique et d'un baccalauréat en musique (interprétation vocale) de l'Université de la Saskatchewan à Saskatoon.



## Abréviations

<b>AAP</b>	architecture d'alignement des programmes
<b>AC</b>	Armée canadienne
<b>AFOD</b>	analyse fondamentale des options de défense
<b>AO</b>	analyse des options
<b>AUS</b>	Australie
<b>BFC</b>	Base des Forces canadiennes
<b>CARO</b>	Centre d'analyse et de recherche opérationnelle
<b>CC</b>	critères de capacité
<b>CCD</b>	Comité des capacités de la Défense
<b>CCI</b>	Cadre des capacités interarmées
<b>CDF</b>	Chef – Développement des Forces
<b>CEMD</b>	Chef d'état-major de la défense
<b>CGAFC</b>	Centre de guerre aérospatiale des Forces canadiennes
<b>CMR</b>	Cadre ministériel des résultats
<b>COAA</b>	Concept des opérations aériennes de l'avenir
<b>COI</b>	capacité opérationnelle initiale
<b>COT</b>	capacité opérationnelle totale
<b>DAP</b>	Directive d'approbation des projets
<b>DCF</b>	<i>Directive sur les concepts futurs</i>
<b>Déf</b>	définition
<b>DF</b>	développement des forces
<b>DG DF Air</b>	Directeur général – Développement de la Force (Air)
<b>DG ICS</b>	Directeur général – Intégration des capacités et de la structure
<b>DIC</b>	Directeur – Intégration des capacités
<b>DOCF</b>	Document d'orientation sur les capacités des forces
<b>DSACS</b>	Directeur – Soutien à l'analyse des capacités et de la structure
<b>EAC 3</b>	Équipe d'action n° 3 du CEMD
<b>EACMEC</b>	Équipe d'action du CEMD – Méthodologie d'évaluation des capacités
<b>EEC</b>	élaboration et expérimentation de concepts
<b>EOA</b>	environnement opérationnel de l'avenir
<b>EPCI</b>	Équipe de planification des capacités interarmées
<b>EPII</b>	Examen du Programme d'investissements en immobilisations



<b>ESA</b>	environnement de sécurité de l'avenir
<b>ESDF</b>	ensemble des scénarios de développement des forces
<b>ETS</b>	équipe de tâche stratégique
<b>FLEETSIM</b>	modèle de simulation d'ordonnancement des ressources
<b>FMC</b>	Forces maritimes canadiennes
<b>FOS</b>	forces d'opérations spéciales
<b>FRCS</b>	Feuille de route des capacités stratégiques
<b>GC</b>	Gouvernement du Canada
<b>GRO</b>	gestion des ressources de l'organisation
<b>ID</b>	identification
<b>IDM</b>	investissement-dessaisissement-maintien
<b>JAG</b>	Juge-avocat général
<b>LCTI</b>	Liste canadienne de tâches interarmées
<b>LoO</b>	lignes d'opération
<b>Min DN</b>	ministre de la Défense nationale
<b>MO</b>	mise en œuvre
<b>MRC</b>	Marine royale canadienne
<b>N1</b>	Niveau 1
<b>OPFOR</b>	force d'opposition
<b>PAP</b>	processus d'approbation des projets
<b>PC</b>	plan de campagne
<b>PCF</b>	Plan des capacités des forces
<b>PEA</b>	production d'effets sur le plan aérospatial
<b>PFDO</b>	posture de la force et disponibilité opérationnelle
<b>PFC</b>	planification fondée sur les capacités
<b>PI</b>	plan d'investissement
<b>PPE</b>	plan pluriannuel des effectifs
<b>PRICIE</b>	personnel, recherche et développement, infrastructure et organisation, concepts, doctrine et instruction collective, gestion de l'information et de l'équipement et matériel
<b>R.-U.</b>	Royaume-Uni
<b>RAP</b>	rapport d'achèvement de projet
<b>RDDC</b>	Recherche et développement pour la défense Canada
<b>RH</b>	ressources humaines



<b>RO</b>	recherche opérationnelle
<b>RTO de l'OTAN</b>	Organisation pour la Recherche et la Technologie de l'OTAN
<b>S et T</b>	science et technologie
<b>SAR</b>	recherche et sauvetage
<b>SCT</b>	Secrétariat du Conseil du Trésor du Canada
<b>SDCD</b>	Stratégie de défense <i>Le Canada d'abord</i>
<b>SM</b>	Sous-ministre
<b>SMA</b>	Sous-ministre adjoint
<b>SMA(GI)</b>	Sous-ministre adjoint (Gestion de l'information)
<b>SMA(Mat)</b>	Sous-ministre adjoint (Matériels)
<b>SMA(RH-Civ)</b>	Sous-ministre adjoint (Ressources humaines – Civils)
<b>SMA(S &amp; T)</b>	Sous-ministre adjoint (Science et technologie)
<b>TTCP</b>	Programme de coopération technique
<b>UROPS</b>	Unité de recherche opérationnelle en planification stratégique
<b>USAF</b>	United States Air Force
<b>VCEMD</b>	Vice-chef d'état-major de la défense
<b>VFA</b>	Vecteurs de la Force aérienne
<b>VIPOR</b>	Optimisation et révision du plan d'investissement par analyse visuelle





## Notes

1. Dans le but de pouvoir utiliser le sens plus générique du terme « armée », ce chapitre utilise le terme américain « service » pour désigner l'AC, la MRC et l'ARC.
2. Canada, ministère de la Défense nationale (MDN), Vice-chef d'état-major de la Défense (VCEMD). *À propos de nous*, 20 janvier 2016, consulté le 14 août 2018, <http://www.forces.gc.ca/fr/a-propos-structure-org/vice-chef-etat-major-de-la-defense.page>.
3. La majorité des publications techniques sont disponibles via le moteur de recherche du site Web des rapports de recherches pour la défense de Recherche et développement pour la défense Canada (RDDC) à [http://pubs.drdc-rddc.gc.ca/pubdocs/pcow1\\_f.html](http://pubs.drdc-rddc.gc.ca/pubdocs/pcow1_f.html).
4. Canada, MDN, VCEMD. *À propos de nous*.
5. Canada, MDN, *Banque de terminologie de la défense (BTD)*, fiche 32172, consulté le 14 août 2018, <http://terminologie.mil.ca/index-fra.asp>.
6. Canada, MDN, « Rapport sur la transformation 2011 », consulté le 14 août 2018, <http://www.forces.gc.ca/fr/a-propos-rapports-pubs/rapport-transformation-2011.page>.
7. Canada, MDN, Directeur – Coordination du programme de la Défense 6, « Directive d'approbation des projets 2015 », vice-chef d'état-major de la Défense, 8 avril 2015, consulté le 14 août 2018, <http://intranet.mil.ca/fr/gestion-ministerielle/projet-dap.page>.
8. Canada, MDN, Directeur – Coordination du programme de la Défense 6, « Directive d'approbation des projets 2015 ».
9. Canada, MDN, Chef – Développement des Forces (CDF), *Manuel de planification fondée sur les capacités*, MDN, 2014.
10. L'exemple classique est le déclenchement de tirs indirects dans une zone, qui peut être effectué par l'artillerie terrestre, les tirs d'artillerie navale extracôtiers, les bombardements aériens et d'autres moyens.
11. Gary Christopher et coll., *Strategic Capability Roadmap Version 1.0 Analytical Framework*, Ottawa, Recherche et développement pour la défense Canada- Division de la recherche opérationnelle, décembre 2009. Rapport technique TR 2009-013, consulté le 14 août 2018, <http://pubs.drdc-rddc.gc.ca/BASIS/pcandid/www/engpub/DDW?W%3DSYSNUM=532766&r=0>.
12. Christopher et coll., *Strategic Capability Roadmap*.
13. Christopher et coll., *Strategic Capability Roadmap*.



14. Business Architecture Guild, « A Guide to the Business Architecture Body of Knowledge (R) (Bizbok Guide) », *Bizbok Guide (R)*, 28 septembre 2015, consulté le 14 août 2018, <http://www.businessarchitectureguild.org/?page=BIZ>.
15. L'usage américain habituel est la planification basée sur les capacités.
16. Paul K. Davis, *Analytic Architecture for CapabilitiesBased Planning, MissionSystem Analysis, and Transformation*, Santa Monica (Calif.), RAND Corporation, 2002.
17. Selon une hypothèse connexe, le fait de se préparer aux opérations les plus difficiles nécessaires pour faire face à la menace principale faciliterait grandement l'entraînement visant à répondre aux autres exigences opérationnelles.
18. Il convient de noter que la planification fondée sur les capacités avait déjà fait son apparition naturellement dans le cadre de la planification militaire aux États-Unis au moment de concevoir des réponses détaillées à des lignes de conduite soviétiques spécifiques. L'affectation de tâches différentes au même élément de la force a motivé la définition du terme « capacité ». Paul K. Davis, *Analysis to Inform Defense Planning Despite Austerity*, Santa Monica (Calif.), RAND Corporation, 2014, p. 107-116, consulté le 14 août 2018, [http://www.rand.org/pubs/research\\_reports/RR482.html](http://www.rand.org/pubs/research_reports/RR482.html).
19. Andrew Godefroy, « À la recherche de la “solution miracle” : l'évolution du développement des capacités au sein de l'Armée canadienne », *Revue militaire canadienne*, vol. 8, n° 1, printemps 2007, consulté le 14 août 2018, <http://www.journal.forces.gc.ca/vo8/no1/godefroy-fra.asp>.
20. Canada, MDN, *Livre blanc sur la défense, 1994*, Publications du gouvernement du Canada, 1994, consulté le 14 août 2018, <http://publications.gc.ca/site/fra/9.507212/publication.html>.
21. David E. Thaler, « Strategies to Tasks: A Framework for Linking Means and Ends », Santa Monica (Calif.), RAND Corporation, 1993, consulté le 14 août 2018, [http://www.rand.org/content/dam/rand/pubs/monograph\\_reports/2006/MR300.pdf](http://www.rand.org/content/dam/rand/pubs/monograph_reports/2006/MR300.pdf).
22. M. Dixon et R. B. Darlington, « Strategies-to-Task Decision Brief », North Bay, Groupe de chasse/Quartier général de la région canadienne du NORAD, 10 août 1995. Note d'information.
23. P. L. Massel et coll., *The Canadian Maritime Forces 2015 Study - Phase II: Analysis of Maritime Force Structure Alternatives Using the FleetSim Model*, Ottawa, MDN – Division de la recherche opérationnelle, 1999. Rapport de la DRO R9903.



24. Canada, MDN, « Planification de la défense du Canada 1997 », consulté le 14 août 2018, [https://web.archive.org/web/20001002032028/http://www.dnd.ca:80/admpol/pol\\_docs/97defplan/table\\_f.htm](https://web.archive.org/web/20001002032028/http://www.dnd.ca:80/admpol/pol_docs/97defplan/table_f.htm).
25. Le terme « tâche » a reçu une signification de très haut niveau qui aujourd'hui se décomposerait en plusieurs tâches plus petites.
26. A. Bradfield, G. L. Christopher et Lcol D. MacLean, *The Development of a Scenario Set for Departmental Force Planning*, (DOR[J&L] Research Note 9822), Ottawa, Direction de la recherche opérationnelle (interarmées et terrestre), Division de la recherche opérationnelle, 1998, consulté le 14 août 2018, <http://www.dtic.mil/dtic/tr/fulltext/u2/a640559.pdf>.
27. Jay Adamsson. *Integrating the Long Term Capital Plan into Capability Based Planning* (ORD-DOR(J&L) Research Note 2000/04), Ottawa, Division de la recherche opérationnelle (interarmées et terrestre), 2000, consulté le 12 août 2016, <http://pubs.drdc-rddc.gc.ca/BASIS/pcandid/www/engpub/DDW?W%3DSYSNUM=512811&r=0>.
28. Canada, MDN, « Guide de planification de la défense 2001 », consulté le 14 août 2018, [https://web.archive.org/web/20010321015020/http://www.vcds.dnd.ca:80/dgsp/dpg/dpg2001/intro\\_f.asp](https://web.archive.org/web/20010321015020/http://www.vcds.dnd.ca:80/dgsp/dpg/dpg2001/intro_f.asp).
29. Désormais, le RTO de l'OTAN s'appelle l'Organisation de la science et de la technologie de l'OTAN. Studies, Analysis and Simulation Panel (SAS-025), *Handbook on Long Term Defence Planning*, Defense Technical Information Center: DoD Public Access, 1er avril 2003, consulté le 12 août 2016, <http://www.dtic.mil/docs/citations/ADA414193>.
30. Le programme de coopération technique est une organisation qui permet aux chercheurs de la Défense d'Australie, du Canada, de Nouvelle-Zélande, du Royaume-Uni et des États-Unis de collaborer en vue d'atteindre des objectifs communs. Joint Systems and Analysis Group, Technical Panel 3, *Guide to Capability-Based Planning*, TTCP: The Technical Cooperation Program, 2004, consulté le 12 août 2016, <http://www.acq.osd.mil/ttcp/reference/docs/JSA-TP-3-CBP-Paper-Final.doc>.
31. Canada, MDN, *CDS Action Team 3: Operational Capabilities Final Report*, rapport de l'équipe d'action du CEMD, 2005.
32. R. J. Hillier, *CDS Transformation SitRep 01/05*, Ottawa, MDN, 2005.
33. P. M. Archambault, C. C. Morrissey et M. L. Roi, *DND Force Development Scenarios*, Ottawa, chef – Développement des Forces, 2006. Rapport de projet.
34. Christopher et coll., *Strategic Capability Roadmap*.
35. Canada, MDN, CDF, *Manuel de planification fondée sur les capacités*.



36. Canada, MDN, CDF, *Manuel de planification fondée sur les capacités*.
37. Canada, MDN, « Stratégie de défense Le Canada d'abord », Défense nationale, 2008, consulté le 14 août 2018, <http://www.forces.gc.ca/fr/a-propos/canada-d-abord-strategie-de-fense-sommaire.page>.
38. Canada, MDN, *L'environnement de la sécurité future, 2008-2030. Partie 1 : Tendances actuelles et émergentes*, Ottawa, chef – Développement des Forces, 2009.
39. Canada, MDN, « Rapport sur la transformation 2011 ».
40. On doit faire une distinction importante entre les postes et l'effectif. L'expression « établissement du MDN », en tant que terme technique, fait référence à la structure composée d'organisations ayant des spécifications organisées suivant diverses relations d'autorité et de responsabilité pour les postes militaires (grades et métiers) et civils (classification). La demande de personnel reflète la mesure dans laquelle ces postes doivent être pourvus et la nature de l'offre.
41. Canada, MDN, Directeur – Intégration des structures, *Force Structure Planning and Analysis: Interim Report, 1901-11* (DGICS/DIS), Directeur général – Intégration des capacités et des structures, 11 février 2013; CDF, *Force Structure Report 13, 1901-11* (DGICS/DIS), chef – Développement des forces, 17 mai 2013.
42. John Steele, *Assessment Methods for the Reallocation of Regular Force Positions within the DND*, Ottawa, CARO de RDDC, 2016. Rapport scientifique DRDC-RDDC-2016-R199.
43. Canada, MDN, CDF, « Directive de mise en œuvre – Plan pluriannuel des effectifs », 1920-1 (CDF), vice-chef d'état-major de la Défense, 17 septembre 2015.
44. Canada, MDN, Chef d'état-major de la défense (CEMD), « Strategic Initiating Directive - DND/CAF Defence Team Human Resources Strategy », p.120-121, (CEMD), MDN, 16 août 2016.
45. Canada, MDN, CDF, « Strategic Initiating Directive ».
46. Canada, MDN, CDF, *L'environnement de la sécurité de l'avenir, 2013-2040*, Ottawa, Gouvernement du Canada, 2014.
47. Au moment de la rédaction, le rapport final de 2016 sur la PFC faisait l'objet d'un examen final.
48. Massel et coll., *The Canadian Maritime Forces 2015 Study*.



49. P. L. Massel, Murray Dixon et John Steele, *Recommendations for improving the next CBP cycle*, lettre scientifique DRDC-RDDC-2016-L276, Ottawa, CARO RDDC.
50. Ben Taylor et coll., « Producing an Integrated Capability Roadmap for the Canadian Forces », *Rapports de recherches pour la défense*, 1<sup>er</sup> août 2013, consulté le 14 août 2018, <http://pubs.drdc-rddc.gc.ca/BASIS/pcandid/www/engpub/DDW?W%3DSYSNUM=537812&r=0>.
51. Taylor et coll., *Producing an Integrated Capability Roadmap for the Canadian Forces*.
52. Davis, *Analytic Architecture for CapabilitiesBased Planning, MissionSystem Analysis, and Transformation*.
53. Christopher et coll., *Strategic Capability Roadmap*.
54. Davis, *Analytic Architecture for CapabilitiesBased Planning, MissionSystem Analysis, and Transformation*.
55. Le Manuel de PFC sépare l'avenir en Horizon 1 couvrant un période de 0 à 5 ans dans le futur, Horizon 2 (5 à 10 ans) et Horizon 3 (10 à 20 ans).
56. P. K. Davis, « Lessons from RAND's Work on Planning Under Uncertainty for National Security », RAND National Defence Research Institute, 2012, consulté le 14 août 2018, [http://www.rand.org/content/dam/rand/pubs/technical\\_reports/2012/RAND\\_TR1249.pdf](http://www.rand.org/content/dam/rand/pubs/technical_reports/2012/RAND_TR1249.pdf).
57. Canada, MDN, CDF, *Manuel de planification fondée sur les capacités*, 2009, p. 17.
58. Canada, MDN, Vice-chef d'état-major de la Défense, « Capital Investment Program Plan Review (CIPPR) », Ottawa, MDN, 14 février 2014.
59. Mark Rempel et Chad Young, « A Portfolio Optimization Model for Investment Planning in the DND and Canadian Armed Forces, compte rendu de la réunion annuelle de 2015 du Decision Sciences Institute », 21-24 novembre 2015, consulté le 14 août 2018, [https://www.researchgate.net/profile/Mark\\_Rempel/publication/284721113\\_A\\_Portfolio\\_Optimization\\_Model\\_for\\_Investment\\_Planning\\_in\\_the\\_Department\\_of\\_National\\_Defence\\_and\\_Canadian\\_Armed\\_Forces/links/565736ea08ae1ef9297ba269/A-Portfolio-Optimization-Model-for-Investment-Planning-in-the-Department-of-National-Defence-and-Canadian-Armed-Forces.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Mark_Rempel/publication/284721113_A_Portfolio_Optimization_Model_for_Investment_Planning_in_the_Department_of_National_Defence_and_Canadian_Armed_Forces/links/565736ea08ae1ef9297ba269/A-Portfolio-Optimization-Model-for-Investment-Planning-in-the-Department-of-National-Defence-and-Canadian-Armed-Forces.pdf).
60. Canada, MDN, MDN, B-GA-400-000/FP-000, *Doctrine aérospatiale des Forces canadiennes*, Centre de guerre aérospatiale des Forces canadiennes, 2<sup>e</sup> éd., décembre 2010, consulté le 14 août 2018, <https://web.archive.org/web/20160803034152/http://www.rcaf-arc.forces.gc.ca/fr/centre-guerre-aerospatiale-fc/doctrine/b-ga-400-000-fp-000.page>.



61. Ken Pennie, « La transformation de la Force aérienne du Canada : des vecteurs pour l'avenir », *Revue militaire canadienne*, vol. 5, n° 4, hiver 2004-2005, consulté le 14 août 2018, <http://www.journal.forces.gc.ca/vo5/no4/doc/5-4-07-fra.pdf>.
62. T. F. J. Leversedge, « Alternative Strategic Vectors for Canada's Air Force », Collège des Forces canadiennes, mai 2004, consulté le 14 août 2018, <http://www.cfc.forces.gc.ca/259/281/276/leversedge.pdf>.
63. L'évaluation sommaire de Pennie est illustrée plus en détail dans les figures des appendices A et F du cadre de capacité aérospatiale (directeur général – Développement de la Force [Air], 2003); Pennie, *La transformation de la Force aérienne du Canada*, p. 39.
64. « Point de mire : Stratégie de la Marine pour 2020 » publié en juin 2001, et « Engagés, vers l'avant – La Stratégie de l'Armée de terre » a été publié en mai 2002.
65. Les documents suivant sont inclus : « Vecteurs 2020 : évaluation stratégique de la Force aérienne » en 2000, qui traite de la redéfinition radicale du rôle pour un avenir durable; « Vecteurs stratégiques » en 2002, un projet de vision stratégique et de stratégie de transformation; « Cadre de capacité aérospatiale » en 2003, qui vise à offrir un plan stratégique pour l'avenir; et une introduction à la force aérienne intitulée « La Force aérienne canadienne, une institution essentielle à la sécurité nationale » en 2004.
66. Leversedge rapporte que jusqu'en 2004, les efforts de la Force aérienne consacrés au développement de la doctrine avaient chuté et correspondaient à deux ou trois équivalents temps plein, moins que ce qui est investi dans le soutien au développement de la doctrine terrestre ou maritime (Leversedge, 2004).
67. Leversedge, « Alternative Strategic Vectors for Canada's Air Force ».
68. Murray Dixon, communication personnelle, 2016.
69. Canada, MDN, « Stratégie de défense Le Canada d'abord », 2008.
70. Paul Dickson, *AF Strategic Framework Concept, Principles and Products*, Ottawa, 4 novembre 2011.
71. Canada, MDN, Aviation royale canadienne, (ARC) « L'Aviation royale canadienne – Directive sur les concepts futurs », Documents d'orientation – Stratégie de l'ARC, 27 janvier 2016, p. iii, consulté le 14 août 2018, [http://rcaf.mil.ca/assets/RCAF\\_Intranet/docs/fr/d-air-plans/left-nav/20160527-u-cde-rcaf-fcd-fre-final-with-sig.pdf](http://rcaf.mil.ca/assets/RCAF_Intranet/docs/fr/d-air-plans/left-nav/20160527-u-cde-rcaf-fcd-fre-final-with-sig.pdf).
72. Canada, MDN, ARC, *Vecteurs de la Force aérienne*, Documents d'orientation – Stratégie de l'ARC, 1<sup>er</sup> mars 2012, consulté le 14 août 2018, [http://rcaf.mil.ca/assets/RCAF\\_Intranet/docs/fr/d-air-plans/airforce-vectors/vfa-full-fr.pdf](http://rcaf.mil.ca/assets/RCAF_Intranet/docs/fr/d-air-plans/airforce-vectors/vfa-full-fr.pdf).



73. Voici les titres des principaux processus définis dans *Vecteurs de la Force aérienne* : Perfectionnement professionnel; Commandement de la puissance aérienne; Mise sur pied de la puissance aérienne des Forces canadiennes; Assurer et évaluer la disponibilité opérationnelle de la force; Développer et innover la puissance aérienne; Gestion des ressources.
74. Canada, MDN, ARC, *Plan de campagne de l'ARC v.2.0*, Documents d'orientation – Stratégie de l'ARC, 16 novembre 2015, consulté le 14 août 2018, <http://rcaf.mil.ca/fr/d-air-rdns-plns/campaign-plan/campaign-plan-home-fr.page>.
75. Canada, MDN, ARC, *Plan de campagne de l'ARC v.2.0*.
76. Canada, MDN, ARC, « L'Aviation royale canadienne – Directive sur les concepts futurs », 2016.
77. Canada, MDN, ARC, « L'Aviation royale canadienne – Directive sur les concepts futurs », 2016, p. 1-3.
78. Canada, MDN, ARC, « L'Aviation royale canadienne – Directive sur les concepts futurs », 2016.
79. Dickson, « AF Strategic Framework Concept, Principles and Products ».
80. Brad Gladman, Bruce Chapman, et Andrew Billyard, *The Development of a Future Air Operating Concept: Proposed Process and Example*, Ottawa, DRDC-RDDC-2017-R043, 2017.
81. Canada, Fiche 5790 de la BTD, « Élément primaire de la structure employée par le personnel de l'État-major de la Défense nationale pour le développement des forces et la planification de la structure des forces ».
82. Canada, Fiche 42611 de la BTD, « Personnel, recherche et développement, infrastructure et organisation, concepts, doctrine et instruction collective, gestion de l'information et équipement, approvisionnements et services ».
83. La concurrence pour les projets dont les coûts d'acquisition dépassent 5 M\$ a lieu dans le cadre de l'examen du plan de programme d'immobilisations. Voir page 101.
84. Bruce Chapman, « A Proposed Force Development Process for the Royal Canadian Air Force », Ottawa, CFAWC work-in-progress. Présentation à l'état-major central du DF le 28 juin 2016.
85. Canada, MDN, ARC, *Vecteurs de la Force aérienne*, p. 3.
86. Canada, MDN, Chef – Développement des forces, *Manuel de planification fondée sur les capacités*.



87. Canada, MDN, Chef – Développement des forces, *Manuel de planification fondée sur les capacités*.
88. Bruce Chapman, communication personnelle, 27 juin 2016.
89. Christopher et coll., *Strategic Capability Roadmap*.
90. Kin Choi, communication personnelle, 17 février 2016.
91. Canada, Gouvernement du Canada, « Politique sur les résultats », Secrétariat du Conseil du Trésor du Canada, 1<sup>er</sup> juillet 2016, consulté le 14 août 2018, <https://www.tbs-sct.gc.ca/pol/doc-fra.aspx?id=31300>.
92. Chad Young, « Program Foundations for the Defence's new Program Alignment Architecture », 2014, consulté le 14 août 2018, <http://pubs.drdc-rddc.gc.ca/BASIS/pcandid/www/engpub/DDW?W%3DSYSNUM=803341&r=0>.
93. Le portefeuille stratégique est un terme général par nécessité. Les activités de recrutement et de formation ciblent le portefeuille stratégique associé au personnel militaire, car cela permet d'ajouter de la valeur sous la forme de membres à haut potentiel et de connaissances, compétences ou valeurs militaires, respectivement. Les activités de maintenance ciblent les portefeuilles stratégiques associés à l'équipement et aux biens immobiliers en ajoutant de la valeur sous forme de facilité d'utilisation et de disponibilité.
94. Justin Trudeau, premier ministre du Canada, *Lettre de mandat du ministre de la Défense nationale*, 12 novembre 2015, consulté le 14 août 2018, <https://pm.gc.ca/fra/lettre-de-mandat-du-ministre-de-la-defense-nationale>.
95. P.K. Davis, *Analytic Architecture for CapabilitiesBased Planning, MissionSystem Analysis, and Transformation*.
96. Chad Young, « Linking Various Concepts to the PAA: An Informal Discussion », 2015.
97. Pour une description concise de chaque sous-sous-programme, voir le rapport scientifique de Chad Young : [http://cradpdf.drdc-rddc.gc.ca/PDFS/unc220/p803341\\_A1b.pdf](http://cradpdf.drdc-rddc.gc.ca/PDFS/unc220/p803341_A1b.pdf). Le tableau de l'AAP peut être obtenu à [http://vcds.mil.ca/sites/CProg/Resources/DDFP%20files/PAA%20Structure%202015\\_16%20FR.pdf](http://vcds.mil.ca/sites/CProg/Resources/DDFP%20files/PAA%20Structure%202015_16%20FR.pdf). Le résumé de l'AAP initiale de Chad Young peut être obtenu à <http://collaboration-admpa.forces.mil.ca/sites/DI/Gestion%20ministrielle/org-introduction-à-l'aap-2014.doc>. Pour plus de contexte, voir <http://intranet.mil.ca/fr/gestion-ministerielle/org-architecture-alignement.page>.





## Lectures complémentaires

CANADA. MINISTÈRE DE LA DÉFENSE NATIONALE. *Force Capability Guidance 2013*.

CANADA. MINISTÈRE DE LA DÉFENSE NATIONALE. « Organigrammes du Quartier général de la Défense nationale (QGDN) et des Forces armées canadiennes (FAC) ». *Intranet de l'Équipe de la Défense*, juillet 2016. Consulté le 21 novembre 2018, <http://intranet.mil.ca/fr/gestion-ministerielle/org-organigramme.page>.

CANADA. MINISTÈRE DE LA DÉFENSE NATIONALE. DIRECTEUR – INTÉGRATION DES CAPACITÉS. *Rapport final sur la planification fondée sur les capacités*, chef – Développement des Forces, 2012.

ENGLISH, Allan. « Retour au futur : sommes-nous à la veille du renouveau de la Réserve aérienne? », *Revue militaire canadienne*, 2006. Consulté le 21 novembre 2018, <http://www.journal.forces.gc.ca/vo7/no3/views-vues-01-fra.asp>.

JOINT SYSTEMS AND ANALYSIS GROUP, TECHNICAL PANEL 3. *Guide to Capability-Based Planning*, TTCP: The Technical Cooperation Program, 2004. Consulté le 12 août 2016, <http://www.acq.osd.mil/ttcp/reference/docs/JSA-TP-3-CBP-Paper-Final.doc>.

LESLIE, Lieutenant-général Andrew. *Rapport sur la transformation 2011*, 2011. Consulté le 21 novembre 2018, <http://www.forces.gc.ca/en/about-reports-pubs/transformation-report-2011.page#a7>.

LESLIE, Lieutenant-général Andrew. « Replacing Canada's CF-18 Fleet ». *National Defence and the Canadian Armed Forces*. Octobre 26. Consulté le 14 novembre 2016, <http://www.forces.gc.ca/en/business-equipment/next-gen-fighter.page> [site fermé].

OFFIONG, Jason, Doug HALES et Barry RICHARDS. *Operational Research Support to the Army Sustainability Exercise: Project Report ORD-PR-2001-21*, Rapports de recherches pour la défense, 1<sup>er</sup> novembre 2001. Consulté le 21 novembre 2018, <http://pubs.drdc-rddc.gc.ca/BASIS/pcandid/www/engpub/DDW?W%3DSYSNUM=517047&r=0>.

SHAPIRO, Fred. *Freakonomics Blog*, 13 août 2009. Consulté le 21 novembre 2018, <http://freakonomics.com/2009/08/13/quotes-uncovered-who-said-no-crisis-should-go-to-waste/>.

TAYLOR, Ben. *Analysis Support to Strategic Planning*, rapports de recherche pour la défense, 1<sup>er</sup> juin 2013. Consulté le 21 novembre 2018, <http://pubs.drdc-rddc.gc.ca/BASIS/pcandid/www/engpub/DDW?W%3DSYSNUM=801995>.

TAYLOR, Ben. Conversation privée, 26 juillet 2016.

« Force Element Group. » *Wikipedia*. Consulté le 21 novembre 2018, [https://en.wikipedia.org/wiki/Force\\_Element\\_Group](https://en.wikipedia.org/wiki/Force_Element_Group).





**Étude de cas sur l'estimation du coût d'achat  
des aéronefs : coût unitaire récurrent de sortie  
d'usine de l'avion d'attaque interarmées F-35A**

Bohdan L. Kaluzny

---



# CH05 Table des matières

Résumé .....	145
Introduction.....	145
Contexte .....	145
Objectif.....	148
Aperçu .....	148
Données et hypothèses .....	149
Méthode.....	150
Modèle axé sur l'incidence de la quantité .....	150
Modèle de régression multivariée non linéaire .....	152
Application du modèle .....	153
Incidence de la quantité selon les projections du coût du F-35A du JPO.....	153
Estimation indépendante du CURSU moyen .....	155
Estimation du coût du système de propulsion F135 .....	156
Estimation du coût de l'aéronef F-35A.....	157
Estimation du coût du F-35A (aéronef et système de propulsion) .....	159
Analyse du risque et de l'incertitude .....	160
Incertitude liée au modèle .....	160
Incertitudes liées au coefficient de la réduction du coût et au coefficient du taux de production.....	161
Risque de retrait de participants étrangers .....	162
Conclusion.....	164
Appendice A.....	166
Théorie.....	166
Historique des courbes d'apprentissage .....	166
Courbes d'apprentissage selon le point milieu du lot .....	167
Effet du taux de production .....	168
Abréviations .....	169
Notes .....	170
Lectures complémentaires.....	172



## Résumé

L'objectif du Projet de capacité future d'avions de chasse (PCFAC) du ministère de la Défense nationale (MDN) est de remplacer la flotte de CF18 à sa mise hors service. L'aéronef Lightning II F-35A de Lockheed Martin, aussi appelé variante de l'avion d'attaque interarmées (JSF) à décollage et à atterrissage classiques (CTOL) fait partie des options envisagées. En tant que signataire du protocole d'entente sur la production, le soutien et le développement subséquent du JSF, le MDN est régulièrement informé des dernières projections sur le coût unitaire récurrent de sortie d'usine (CURSU) du chasseur interarmées F-35A par le Bureau du Programme de JSF (JPO) des États-Unis. Cependant, le MDN n'avait pas la capacité de produire une estimation indépendante ni une analyse de sensibilité. Reconnaissant cette lacune, Recherche et développement pour la défense Canada (RDDC) a mis au point un modèle d'estimation du CURSU du F-35A. La méthode d'estimation du coût repose sur un modèle axé sur l'*incidence de la quantité* utilisé par la RAND Corporation. Celui-ci tient compte à la fois de l'effet de réduction du coût et de l'effet du taux de production. Ce modèle a servi à :

- reproduire par ingénierie inverse les projections de coût du JPO en vue de déterminer la courbe d'apprentissage et la courbe de production les mieux ajustées;
- produire une projection secondaire indépendante du CURSU pour la production de futurs lots de F-35A en fonction des dernières données empiriques sur le coût (tirées des lots de F-35A achevés ou partiellement achevés);
- déterminer la sensibilité du coût aux changements de la variation des effets de la quantité (apprentissage);
- déterminer la sensibilité du coût à la variation du nombre d'unités produites.

Le modèle a permis au MDN de faire une étude approfondie des estimations de coût réalisées par le JPO et il a facilité l'analyse de la sensibilité, lui permettant notamment d'estimer l'incidence financière, pour le Canada, de l'annulation ou de la réduction potentielle des commandes de F-35A de certains partenaires étrangers.

## Introduction

### Contexte

L'objectif du Projet sur la capacité future d'avions de chasse (PCFAC) du ministère de la Défense nationale (MDN) est de remplacer la flotte de CF18 lorsqu'elle sera mise hors service, de façon à maintenir la capacité de chasseurs pilotés à des fins de défense du Canada et de l'Amérique du Nord et dans le cadre d'opérations expéditionnaires collectives auxquelles prennent part les Forces armées canadiennes (FAC). L'aéronef Lightning II F-35A de Lockheed Martin, aussi appelé avion d'attaque interarmées (JSF) à décollage et à atterrissage classiques (CTOL) fait partie des options envisagées. Le chasseur interarmées F-35 est un aéronef de combat furtif supersonique multirôle à un seul moteur



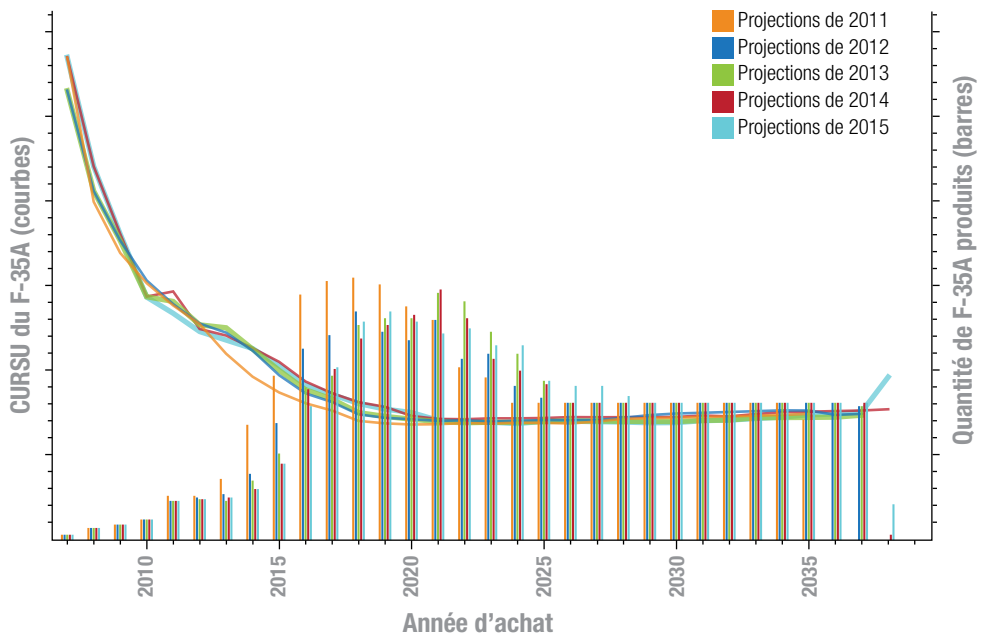
qui se décline en trois variantes : une variante CTOL, le F-35A (voir la figure 1); une variante pour porte-aéronefs, le F-35C; une variante à décollage court et à atterrissage vertical (STOVL), le F-35B. On prévoyait fabriquer plus de 3 000 avions d'attaque interarmées F-35 destinés aux États-Unis et à ses partenaires internationaux, dont, potentiellement, le Canada. Pratt & Whitney fabrique le moteur F135, tandis que Lockheed Martin Corporation fabrique le véhicule aérien et assure l'assemblage final (système du véhicule aérien et moteur). En 2001, le programme du F-35 est entré dans sa phase de développement et de démonstration des systèmes (SDD) d'une durée de 10 ans; 22 aéronefs d'essai ont été fabriqués<sup>1</sup>. La fabrication de la première série limitée (PSL)<sup>2</sup> a commencé en 2007.



Photo : US Air Force ([www.af.mil](http://www.af.mil))

**Figure 1. F-35A, variante CTOL, de Lockheed Martin<sup>3</sup>**

En tant que signataire du protocole d'entente sur la production, le soutien et le développement subséquent du JSF<sup>4</sup> conclu en 2006, le Canada est régulièrement informé par le JPO des dernières projections sur le coût unitaire récurrent de sortie d'usine (CURSU) du F-35A (le prix que le Canada aurait à payer). La figure 2 illustre l'évolution des projections du coût faites par le JPO de 2011 à 2015; on y voit les courbes correspondant au CURSU et le taux de production du F-35A CTOL, selon les projections du JPO. Le CURSU d'un aéronef correspond au coût d'achat de l'aéronef (y compris les coûts connexes d'administration, de matériel, de la cellule, des systèmes du véhicule, des systèmes de mission, du système de propulsion et des demandes de modification technique) au moment de la sortie de l'usine (il ne tient donc pas compte du coût des pièces de rechange, de l'équipement de soutien ni d'autres éléments semblables). Les montants ont été masqués étant donné la nature sensible des données.



**Figure 2. Profils de production et projections du coût pour le F-35A CTOL, selon le JPO (2011 à 2015)**

Le coût du programme de F-35 est présenté comme son principal avantage. Il devait être gardé bas grâce à un taux particulièrement élevé de pièces et de systèmes communs aux trois variantes de l'aéronef, et le temps de production devait être substantiellement réduit au moyen de méthodes d'assemblage rationalisées. En théorie, des commandes de grandes quantités étalées sur plusieurs années devaient permettre d'accumuler de l'expérience en produisant le même système année après année, et de réduire le coût unitaire. C'est ce qu'on nomme l'effet de réduction du coût. On tablait également sur un deuxième facteur, l'effet du taux de production. Il s'agit de l'incidence de la variation de la quantité d'aéronefs produits au cours d'une année (ou d'une période) donnée. Un taux de production élevé doit vraisemblablement permettre de réduire le prix unitaire grâce aux gains d'efficacité opérationnelle et à la répartition des coûts fixes parmi un plus grand nombre d'unités. Jusqu'en 2011, le Canada se fait uniquement aux projections du coût produites par le JPO des É.-U. Par la suite, RDDC a donné au MDN le moyen de modéliser indépendamment le CURSU moyen des aéronefs F-35A CTOL que devrait payer le Canada. La méthode d'estimation du coût dont il est question ici repose sur un modèle axé sur l'incidence de la quantité utilisé par la RAND Corporation. Celui-ci tient compte à la fois de l'effet de réduction du coût et de l'effet du taux de production<sup>5</sup>. Le modèle a servi à :

- reproduire par ingénierie inverse les projections de coût du JPO en vue de déterminer la courbe d'apprentissage et la courbe de production les mieux ajustées;



- produire une projection secondaire indépendante du CURSU pour la production de futurs lots de F-35A en fonction des dernières données sur l'estimation du coût à l'achèvement (ECA), lesquelles sont fondées sur les données empiriques des lots de F-35A achevés ou partiellement achevés de la première série limitée.

Dans le cadre de la réponse globale du gouvernement du Canada au chapitre 2 du rapport du printemps 2012 du Bureau du vérificateur général du Canada, le MDN, par l'entremise du Secrétariat national d'approvisionnement en chasseurs (SNAC), fournit au Parlement des mises à jour annuelles sur les prévisions du coût de l'avion d'attaque interarmées F-35A. Le MDN utilise le modèle mis au point par RDDC pour actualiser les estimations de coût dans les mises à jour annuelles à l'intention du gouvernement.

## Objectif

L'objectif du présent chapitre est d'expliquer le modèle d'estimation du CURSU du F-35A CTOL mis au point par RDDC et de montrer comment celui-ci a servi à produire des estimations secondaires indépendantes, à reproduire par ingénierie inverse les projections du coût faites par le JPO et à effectuer des analyses de sensibilité. Les modèles ont permis au bureau du Projet sur la capacité future d'avions de chasse d'étudier en profondeur les projections du coût effectuées par le JPO et d'étayer les estimations du MDN. Ils ont aussi été utilisés pour effectuer des analyses de sensibilité, par exemple pour déterminer l'incidence financière que subirait le Canada dans l'éventualité où des partenaires étrangers annulaient ou réduisaient leurs commandes de F-35. Pour des questions de rigueur et de validation, les méthodes et les données utilisées ont été présentées en détail dans les rapports d'origine<sup>6</sup>. Cependant, les données et les résultats spécifiques ont été masqués dans le présent chapitre étant donné leur nature sensible<sup>7</sup>. L'omission de ces renseignements ne devrait pas nuire à l'objectif du chapitre, qui consiste à présenter au lecteur les modèles et analyses que les décideurs du MDN ont utilisés pour étudier les projections de coût établies par le JPO et fournir des mises à jour fiables au Parlement. Une version semblable de ces travaux a été faite lors d'une présentation effectuée à l'occasion d'une conférence de la Society of Cost Estimation and Analysis et de l'International Society of Parametric Cost Analysis (à Albuquerque, Nouveau-Mexique) en 2011; son contenu a subséquentement été publié dans les comptes rendus de la conférence.

Le CURSU n'est qu'un des éléments du coût d'acquisition d'un aéronef, lequel n'englobe lui-même qu'une partie des coûts associés au cycle de vie d'un programme. RDDC a aidé le MDN et le SNAC à définir et à modéliser le coût du cycle de vie. De plus amples détails et des renvois à d'autres documents de référence se trouvent dans les mises à jour annuelles du SNAC destinées au Parlement. Le lecteur intéressé par l'histoire politique du programme de remplacement de la flotte canadienne de CF18 peut consulter l'article de M. Shimooka paru en septembre 2016 dans les *Cahiers Vimy* de l'Institut de la Conférence des associations de la défense (CAD)<sup>8</sup>.

## Aperçu

Les données utilisées et les principales hypothèses sous-tendant les modèles sont décrites à la section 2. La section 3 présente le modèle axé sur l'incidence de la quantité convenant à la projection du coût





du F-35A (voir l'appendice A pour de plus amples détails sur la théorie mathématique des courbes d'apprentissage, sur laquelle est fondé le modèle axé sur l'incidence de la quantité). La section 4 décrit la façon dont le modèle a été appliqué aux données sur le F-35A et au profil de production prévu, de façon à déterminer par ingénierie inverse les paramètres de l'incidence de la quantité et à produire une estimation indépendante du CURSU moyen du F-35A pour le Canada. La section 5 explique comment le modèle a été utile pour analyser le risque et l'incertitude.

## Données et hypothèses

En 2016, Lockheed Martin Corporation avait achevé, partiellement achevé ou entamé 10 lots de production. Le JPO a transmis au MDN le taux d'achèvement et l'estimation du coût à l'achèvement (ECA) unitaire sortie d'usine pour les lots de la première série limitée, et ce pour les composantes de l'aéronef (cellule, systèmes de mission et systèmes de véhicule) et les composantes du système de propulsion. Le JPO a calculé l'ECA en fonction des coûts de production empiriques enregistrés à ce jour; il s'agit de l'approximation la plus juste du coût de production réel de chaque lot. Ce coût n'est pas équivalent au coût de règlement, car il tient compte de tous les dépassements de coûts. De plus, les estimations du coût à l'achèvement indiquées comprennent les frais liés aux programmes d'encouragement de l'entrepreneur, le cas échéant.

Le JPO a aussi transmis au MDN les plus récentes prévisions de profils de production de l'avion d'attaque interarmées. Ces données indiquent le nombre de F-35A que les participants étrangers comptent acheter par année (de 2007 à 2038). On estime à deux ans le délai entre la date d'achat indiquée et la livraison. Pour chaque année, les données comprennent le nombre total d'unités devant être achetées (taille du lot) et le CURSU moyen<sup>9</sup> prévu par le JPO en millions de dollars américains de l'année budgétaire (\$ US AB). Le coût indiqué correspond au coût moyen différentiel du lot, soit le coût total de fabrication du lot divisé par le nombre d'unités produites dans ce lot<sup>10</sup>. À partir de ces données, il est possible d'additionner les produits des quantités et des estimations du coût déterminées par le JPO, ainsi que de calculer le CURSU moyen en divisant le coût total par la quantité totale d'unités.

Certaines hypothèses simplificatrices ont dû être posées vu les données limitées dont disposait RDDC :

- Seul le CURSU du F-35A CTOL est examiné et estimé. Il ne tient pas compte des modifications qui pourraient être apportées à un sous-ensemble d'aéronefs (p. ex. installation d'un parachute de freinage).
- Seules les données sur le F-35A CTOL (quantités et coût de production) sont prises en considération. Les profils de production du JPO prévoient la production d'un certain nombre d'appareils de la variante pour porte-aéronefs F-35C et de la variante à décollage court et à atterrissage vertical F-35B. Ces deux variantes représentent près de 30 % du total de la production prévue de F-35. Toutes les variantes sont censées avoir un très grand degré de pièces communes. Le CURSU du F-35A pourrait être plus bas si l'on tenait compte des quantités de F-35B et de F-35C à produire. Cependant, on peut aussi supposer que la nécessité de modifier la chaîne de production d'une variante à l'autre aura aussi un effet à la hausse sur le prix.



- Comme le système de propulsion des F-35C sera complètement identique à celui des F-35A, la quantité de F-35C prévue a été prise en considération pour estimer le coût du système de propulsion.
- Le modèle axé sur l'incidence de la quantité qui a servi à préparer une estimation de base du coût est en grande partie fondé sur l'hypothèse que l'expérience acquise dans la production d'un même système au fil du temps permettra de réduire le coût unitaire. Les modifications, prévues ou non, apportées à la conception ou aux caractéristiques techniques, pourraient invalider une partie de l'expérience acquise. Idéalement, la phase du développement et de la mise à l'essai du système serait terminée. Le JPO a confirmé que les estimations du coût à l'achèvement ne tiennent pas compte des coûts de développement et de mise à l'essai. Par contre, elles tiennent compte des coûts de rattrapage potentiels (p. ex., coûts d'enlèvement et de remplacement de composantes).
- Une autre hypothèse importante du modèle axé sur l'incidence de la quantité est que les tendances observées dans le coût de production des lots de première série limitée se poursuivront dans la production des lots futurs. On suppose donc que la tendance de réduction de coût (courbe d'apprentissage) observée dans la production des trois premiers lots perdurera (extrapolation).
- Étant donné le caractère limité du jeu de données, il a parfois été nécessaire, pour confirmer la validité des modèles mathématiques, de recourir à des données historiques sur les coefficients de production et de courbe d'apprentissage dans la production d'aéronefs militaires aux É.-U.

## Méthode

L'avantage sur le plan du coût est une des caractéristiques fondamentales du Programme de chasseur interarmées, et cet avantage doit être réalisé en partie grâce à la grande quantité d'aéronefs produits. En théorie, les grandes quantités commandées au fil du temps doivent permettre d'accumuler de l'expérience en production et de réduire le coût unitaire; c'est ce qu'on appelle l'*effet de réduction du coût*<sup>11</sup>. On table également sur un deuxième facteur, l'*effet du taux de production*, qui est attribuable à la variation du nombre d'aéronefs produits au cours d'une année (ou d'une période) donnée. Une production volumineuse doit théoriquement mener à une réduction du prix unitaire grâce aux gains d'efficacité opérationnelle et à la répartition des coûts fixes parmi un plus grand nombre d'unités.

La théorie sous-tendant les modèles axés sur l'effet de réduction du coût et l'effet du taux de production est abordée en détail à l'appendice A. Cependant, le lecteur peut passer directement à l'examen du modèle mathématique utilisé pour estimer le CURSU sans craindre de perdre le fil.

## Modèle axé sur l'incidence de la quantité

Le *modèle axé sur l'incidence de la quantité*, selon la définition de la RAND Corporation<sup>12</sup>, combine la courbe de réduction du coût et la courbe du taux de production.

$$LAC_i = T_1 \times [\bar{Q}_i(b)]^b \times r_i^c \quad (1)$$

où



- $LAC_i$  correspond au coût différentiel moyen de l'aéronef, soit le coût de l'aéronef situé au point milieu du lot de production  $i$ .
- $T_1$  correspond souvent au coût du premier aéronef produit. Cependant, ce paramètre est généralement estimé plutôt qu'observé. Il correspond au coût de production de la première unité en fonction d'un coefficient de taux de production de 1.
- $\tilde{Q}_i(b)$  correspond au point milieu de la production du lot  $i$ . Cependant, il ne s'agit pas simplement de l'unité médiane du nombre d'aéronefs produits, mais plutôt du point vraisemblablement fractionnaire auquel la moitié du coût total du lot aura été observée.
- $b$  correspond au coefficient de la réduction du coût, et  $2^b$ , au coefficient de la réduction du coût en pourcentage;
- $r_i$  correspond au taux de production, soit, par approximation, le nombre d'aéronefs produits dans le lot  $i$ ;
- $c$  correspond au coefficient du taux de production, et  $2^c$ , au coefficient du taux de production en pourcentage.

En 2008, la RAND Corporation s'est servie du modèle axé sur l'incidence de la quantité dans une étude menée pour le compte de la US Air Force et de la US Navy en vue de déterminer les causes de l'escalade du coût des aéronefs à voilure fixe<sup>13</sup>. Les chercheurs de la RAND Corporation ont étudié l'effet de réduction du coût (RC) et l'effet du taux de production (TP) dans 24 programmes d'aviation militaires dans lesquels il y a avait au moins cinq achats par année et où la corrélation entre l'unité du point milieu du lot et la taille du lot était inférieure à 0,6 (valeur absolue). Les chercheurs ont omis les systèmes où le coefficient de corrélation était plus élevé, pour éviter que ce coefficient puisse fausser les résultats statistiques. Le jeu de données restreint comprend divers programmes de l'Air Force et de la Navy des 50 dernières années, concernant entre autres des avions de combat, des avions-cargos, des avions de guerre électronique, des avions de patrouille et des avions d'entraînement. Le tableau 1 résume les conclusions de la RAND Corporation (les données sont non disponibles [n. d.] pour certains champs).

	Aéronefs militaires	Chasseurs à réaction
Coefficient moyen de RC (%)	0,97	0,93
Écart-type du coefficient de RC en %	0,13	n. d.
Coefficient moyen du TP (%)	0,89	0,78
Écart-type du coefficient du TP en %	0,23	n. d.
Nombre d'aéronefs	24	6

**Tableau 1. Données historiques sur les coefficients de la réduction du coût et du taux de production, en pourcentages**



La RAND Corporation a aussi analysé les données historiques sur l'effet du taux de production pour les variantes du système de propulsion F100 (100/-200 et -229) des chasseurs à réaction F-15 et F-16. Selon ses résultats, le coefficient moyen du TP se situe à 97 %<sup>14</sup>.

La RAND Corporation a aussi utilisé le même modèle axé sur l'incidence de la quantité en 2007 dans le cadre d'une étude menée pour le US Office of the Secretary of Defense, en vue d'évaluer les économies réalisées grâce à des contrats pluriannuels concernant le F-22A Raptor<sup>15</sup>. L'un des objectifs de recherche consistait à estimer le coefficient de la réduction du coût et celui du taux de production pour le F-22A au moyen de l'équation (1). Cependant, les données empiriques de production du F-22A ont montré que la corrélation entre le taux de production et la valeur de l'unité au point milieu était tellement forte qu'il a été jugé impossible d'utiliser des analyses multivariées pour déterminer de façon simultanée le coefficient du taux de production et le coefficient de la réduction du coût. Pour surmonter cette difficulté, les chercheurs de la RAND Corporation ont utilisé les pourcentages moyens des coefficients du taux de production fondés sur les données historiques pour les avions (89 %) et pour le système de propulsion (97 %)<sup>16</sup>.

### Modèle de régression multivariée non linéaire

Pour déterminer l'incidence de la quantité dans le cadre de la production du F-35A, un modèle de régression multivariée non linéaire fondé sur l'équation (1) a été utilisé. Il prend la forme suivante :

$$\text{où} \quad \text{Ln}(LAC_i) = \text{Ln}(T_1) + b \times \text{Ln}(\bar{Q}_i(b)) + c \times \text{Ln}(r_i) + \varepsilon_i \quad (2)$$

$$\bar{Q}_i(b) = \left( \frac{[(Q_i + 0.5)^{1+b} - (Q_{i-1} + 0.5)^{1+b}]^{\frac{1}{b}}}{(1+b) \times (Q_i - Q_{i-1})} \right) \quad (3)$$

et  $T_1$ ,  $b$  et  $c$  sont des paramètres qui doivent être estimés;  $\varepsilon_i$  est le terme d'erreur. La dérivation du point milieu du lot,  $\bar{Q}_i(b)$ , est décrite à l'appendice A. En combinant les équations (2) et (3), on réduit la régression à la formule suivante :

$$\text{Ln}(LAC_i) = \text{Ln}(T_1) - \text{Ln}(1+b) - \text{Ln}(Q_i - Q_{i-1}) + \text{Ln} \left( (Q_i + 0.5)^{1+b} - (Q_{i-1} + 0.5)^{1+b} \right) + c \times \text{Ln}(r_i) + \varepsilon_i. \quad (4)$$

Pour obtenir l'équation (2), on ajoute un terme d'erreur au logarithme naturel de l'équation (1). La transformation logarithmique du modèle d'estimation du coût moyen par lot permet de présenter l'incertitude de la prévision produite par le modèle sous forme de distribution log-normale. Cette dernière correspond à la distribution des probabilités d'une variable aléatoire dont le logarithme suit une distribution normale. La transformation logarithmique est souvent utilisée pour des données positives, et le domaine de la distribution log-normale (de zéro à l'infini) convient mieux à la modélisation du coût que la distribution normale, dont le domaine comprend les nombres négatifs. La majorité des estimations du coût des programmes d'acquisition de systèmes d'armements modélisés par le US Deputy Assistant Secretary of the Navy (Cost & Economics) suivent une distribution log-normale, souvent désaxée vers la droite<sup>17</sup>.



## Application du modèle

Au moyen du modèle axé sur l'incidence de la quantité construit à la section 3, une analyse de régression a donné les résultats qui suivent.

- La section « Incidence de la quantité selon les projections du coût du F-35A du JPO » montre qu'il est possible d'ajuster le modèle axé sur l'incidence de la quantité à l'ensemble du profil de planification et des projections du coût du JPO, de façon à calculer l'effet de réduction du coût et l'effet du taux de production les plus probables (statistiquement) selon les prévisions du JPO.
- La section « Estimation indépendante du CURSU moyen » décrit la manière dont on peut ajuster le modèle axé sur l'incidence de la quantité aux estimations du coût à l'achèvement des lots de première série limitée achevés ou partiellement achevés. Les modèles ajustés permettent d'estimer le coût des futurs lots de F-35A, notamment le CURSU moyen que devrait payer un pays participant.

### Incidence de la quantité selon les projections du coût du F-35A du JPO

Il est possible de déterminer l'incidence de la quantité sur la production du F-35A en appliquant le modèle de régression multivariée non linéaire de l'équation (4) au jeu de données complet du JPO. Par exemple, on a ajusté la courbe de l'incidence de la quantité selon les données de projection du coût du JPO disponibles en 2011 pour tous les lots prévus de 2007 à 2035. Pour chaque lot  $i = 1 \dots 29$ ,  $LAC_i$  a été remplacé par l'estimation du coût moyen par avion du JPO,  $Q_i$  a été remplacé par le numéro du premier avion du lot  $i$  dans la séquence de production selon les projections du JPO et  $r_i$  a été remplacé par la taille du lot.

La figure 3 illustre à la fois la projection du JPO (ligne pleine) et la courbe d'ajustement optimal de l'incidence de la quantité (ligne tiretée). Dans ce cas, la corrélation entre le point milieu du lot et le taux de production est à 0,31, donc inférieure au seuil de 0,6 fixé par la RAND Corporation, ce qui signifie qu'il devrait être possible d'obtenir des résultats statistiquement significatifs avec la courbe du taux de production et avec la courbe de réduction du coût. Les paramètres d'ajustement optimal sont :  $T_1 = 319,8$ ; un coefficient de la réduction du coût à 94 %; un coefficient du taux de production à 89 %. Le pourcentage du coefficient de la réduction du coût signifie que chaque fois que le nombre total d'avions produits double, le coût moyen est réduit (gains d'efficacité) de 6 %. Le pourcentage du coefficient du taux de production signifie que chaque fois que la taille du lot double, le coût moyen est réduit (gains d'efficacité) de 11 %. Le tableau 2 indique l'intervalle de confiance, l'erreur-type et le résultat des tests statistiques ( $R^2 = 0,9999$ ) pour chacun des paramètres. Selon le profil d'achat prévu pour le Canada à l'époque, le CURSU moyen calculé selon le modèle axé sur l'incidence de la quantité se situe à moins de 1 % de l'estimation du JPO.

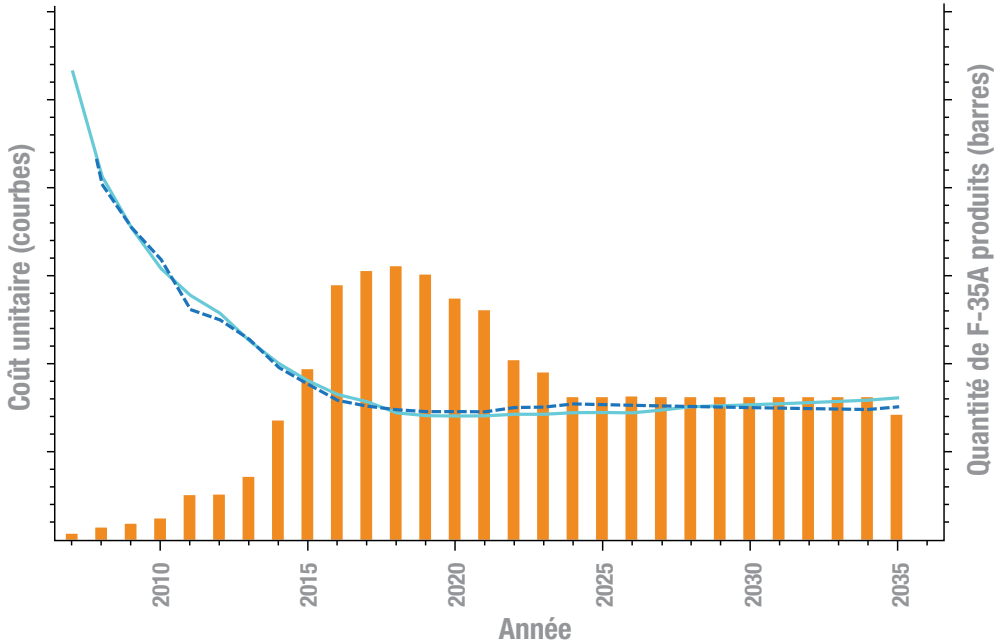


Figure 3. Courbe d'incidence de la quantité (ligne tiretée) ajustée aux projections du coût du F-35A CTOL du JPO (ligne pleine)

Paramètre	Estimation	Erreur-type	Intervalle de confiance à 95 %	Statistique <i>t</i>	Valeur <i>P</i>
$T_1$	319,8	10,7	(297,8, 341,8)	29,8	≈ 0
Coefficient de RC (%)	0,94	0,01	(0,93, 0,95)	162,9	≈ 0
Coefficient du TP (%)	0,89	0,01	(0,86, 0,91)	85,1	≈ 0

Tableau 2. Estimation des paramètres de la courbe de l'incidence de la quantité ajustée aux projections du coût du F-35A CTOL du JPO

Statistiquement, selon les pourcentages d'ajustement optimal des coefficients de la RC et du TP, le taux de production et la réduction de coût attribuable à l'apprentissage ont tous les deux une incidence sur le CURSU (estimé par le JPO) au cours de la période de production de 29 ans<sup>18</sup>. On remarque que le coefficient d'ajustement optimal du taux de production correspond au coefficient du taux de production historique calculé par la RAND Corporation, alors que le coefficient d'ajustement optimal de la réduction du coût attribuable à l'apprentissage est légèrement plus favorable que le coefficient historique (voir tableau 1).



Si le JPO a pu observer un effet d'apprentissage compatible avec un coefficient de la réduction du coût de 94 % dans les premiers lots de production, on peut tout de même penser qu'il est exagérément optimiste de s'attendre à ce que l'effet perdure à ce taux au cours des 29 années de la période de production. Selon Hartley<sup>19</sup>, les gains d'expérience se font à rendement décroissant, et il est concevable qu'ils cessent éventuellement, auquel cas la quantité moyenne de main-d'œuvre nécessaire pour produire un aéronef se stabiliserait. Étant donné la période de production prévue de plus de 30 ans pour l'avion d'attaque interarmées, il est plausible que les gains d'expérience finissent par atteindre un point de saturation<sup>20</sup>.

Afin d'approfondir l'analyse des coefficients de la réduction du coût et du taux de production fournis par le JPO, les modèles d'analyse de régression sur l'incidence de la quantité peuvent être ajustés à des sous-ensembles des profils de planification et des projections du coût indiqués par le JPO, p. ex. les 10 premiers lots ou les 19 premiers lots. L'idée serait d'estimer le coefficient de la réduction du coût et le coefficient du taux de production pour les premières années (plutôt que l'entièreté de la période de production de 29 ans). Comme le montrent les échantillons de résultats figurant au tableau 3, lorsqu'on applique l'hypothèse que les gains d'expérience seront surtout réalisés dans les premiers lots de production aux projections du JPO, les coefficients d'ajustement optimal de la courbe d'apprentissage se situent à 90 % et à 91 %, respectivement. Il convient de souligner qu'il existe une forte corrélation (supérieure au seuil de 0,6 suggéré par la RAND Corporation) entre le point milieu du lot et le taux de production lorsque seuls les 18 premiers lots ou moins sont pris en considération. Il y a donc un risque que les résultats de la régression portant sur les 10 premiers lots seulement ne soient pas statistiquement fiables (cependant, les résultats portant sur les 19 et les 29 premiers lots, eux, le sont).

	<b>Lots 1-10</b>	<b>Lots 1-19</b>
<b>Coefficient de RC (%)</b>	0,90	0,91
<b>Coefficient du TP (%)</b>	0,93	0,92
<b>Corrélation</b>	0,99	0,57

Tableau 3. Estimation des paramètres de la courbe de l'incidence de la quantité ajustée à des sous-ensembles des projections du coût du JPO pour le F-35A CTOL

### Estimation indépendante du CURSU moyen

Le profil de production et l'estimation du coût à l'achèvement (ajustée selon une même année de référence) pour les premiers lots achevés ou partiellement achevés sont les données auxquelles il est possible d'appliquer le modèle de régression axé sur l'incidence de la quantité pour estimer le coût des futurs lots, y compris ceux desquels des pays comme le Canada pourraient se procurer l'avion d'attaque à réaction F-35A. Idéalement, le modèle de régression axé sur l'incidence de la quantité devrait être utilisé pour estimer simultanément le coefficient du taux de production et celui de la réduction du coût. Cependant, selon les données empiriques limitées connues sur la production du F-35A (moins de 10 premières séries limitées), il existe une forte corrélation entre le taux de production et la valeur du point milieu du lot; cette méthode pourrait donc produire des résultats non valides, statistiquement.



La RAND Corporation s'est butée au même obstacle lorsqu'elle a appliqué le modèle axé sur l'incidence de la quantité aux données initiales sur la production du F-22A<sup>21</sup>. En vue d'augmenter le nombre de degrés de liberté du modèle, les chercheurs de la RAND Corporation ont rajusté le paramètre du taux de production,  $c$ , pour refléter le coefficient moyen du taux de production (89 %) historique des avions militaires américains (voir le tableau 1). De même, ils ont utilisé un coefficient du taux de production de 97 % pour estimer le coût du système de propulsion. Des modèles axés sur l'incidence de la quantité ont ensuite servi à déterminer les courbes de réduction du coût les mieux ajustées. La méthode de la RAND Corporation permet d'appliquer le modèle axé sur l'incidence de la quantité aux données du F-35A à plusieurs reprises pour déterminer les paramètres l'un après l'autre, comme suit.

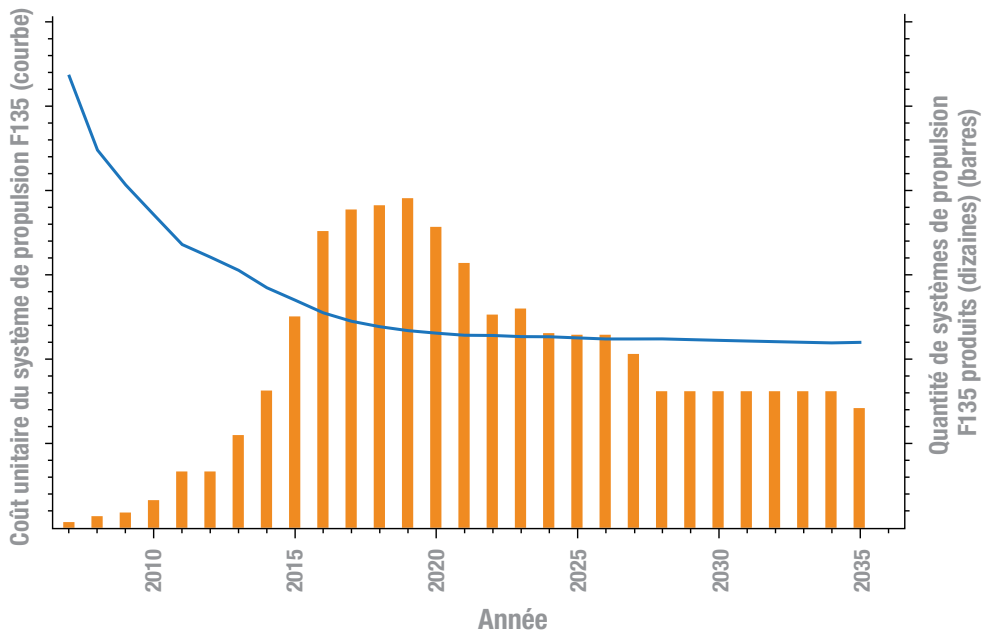
- En utilisant le coefficient moyen du taux de production historique, 97 %, comme coefficient du taux de production du système de propulsion.
- En utilisant le coefficient du taux de production historique observé pour les programmes d'avions militaires des États-Unis par les chercheurs de la RAND Corporation, 89 %, comme coefficient du taux de production de l'avion.
- En utilisant le coefficient du taux de production historique observé pour les programmes de chasseurs à réaction des États-Unis par les chercheurs de la RAND Corporation, 78 %, comme coefficient du taux de production de l'avion.
- En utilisant le coefficient de la réduction du coût historique observé pour les programmes d'avions militaires des États-Unis par les chercheurs de la RAND Corporation, 97 %, comme coefficient de la réduction du coût de l'avion.
- En utilisant le coefficient de la réduction du coût historique calculé à partir de l'examen des programmes de chasseurs à réaction des États-Unis par les chercheurs de la RAND Corporation, 93 %, comme coefficient de la réduction du coût de l'avion.

L'influence relative des données des premières séries limitées a été pondérée en fonction du taux d'achèvement de chacune pour estimer les paramètres au moyen du modèle de régression axé sur l'incidence de la quantité. Les résultats ci-dessous, générés à partir des données disponibles en 2011, sont fournis à titre d'exemple.

### Estimation du coût du système de propulsion F135

La figure 4 montre la courbe de l'incidence de la quantité sur le coût du système de propulsion obtenue dans le modèle de régression pondéré selon un coefficient du taux de production à 97 %. Le tableau 4 présente les estimations des paramètres (meilleure estimation, erreur-type et intervalle de confiance à 95 %) et les tests statistiques. Le coefficient de la réduction du coût qui en résulte est de 93 %. Fait intéressant, même si le système de propulsion F135 est une évolution du système de propulsion F119 (conçu pour le F-22), on observe bien un effet de réduction du coût selon les données initiales des premières séries limitées. Comme les variantes F-35A et F-35C utilisent le même système de propulsion, c'est la quantité de production totale de ces deux variantes qui a été utilisée pour estimer le coût du système de propulsion F135.





**Figure 4.** Courbe de l'incidence de la quantité ajustée en fonction de l'ECA du système de propulsion F135

Paramètre	Estimation	Erreur-type	Intervalle de confiance à 95 %	Statistique <i>t</i>	Valeur <i>p</i>
$T_1$	28,4	1,02	(15,5, 41,3)	27,9	0,023
Coefficient de la RC (%)	0,93	0,02	(0,74, 1,13)	60,8	0,010

**Tableau 4.** Estimation des paramètres de la courbe de l'incidence de la quantité ajustée en fonction de l'ECA du système de propulsion F135 produite par le JPO

### Estimation du coût de l'aéronef F-35A

La figure 5 montre quatre courbes de l'incidence de la quantité sur le coût de l'aéronef produites à partir de modèles de régression pondérés dans lesquels un des paramètres était défini. Le tableau 5 donne les estimations des paramètres selon chacun des quatre modèles utilisés et, le cas échéant, la meilleure estimation, l'erreur-type et l'intervalle de confiance à 95 %. Selon les courbes d'ajustement optimal obtenues, les coefficients de la réduction du coût se situent à 95 % (TP à 89 %) et à 103 % (TP à 78 %), et les coefficients du taux de production, à 86 % (RC à 97 %) et à 91 % (RC à 93 %). Des quatre courbes produites, celle qui a été calculée en fonction du coefficient historique du taux de



production des chasseurs à réactions aux États-Unis (78 %) est celle qui s'éloigne le plus des autres. Conformément au résultat des recherches de la RAND Corporation, c'est le modèle axé sur l'incidence de la quantité dans lequel le coefficient du taux de production de l'aéronef avait été fixé au taux historique moyen de 89 % qui a été retenu comme principal modèle d'estimation<sup>22</sup>.

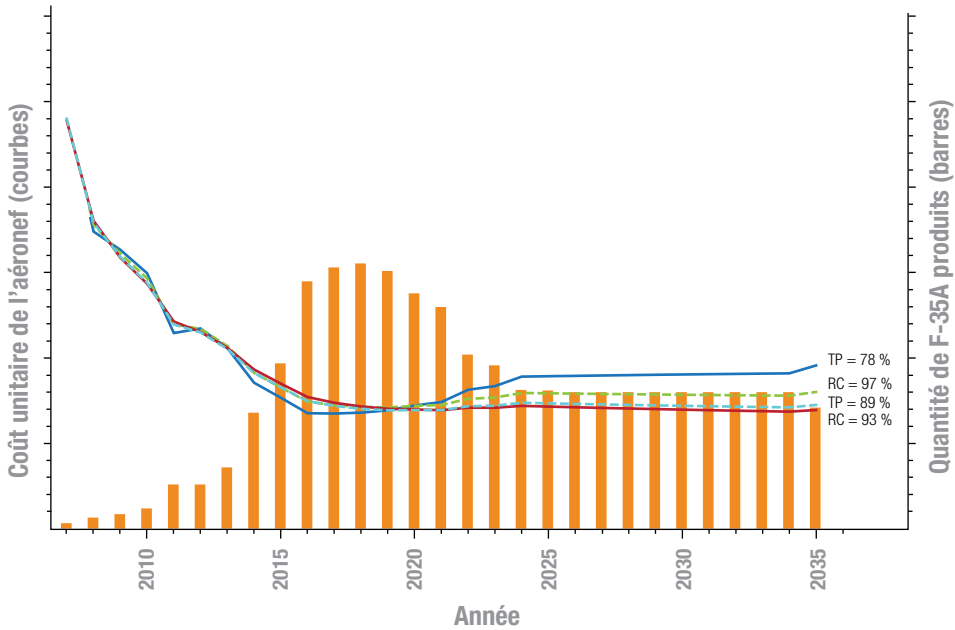


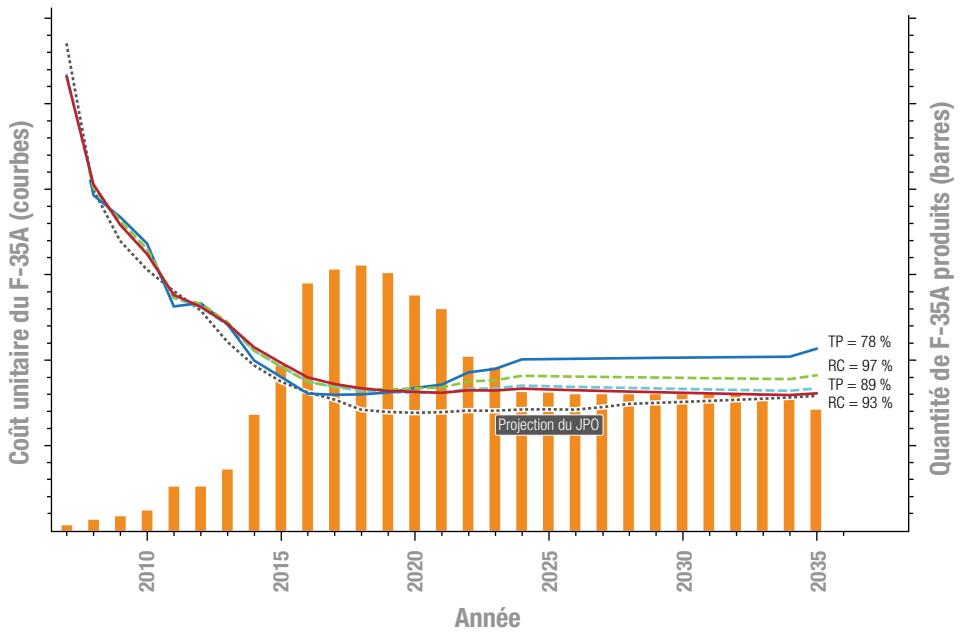
Figure 5. Courbes de l'incidence de la quantité ajustées en fonction de l'ECA de l'aéronef F-35A (premières séries limitées 1 à 3)

Paramètre	TP = 89 %	TP = 78 %	RC = 97 %	RC = 93 %
$T_1$	276,5, 7,4, (182,8, 370,1)	306,3, 20,9, (40,0, 572,5)	282,1, 15,2, (88,3, 475,8)	269,8, 7,2, (178,7, 360,8)
TP (%)	0,89	0,78	0,86, 0,02, (0,60, 1,12)	0,91, 0,01, (0,78, 1,05)
RC (%)	0,95, 0,01, (0,81, 1,08)	1,03, 0,03, (0,65, 1,42)	0,97	0,93

Tableau 5. Estimation des paramètres (y compris l'erreur-type et l'intervalle de confiance à 95 %) des courbes de l'incidence de la quantité ajustées en fonction de l'ECA du F-35A CTOL

## Estimation du coût du F-35A (aéronef et système de propulsion)

La figure 6 présente les quatre courbes de l'incidence de la quantité sur le coût de l'aéronef une fois combinées à la courbe d'estimation du coût du système de propulsion F135. La projection du coût selon le JPO est aussi affichée à titre de comparaison (ligne grise pointillée).



**Figure 6. Courbes d'incidence de la quantité ajustées en fonction de l'ECA unitaire sortie d'usine du F-35A**

La figure 7 montre quant à elle le coût projeté du F-35A en fonction de l'ajustement optimal du modèle de l'incidence de la quantité (ligne tiretée) lorsque le coefficient du taux de production est fixé à 89 %, de même que la projection du coût selon le JPO, à titre de comparaison (ligne pointillée). Remarque : les courbes de la figure 7 apparaissent aussi dans la figure 6.

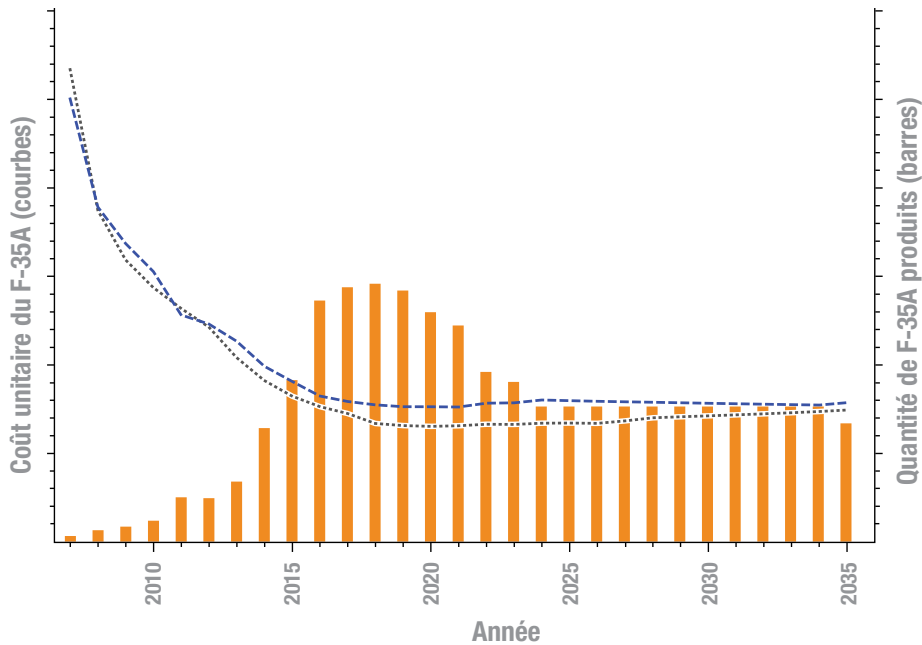


Figure 7. Modèle de l'incidence de la quantité (courbe tiretée) et projection du coût selon le JPO (courbe pointillée)

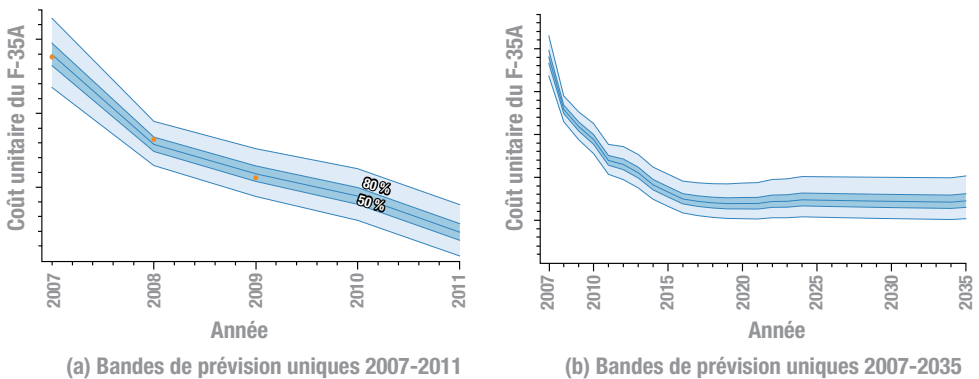
## Analyse du risque et de l'incertitude

Le MDN se devait de tenter de cerner et de quantifier les incertitudes et les risques associés au programme d'acquisition de l'avion d'attaque interarmées (taux de change, retrait de participants étrangers, inflation supérieure aux attentes, hausse des coûts fixes et des coûts de main-d'œuvre, problèmes potentiels de développement logiciel, enjeux liés aux droits de propriété intellectuelle, exigences dépassant le cadre des modifications techniques prévues). Le personnel du sous-ministre adjoint des finances (SMA[Fin]) du MDN s'est chargé de cerner et de quantifier une partie de ces risques et de ces incertitudes. Il a ainsi pu créer le Registre des risques liés au coût des capacités du futur chasseur et mettre à jour ses analyses chaque année pour les présenter au Parlement. Le modèle de l'incidence de la quantité décrit ici a été utilisé pour analyser l'incertitude associée à l'effet d'apprentissage (exemple à la section 5.2) et l'incertitude quant à la quantité d'aéronefs produits (exemple à la section 5.3). Cependant, pour commencer, la section 5.1 traite de l'incertitude liée au modèle de l'incidence de la quantité en soi.

### Incertitude liée au modèle

Les estimations des paramètres (coefficient de la réduction du coût et coefficient du taux de production) du modèle axé sur l'incidence de la quantité appliqué au coût de l'aéronef et du système de

propulsion sont assorties d'une incertitude statistique. Cette incertitude est attribuable aux données saisies dans le modèle. L'erreur de prévision statistique dans l'estimation du coût est représentée par des distributions de probabilités continues. En ce qui concerne les modèles de régression, une bande de prévision permet de déterminer avec un certain degré de confiance les limites au sein desquelles se situe la fonction réelle. Plus le niveau de confiance souhaité est élevé, plus la bande est large. Par exemple, la figure 8 présente les bandes de prévision uniques à 50 % et à 80 % pour le modèle de régression axé sur incidence de la quantité de l'aéronef F-35 (les bandes de prévision uniques tiennent compte à la fois de la variation dans les estimations des paramètres et de la variation globale de la valeur des résultats). La figure 8a montre les bandes de 2007 à 2011 et l'ajustement en fonction des données saisies (ECA des premières séries limitées 1 à 3). La figure 8b montre les bandes pour l'ensemble du plan de production. Plus les extrapolations du modèle sont éloignées dans le temps, plus l'erreur de prévision est grande.



**Figure 8. Bandes de prévision uniques pour le modèle de régression axé sur l'incidence de la quantité de l'aéronef F-35A : a) 2007-2011; b) 2007-2035**

### Incertitudes liées au coefficient de la réduction du coût et au coefficient du taux de production

L'incertitude liée aux prévisions du modèle d'ajustement optimal de l'incidence de la quantité est d'une utilité limitée pour quantifier les véritables incertitudes et risques associés au programme de l'avion d'attaque interarmées. En effet, la valeur du coefficient de la réduction du coût et celle du coefficient du taux de production dans le cadre du programme d'avion d'attaque interarmées comportent une certaine incertitude. Il est cependant possible d'étudier la variation de la prévision (les résultats que donne le modèle de l'incidence de la quantité lorsque les paramètres changent) en effectuant une analyse de la sensibilité de ces paramètres (RC et TP). Par exemple, le tableau 6 présente la variation projetée moyenne du CURSU selon différents coefficients de la réduction du coût et de taux de production (en fonction de coefficients initiaux de 90 % pour le TP et de 94 % pour la RC). Il est intéressant de se pencher sur la fourchette allant de 92 % à 96 % dans le cas du coefficient de la RC, et sur la fourchette allant de 88 % à 92 % dans le cas du coefficient du TP. En effet, cette fourchette comprend à la fois les valeurs des coefficients de la RC et du TP de la courbe de l'incidence de



la quantité d'ajustement optimal et les valeurs des coefficients de la RC et du TP dans les projections de coût du JPO reproduites par ingénierie inverse. Selon un calcul grossier, dans cette fourchette, une variation d'un point de pourcentage du coefficient du TP de l'aéronef se traduit par une variation d'environ 5 % du CURSU, tandis qu'une variation d'un point de pourcentage du coefficient de la RC de l'aéronef se traduit par une variation d'environ 7 % du CURSU.

Coefficient du taux de production												
Coefficient de RC	80 %	82 %	84 %	86 %	88 %	90 %	92 %	94 %	96 %	98 %	100 %	102 %
80 %	-71 %	-69 %	-67 %	-65 %	-62 %	-60 %	-56 %	-53 %	-49 %	-45 %	-41 %	-36 %
82 %	-68 %	-66 %	-64 %	-61 %	-58 %	-54 %	-51 %	-47 %	-42 %	-37 %	-32 %	-26 %
84 %	-65 %	-62 %	-59 %	-56 %	-52 %	-48 %	-44 %	-39 %	-34 %	-28 %	-22 %	-15 %
86 %	-61 %	-58 %	-54 %	-50 %	-46 %	-41 %	-36 %	-30 %	-24 %	-17 %	-10 %	-2 %
88 %	-57 %	-53 %	-49 %	-44 %	-39 %	-33 %	-27 %	-20 %	-12 %	-4 %	4 %	14 %
90 %	-52 %	-47 %	-42 %	-36 %	-30 %	-23 %	-16 %	-8 %	1 %	10 %	21 %	32 %
92 %	-45 %	-40 %	-34 %	-28 %	-20 %	-13 %	-4 %	6 %	16 %	27 %	39 %	52 %
94 %	-39 %	-32 %	-25 %	-18 %	-9 %	0 %	10 %	21 %	33 %	46 %	61 %	76 %
96 %	-31 %	-23 %	-15 %	-6 %	4 %	14 %	26 %	39 %	53 %	68 %	85 %	103 %
98 %	-22 %	-13 %	-4 %	7 %	18 %	31 %	45 %	59 %	76 %	94 %	113 %	134 %
100 %	-11 %	-2 %	9 %	22 %	35 %	49 %	65 %	83 %	102 %	123 %	145 %	170 %
102 %	0 %	12 %	24 %	38 %	54 %	71 %	89 %	109 %	131 %	155 %	181 %	210 %

**Tableau 6. Exemple de sensibilité du CURSU moyen à la variation des coefficients de la réduction du coût et du taux de production pour l'aéronef**

## Risque de retrait de participants étrangers

Le coût est un des principaux avantages du programme d'avion d'attaque interarmées; il est censé rester bas grâce aux gains d'efficacité rendus possibles par un taux de production élevé. L'un des risques du programme qui a fait l'objet de beaucoup d'attention est le risque de retrait de certains participants étrangers. Pour permettre aux décideurs canadiens d'évaluer adéquatement l'incidence de ce risque, nous avons appliqué les modèles axés sur l'incidence de la quantité d'ajustement optimal déterminés à la section « Estimation indépendante du CURSU moyen » à des profils de production hypothétiques correspondant à une réduction des commandes du F-35A CTOL. Les scénarios suivants ont été étudiés (en ordre croissant selon l'ampleur de la réduction éventuelle).

- Scénario A : retrait d'un partenaire européen important (réduction d'environ 100 aéronefs).
- Scénario B : retrait de deux partenaires importants (réduction d'environ 200 aéronefs).



- Scénario C : retrait de tous les pays à l'exception des États-Unis et du Canada (réduction d'environ 450 aéronefs).
- Scénario D : la commande initiale des États-Unis est ramenée à 75 %, et le Canada demeure le seul autre participant.
- Scénario E : la commande initiale des États-Unis est ramenée à 50 %, alors que le Canada demeure le seul autre participant.

Le profil de planification de la production du JPO a été rajusté en fonction de chaque scénario. On a supposé que les réductions de commandes seraient réparties de façon uniforme sur l'ensemble de la période, et les quantités des commandes non directement visées par un scénario sont restées les mêmes. Les résultats sont fournis selon l'hypothèse que les commandes du F-35C (utilisées pour faire la projection du coût du système de propulsion) restent inchangées. Le tableau 7 montre l'incidence sur l'estimation du coût du F-35A (variation en pourcentage) dans chacun des cinq scénarios. Les résultats sont indiqués selon le lot (année d'achat) et tiennent compte du coût combiné de l'aéronef et du système de propulsion.

<b>Incidence sur le coût (en pourcentage de l'estimation de référence)</b>						
<b>Lot</b>	<b>Année</b>	<b>Scénario A</b>	<b>Scénario B</b>	<b>Scénario C</b>	<b>Scénario D</b>	<b>Scénario E</b>
4	2010	0 %	0 %	2 %	8 %	19 %
5	2011	0 %	0 %	0 %	7 %	17 %
6	2012	0 %	1 %	5 %	12 %	22 %
7	2013	3 %	3 %	7 %	14 %	26 %
8	2014	2 %	3 %	10 %	18 %	29 %
9	2015	3 %	4 %	12 %	19 %	30 %
10	2016	2 %	4 %	13 %	20 %	30 %
11	2017	2 %	4 %	13 %	20 %	30 %
12	2018	2 %	4 %	12 %	19 %	28 %
13	2019	2 %	4 %	11 %	18 %	27 %
14	2020	2 %	4 %	10 %	17 %	26 %
15	2021	2 %	4 %	11 %	18 %	28 %
16	2022	1 %	2 %	7 %	15 %	25 %
17	2023	1 %	2 %	6 %	13 %	24 %
18	2024	1 %	1 %	3 %	10 %	21 %
19	2025	0 %	1 %	3 %	10 %	20 %
20	2026	0 %	1 %	3 %	10 %	20 %
21	2027	0 %	1 %	3 %	10 %	20 %
22	2028	0 %	1 %	3 %	10 %	20 %



Incidence sur le coût (en pourcentage de l'estimation de référence)						
Lot	Année	Scénario A	Scénario B	Scénario C	Scénario D	Scénario E
23	2029	0 %	1 %	2 %	9 %	20 %
24	2030	0 %	1 %	2 %	9 %	20 %
25	2031	0 %	1 %	2 %	9 %	20 %
26	2032	0 %	1 %	2 %	9 %	20 %
27	2033	0 %	1 %	2 %	9 %	19 %
28	2034	0 %	1 %	2 %	9 %	20 %
29	2035	0 %	1 %	2 %	9 %	19 %

**Tableau 7. Estimation du CURSU du F-35A en cas de retrait de participants étrangers ou de la réduction de leur participation (variation en pourcentage)**

Selon les estimations du coût du F-35A présentées au tableau 7, un pays participant (en l'occurrence le Canada) qui aurait l'intention d'acheter des avions de 2015 à 2021 devrait s'attendre à payer un prix majoré de 2 % en cas de retrait d'un partenaire européen important, de 4 % en cas de retrait de deux partenaires importants, de 12 % en cas de retrait de tous les pays à l'exception du Canada et des États-Unis, de 18 % si les commandes des États-Unis étaient ramenées à 75 % (et que tous les autres pays se retireraient) et de 28 % si les commandes des États-Unis étaient ramenées à 50 % (et que tous les autres pays se retireraient).

Le modèle présenté a été utilisé en octobre 2015 pour estimer les conséquences financières qu'aurait le retrait du Canada<sup>23</sup> pour les partenaires du programme de chasseur interarmées.

## Conclusion

Jusqu'en 2011, le Canada se fait entièrement aux projections de coût produites par le JPO des États-Unis. Par la suite, RDDC a mis au point un modèle permettant d'estimer de façon indépendante le CURSU moyen que devrait probablement payer le Canada pour des avions F-35A CTOL dans l'éventualité où ce dernier était retenu comme solution de renouvellement de la flotte. La méthode d'estimation du coût présentée ici repose sur un modèle axé sur l'*incidence de la quantité* qui est utilisé par la RAND Corporation et tient compte à la fois de l'effet de réduction du coût et de l'effet du taux de production. Ce modèle a servi à :

- reproduire par ingénierie inverse les projections de coût du JPO en vue de déterminer la courbe d'apprentissage et la courbe de production les mieux ajustées;
- produire une projection secondaire indépendante du CURSU pour les lots de production futurs du F-35A en fonction des dernières données empiriques sur les coûts (tirées des lots de F-35A achevés ou partiellement achevés);





- déterminer la sensibilité du coût à l'incidence de la quantité (apprentissage);
- déterminer la sensibilité du coût à la variation du nombre d'unités produites.

Le modèle a permis au MDN de faire une étude approfondie des estimations du coût réalisées par le JPO, il a facilité l'analyse de sensibilité, et il a ultimement aidé le MDN à mieux justifier ses estimations du coût. Dans le cadre de la réponse globale du gouvernement du Canada au chapitre 2 du rapport du printemps 2012 du Bureau du vérificateur général du Canada, le MDN, par l'entremise du Secrétariat national d'approvisionnement en chasseurs (SNAC), fournit au Parlement des mises à jour annuelles sur les prévisions du coût des chasseurs interarmées F-35A. Le MDN se sert du modèle mis au point par RDDC dans ses analyses d'estimation du coût destinées à ces mises à jour annuelles.



## Appendice A

### Théorie

La section A.1 présente les fondements mathématiques de l'effet de réduction du coût, souvent appelé effet d'apprentissage<sup>24</sup>. Le modèle de production en lots est expliqué à la section A.2, ce qui sert d'appui pour la modélisation de l'effet du taux de production, à la section A.3. Ces sections contiennent de l'information supplémentaire, en complément du chapitre. Cela dit, elles ne constituent pas des travaux de recherche originaux et ne sauraient être créditées à l'auteur.

### Historique des courbes d'apprentissage

En 1936, T. Wright<sup>25</sup> a été le premier à étudier l'incidence de la quantité sur la production des aéronefs, à la base aérienne Wright-Patterson, aux États-Unis. Il a observé que le temps nécessaire pour accomplir une tâche donnée diminuait en fonction du nombre de répétitions de cette tâche. Selon ses observations, le temps de travail nécessaire pour produire un aéronef diminuait de 10 % à 15 % chaque fois que la production totale doublait. La courbe d'apprentissage de Wright est généralement présentée sous la forme suivante :

$$CAC(Q) = A_1 \times Q^b. \quad (5)$$

où  $CAC(Q)$  correspond au coût cumulatif moyen de production des  $Q$  premières unités;  $A_1$  correspond au coût de production de la première unité et  $b$  correspond au coefficient d'apprentissage. On obtient le pourcentage du coefficient d'apprentissage en calculant  $2^b$ .

La courbe d'apprentissage dans la production d'aéronefs de Wright a été généralisée à d'autres industries et à d'autres ressources que la main-d'œuvre (voir l'effet d'expérience d'Henderson<sup>26</sup>). Différents modèles axés sur la courbe d'apprentissage ont aussi été mis au point. On peut trouver sur le site Management and Accounting Web<sup>27</sup> une bibliographie régulièrement mise à jour des ouvrages sur les courbes d'apprentissage et d'expérience. L'application la plus courante de la courbe d'apprentissage est le modèle de Crawford<sup>28</sup>, qui permet de calculer le coût marginal, c'est-à-dire le coût de l'unité  $Q$ , en fonction de l'équation

$$MC(Q) = T_1 \times Q^b. \quad (6)$$

où les paramètres  $T_1$  et  $b$  doivent être estimés.

Goldberg et Touw<sup>29</sup>, de même que Lee<sup>30</sup>, ont établi qu'il existait une relation entre les modèles de courbe d'apprentissage de Wright et de Crawford. Le produit du coût cumulatif moyen de Wright  $CAC(Q)$  et de la quantité  $Q$  donne le coût total  $TC(Q)$  de production des  $Q$  premières unités,

$$TC(Q) = Q \times CAC(Q) = A_1 \times Q^{1+b}, \quad (7)$$



et le coût marginal correspond à la dérivée du coût total sur la quantité cumulée :

$$MC(Q) = \frac{d TC(Q)}{dQ} = A_1 \times (1 + b) \times Q^b. \quad (8)$$

À partir du paramètre  $A_1$  de Wright, on peut obtenir le modèle de courbe d'apprentissage de Crawford en posant  $T_1 = A_1 \times (1 + b)$ .

### Courbes d'apprentissage selon le point milieu du lot

Lockheed Martin Corporation produit l'aéronef F-35 en lots dont les caractéristiques définitives de base sont le nombre d'unités par lot et le coût total (différentiel) du lot. Le coût moyen par aéronef pour un lot donné peut être calculé en divisant simplement le coût total par le nombre d'aéronefs. Cependant, le coût moyen d'un aéronef dans un lot ne signifie pas nécessairement que toutes les unités ont le même coût, ni que le coût moyen par aéronef reste le même si on accroît ou diminue la taille du lot. Dans une situation de production par lots, il y a lieu d'utiliser le modèle de courbe d'apprentissage selon le point milieu du lot conçu par Goldberg et Touw<sup>31</sup> :

$$LAC_i = T_1 \times [\bar{Q}_i(b)]^b. \quad (9)$$

Dans l'équation (9),  $LAC_i$  correspond au coût moyen d'un aéronef du lot  $i$ ,  $T_1$ , au coût du premier aéronef produit (pour l'ensemble de la production),  $\bar{Q}_i(b)$ , au point milieu du lot  $i$  et  $b$ , au coefficient d'apprentissage. Le point milieu du lot,  $\bar{Q}_i(b)$ , est fonction de  $b$ . Pour déterminer le point milieu du lot, il est nécessaire de connaître le coefficient d'apprentissage, puisque le point milieu est défini comme étant l'unité (généralement pas un entier) dont le coût marginal est égal au coût moyen du lot.

Selon la théorie des courbes d'apprentissage continues, il est possible de calculer une valeur utilisable de  $\bar{Q}_i(b)$ . Il s'agit d'approximer le coût différentiel total du lot  $i$  en utilisant l'intégrale correspondant à l'aire sous la courbe du coût marginal ( $MC(Q)$ ). On définit ensuite  $Q_i$  comme étant la quantité cumulée d'unités produites jusqu'au lot  $i$ , y compris ce dernier. Le lot  $i$  commence donc à l'unité  $Q_{i-1} + 1$  et se termine à l'unité  $Q_i$ .  $TC(Q_i) - TC(Q_{i-1})$  correspond donc au coût différentiel total du lot  $i$  :

$$TC_i - TC_{i-1} \approx \int_{z=Q_{i-1}+0.5}^{z=Q_i+0.5} T_1 z^b dz = \frac{T_1}{1+b} \times [(Q_i + 0.5)^{1+b} - (Q_{i-1} + 0.5)^{1+b}]. \quad (10)$$

En divisant le côté droit de l'équation (10) par la taille du lot  $i$ , on obtient le coût différentiel moyen du lot,  $LAC_i$  :

$$LAC_i \approx \frac{T_1}{1+b} \times \frac{[(Q_i + 0.5)^{1+b} - (Q_{i-1} + 0.5)^{1+b}]}{Q_i - Q_{i-1}}. \quad (11)$$

(Le symbole  $\approx$  signifie « à peu près égal »). En remplaçant  $LAC_i$  par le coût marginal  $T_1 \times [\bar{Q}_i(b)]^b$  on



obtient comme solution représentant le point milieu du lot :

$$\bar{Q}_i(b) \approx \left( \frac{[(Q_i + 0.5)^{1+b} - (Q_{i-1} + 0.5)^{1+b}]^{\frac{1}{b}}}{(1+b) \times (Q_i - Q_{i-1})} \right). \quad (12)$$

### Effet du taux de production

Pour déterminer l'effet du taux de production, il s'agit de mesurer l'effet de la production de différentes quantités au cours d'une année (ou d'une période) donnée. Le coût unitaire variera en raison des gains d'efficacité opérationnelle et de la répartition des coûts fixes parmi les unités produites. Pour modéliser l'effet du taux de production, la courbe de réduction du coût (courbe d'apprentissage) est modifiée comme suit :

$$LAC_i = T_1 \times [\bar{Q}_i(b)]^b \times r_i^c. \quad (13)$$

où  $r_i$  correspond au taux de production du lot  $i$ . Goldberg et Touw<sup>32</sup> montrent qu'idéalement, pour modéliser adéquatement l'effet du taux de production,  $rt$  devrait être le nombre d'unités produites dans l'achat annuel  $t$ , et  $LACt$  devrait être le coût de l'unité correspondant au point milieu  $\bar{Q}_i(b)$  de l'achat annuel  $t$ . En réalité, plusieurs lots de F-35 sont en cours de production en même temps. Cependant, les données du JPO et des rapports de sélection de l'acquisition des États-Unis ne précisent pas dans quelles usines (y compris des usines de sous-traitants) sont produits les différents lots ni à quelle étape de l'assemblage ils se situent. La taille des lots est souvent utilisée en guise de taux de production approximatif : selon Goldberg et Touw<sup>33</sup>, la taille des lots constitue une « approximation fonctionnelle » du taux de production réelle.

Une forte corrélation entre le taux de production et la quantité cumulée peut aussi poser des problèmes lorsqu'il s'agit de modéliser l'effet du taux de production. Plusieurs auteurs, dont Large et coll.<sup>34</sup>, ont montré que les résultats (estimations des paramètres  $b$ ,  $c$ , et  $T_1$ ) sont peu fiables dans un tel contexte.

---

Bohdan L. Kaluzny est scientifique de la défense principal à Recherche et développement pour la défense Canada (RDDC). Dans le cadre de ses différentes affectations, il a travaillé pour le ministère de la Défense nationale et les Forces armées canadiennes, notamment lors de son séjour, plus récemment, au quartier général du Commandement de la défense aérospatiale de l'Amérique du Nord (NORAD). Dans la recherche, il s'intéresse à la recherche opérationnelle, à l'analyse des données, à l'analyse des coûts, à la complexité algorithmique, à la géométrie algorithmique de dimension élevée et à la conception algorithmique. M. Kaluzny est titulaire d'un doctorat en informatique de l'Université McGill, Canada.



## Abréviations

<b>AB</b>	année budgétaire
<b>CAD</b>	Conférence des associations de la défense
<b>CTOL</b>	conventional take-off and landing (atterrissage et décollage classiques)
<b>CURSU</b>	coût unitaire récurrent de sortie d'usine
<b>ECA</b>	estimation du coût à l'achèvement
<b>IC</b>	intervalle de confiance
<b>JPO</b>	Joint Strike Fighter Project Office (Bureau du programme d'avion d'attaque interarmées)
<b>JSF</b>	avion d'attaque interarmées
<b>MDN</b>	ministère de la Défense nationale
<b>PSL</b>	première série limitée
<b>RC</b>	réduction du coût
<b>RDDC</b>	Recherche et développement pour la défense Canada
<b>SDD</b>	phase de développement et de démonstration des systèmes
<b>SMA(Fin)</b>	sous-ministre adjoint (Finances)
<b>SNAC</b>	Secrétariat national d'approvisionnement en chasseurs
<b>TP</b>	taux de production



## Notes

1. The F-35 Lightning II Program, consulté le 25 juillet 2018, [www.jsf.mil/f35/f35\\_background.htm](http://www.jsf.mil/f35/f35_background.htm).
2. Dans les programmes militaires d'acquisition aux États-Unis, le terme première série limitée désigne la première phase de production en petites quantités d'un système d'armement.
3. Source : Lockheed Martin Corporation.
4. JSF Program Office, JSF Production, Sustainment and Follow-On Development Memorandum of Understanding, consulté le 25 juillet 2018, [www.jsf.mil/downloads/documents/JSF\\_PSFDD\\_MOU\\_-\\_Update\\_4\\_2010.pdf](http://www.jsf.mil/downloads/documents/JSF_PSFDD_MOU_-_Update_4_2010.pdf).
5. M. Arena, O. Younossi, K. Brancato, I. Blickstein et C. Grammich, « Why Has the Cost of Fixed-Wing Aircraft Risen? A Macroscopic Examination of the Trends in US Military Aircraft Costs over the Past Several Decades », Santa Monica (Calif.), RAND Corporation, 2008, rapport n° MG-696-NAVY/AF; O. Younossi, M. Arena, K. Brancato, J. Graser, B. Goldsmith, M. Lorell, F. Timson et J. Sollinger, « F-22A Multi-Year Procurement Program: An Assessment of Cost Savings », Santa Monica (Calif.), RAND Corporation, 2007, rapport n° MG-664-OSD.
6. B. Kaluzny, « The Unit Recurring Flyaway Cost of a Canadian Joint Strike Fighter », Ottawa, Centre d'analyse et de recherche opérationnelle de Recherche et développement pour la défense Canada, 2011, rapport technique DRDC CORA TR 2011-200; B. Kaluzny, « Canadian F-35A Unit Recurring Flyaway Cost Estimation: 2014 Update for NGFC Cost Risk Assessment », Ottawa, Centre d'analyse et de recherche opérationnelle de Recherche et développement pour la défense Canada, 2014, rapport technique DRDC-RDDC-2014-L173.
7. Toutes les données sur les coûts ont été masquées dans ce document en raison de la nature sensible des données d'origine. L'axe des coûts est également masqué dans tous les graphiques. Les résultats sont présentés sous forme de pourcentage ou de variation en pourcentage.
8. R. Shimooka, « The Fourth Dimension: The F-35 Program, Defence Procurement, and the Conservative Government, 2006–2015 », *Cahiers Vimy*, l'Institut de la CAD, 14 septembre 2016, rapport technique n° 33.
9. Le CURSU comprend le coût de la cellule, de l'aéronef, des systèmes de mission, du moteur et des demandes de modifications techniques (liées à la simultanéité).



10. Les données sur les coûts ont été converties en dollars américains de l'année budgétaire 2012, l'année de référence utilisée par le Bureau du Programme d'avion d'attaque interarmées américain, et ont été rajustées au moyen du calculateur de l'inflation interarmées du Naval Center for Cost Analysis, suivant les lignes directrices du US Office of the Secretary of Defense.
11. Les termes « réduction de coût » et « apprentissage » sont utilisés de façon interchangeable.
12. Arena et coll., « Why Has the Cost of Fixed-Wing Aircraft Risen? »; Younossi et coll., « F-22A Multi-Year Procurement Program ».
13. Arena et coll., « Why Has the Cost of Fixed-Wing Aircraft Risen? ».
14. Younossi et coll., « F-22A Multi-Year Procurement Program », p. 25.
15. Younossi et coll., « F-22A Multi-Year Procurement Program ».
16. Arena et coll., « Why Has the Cost of Fixed-Wing Aircraft Risen? ».
17. B. Flynn et P. Garvey, « Weapon Systems Acquisition Reform Act (WSARA) and the Enhanced Scenario-Based Method (ESBM) for Cost Risk Analysis », Washington (D.C.), Naval Center for Cost Analysis, 2011, rapport technique.
18. Il a été déterminé que le modèle de l'incidence de la quantité, qui tient compte à la fois du paramètre de la réduction du coût et du paramètre du taux de production, offre un meilleur ajustement aux données qu'un modèle de courbe d'apprentissage (sans ajout pour tenir compte du taux de production).
19. K. Hartley, « Factors Affecting the Cost of Airplanes », *The Journal of Industrial Economics*, vol. 13, n° 2 (1965), p. 122-128.
20. Selon l'appendice E du Protocole d'entente sur la production, le soutien et le développement subséquent de l'avion d'attaque interarmées, « Follow-on Development Process », la production du chasseur interarmées doit suivre une approche évolutive visant la fourniture de nouvelles capacités (logiciels et systèmes de mission) par phases (tous les deux ans environ). Selon la littérature sur le sujet (voir Stocker, 2010, et les documents qui y sont donnés en référence), l'acquisition évolutive a généralement un effet sur le coût du cycle de vie d'une plateforme donnée, mais pas d'effet majeur sur le coût d'acquisition.
21. Younossi et coll., « F-22A Multi-Year Procurement Program ».
22. La statistique  $t$  est de 37,5 pour  $T_1$ , et de 86,7 pour le coefficient de la réduction du coût (en pourcentage). La valeur  $p$  se situe à 0,017 pour  $T_1$  et à 0,007 pour le coefficient de la réduction du coût.



23. C. Bogdan, « Hearing on F-35 Joint Strike Fighter Program », House Armed Service Subcommittee on Tactical Air and Land Forces, 21 octobre 2015; R. Shimooka, « The Fourth Dimension ».
24. Nous utilisons les termes « réduction du coût » et « apprentissage » de façon interchangeable.
25. T. Wright, « Factors Affecting the Cost of Airplanes », *Journal of Aeronautical Sciences*, vol. 3, n° 4 (1936), p. 122-128.
26. B. Henderson, « The Experience Curve Reviewed: Price Stability », *Perspectives*, vol. 149, 1974.
27. « Learning or Experience Curve Bibliography », consulté le 25 juillet 2018, <http://maaaw.info/LearningCurvesArticles.htm>.
28. S. Liao, « The Learning Curve: Wright's Model vs. Crawford's Model », *Issues in Accounting Education*, automne 1988, p. 302-315.
29. M. Goldberg et A. Touw, « Statistical Methods for Learning Curves and Cost Analysis », *Topics in Operations Research Series*, Linthicum (Maryland), Institute for Operational Research and Management Sciences, 2003.
30. D. Lee, *The Cost Analyst's Companion*, McLean (Virginia), Logistic Management Institute, 1997.
31. Goldberg et Touw, « Statistical Methods ».
32. Goldberg et Touw, « Statistical Methods ».
33. Goldberg et Touw, « Statistical Methods ».
34. J. Large, K. Hoffmayer et F. Kontrovitch, « Production Rate and Production Cost », Santa Monica (Calif.), RAND Corporation, décembre 1974, rapport n° R-1609-PA&E.

## Lectures complémentaires

CANADA. BUREAU DU VÉRIFICATEUR GÉNÉRAL DU CANADA. « Le remplacement des avions de combat du Canada », Chapitre 2 du rapport du printemps 2012 du vérificateur général du Canada à la Chambre des communes, Bureau du vérificateur général du Canada (printemps 2012).

STOCKER, M. 2010. *Technology Insertion and Management: Options for the Canadian Forces*, Recherche et développement pour la défense Canada, Ottawa (Canada). Rapport technique TM 2010-01.





**Prévision des coûts d'exploitation  
et de maintenance des aéronefs**

Paul E. Desmier

---



# CH06 Table des matières

Introduction.....	175
Analyse documentaire et travaux antérieurs .....	176
Hildebrandt et Sze (1990).....	176
Wallace, Houser et Lee (2000) .....	176
Desmier (2011).....	178
Méthode : le modèle de rapport.....	179
Équation relative au rapport.....	180
Analyse.....	181
Contrôle de l'âge des aéronefs .....	181
Avions de chasse : CF18 → F-35A .....	183
Coûts d'investissement liés au CF18 .....	183
Coûts d'E et M associés au CF18 et modèle de rapport.....	184
Modèle de prévision (rapport).....	187
Test de normalité des résidus.....	188
Discussion sur le modèle .....	190
Résultats.....	194
Scénario 1 : Analyse de base .....	195
Scénario 2 : Heures de vol annuelles abaissées à 12 000 à compter de l'AF 2021-2022.....	195
Scénario 3 : Ajustements des coûts unitaires récurrents à la sortie de l'usine (CURSU).....	197
Scénario 4 : Ajustements des coûts unitaires récurrents à la sortie de l'usine aux heures de vol annuelles abaissées à 12 000 à compter de l'AF 2021-2022.....	199
Conclusions .....	200
Abréviations .....	202
Notes .....	203



**Tant que les lois mathématiques renvoient à la réalité, elles ne sont pas absolues, et tant qu'elles sont absolues, elles ne renvoient pas à la réalité.**

**– A. Einstein, 1921**

## Introduction

Au Canada, les analyses et l'attention médiatique se sont toujours concentrées en grande partie sur les frais d'acquisition des aéronefs. Cependant, très peu d'information sur les coûts d'exploitation et de maintenance (E et M) des flottes au cours de leur cycle de vie ou d'analyses de ces coûts ont été rendues accessibles. Dans leur article sérieux au titre bizarre, Taylor et Murphy<sup>1</sup> font remarquer que les pressions budgétaires sur le Département de la défense des États-Unis (United States Department of Defense) (US DoD) obligent ses dirigeants militaires et civils à se concentrer sur l'ensemble des coûts du cycle de vie associés à l'approvisionnement en nouveaux systèmes d'arme (et pas seulement leur développement et leur production) – de la mise en service opérationnel à la fin de la vie utile et à l'élimination. Les coûts d'exploitation de maintenance, qui constituent généralement la majeure partie des coûts du cycle de vie, varient d'habitude entre 60 % et 80 % du coût total d'un système d'arme principal<sup>2</sup>.

Le ministère de la Défense nationale (MDN) et les Forces armées canadiennes (FAC) possèdent, exploitent et entretiennent de l'équipement dont le coût dépasse les 30 milliards de dollars (G\$). Au cours de l'année financière (AF) 2015-2016, le MDN a dépensé plus de 2,5 G\$ pour entretenir et réparer son équipement. Les coûts augmentent à mesure que l'équipement vieillit et les plans de remplacement sont continuellement reportés en raison des pressions budgétaires.

En 2005, le MDN a instauré des formalités afin de suivre une méthode globale de passation de marchés pour la maintenance et la réparation de l'ensemble des *nouvelles* flottes de navires et d'aéronefs et des nouveaux parcs de véhicules terrestres. Le Cadre contractuel du soutien en service (CCSS) ainsi créé est devenu une politique en juillet 2008, puis une directive ministérielle en août 2010. Aux termes du CCSS, l'entrepreneur principal retenu au moment de l'acquisition se voit également attribuer le contrat de soutien en service, établissant ainsi clairement sa responsabilité quant à la fiabilité de l'équipement. Au lieu d'attribuer de nombreux contrats par flotte, on n'attribue désormais qu'un seul contrat de soutien à long terme (plus de 20 ans) à prix fixe, axé sur le rendement et comportant des incitatifs au fournisseur de la plateforme visée. Bien que le CCSS ne soit pas exempt de risque (voir le rapport du Vérificateur général de 2011)<sup>3</sup>, il a pour but d'atteindre une rentabilité optimale tout en assurant une capacité opérationnelle totale.

De nombreuses études, menées surtout aux États-Unis, sont axées essentiellement sur l'utilisation des aéronefs afin de mieux prévoir les coûts d'exploitation et de maintenance actuels et futurs. La US Air Force (USAF) adopte des approches à la fois ascendantes et descendantes pour prévoir les coûts d'exploitation et de soutien (O&S)<sup>4</sup>, et les estimations des coûts basées sur ces deux approches sont utilisées pour dresser les budgets définitifs. Dans les approches ascendante et descendante, on



applique les paramètres d'utilisation, c.-à-d. surtout les heures de vol cumulatives au niveau de l'escadre (approche ascendante) ou les données historiques (approche descendante), afin de valider les estimations finales des coûts.

## Analyse documentaire et travaux antérieurs

### Hildebrandt et Sze (1990)

Hildebrandt et Sze<sup>5</sup> conçoivent des modèles de régression loglinéaires pour calculer le coût total d'O&S en fonction des heures de vol par aéronef, du coût de sortie d'usine, du nombre d'aéronefs, de l'année de la capacité opérationnelle initiale (COI) et de l'âge moyen de chaque flotte spécialisée pour une mission<sup>6</sup>. Lorsque les variables relatives à l'avion de chasse, à l'aéronef cargo et à la COI ont fait l'objet d'une régression par rapport à toutes les variables explicatives, elles n'étaient pas statistiquement significatives. Cependant, elles sont devenues significatives lorsque les coûts de sortie d'usine ont été supprimés du modèle (même si les variables explicatives restantes ne représentaient que 51 % de l'écart dans le coût total d'O&S). En général, les auteurs ont constaté que le coût total d'O&S réagissait davantage aux augmentations des heures de vol qu'à celles des coûts de sortie d'usine. De plus, les coûts d'O&S augmentaient moins, proportionnellement, que les heures de vol, c.-à-d. qu'une hausse de 1 % du nombre d'heures de vol correspondait à une hausse de 0,62 % du coût total d'O&S.

### Wallace, Houser et Lee (2000)

Dans le modèle coût par heure de vol (CPHV) de l'USAF, aussi appelé modèle proportionnel, les heures de vol projetées pour chaque flotte d'aéronefs au niveau de la spécialisation pour une mission sont multipliées par les facteurs de CPHV<sup>7</sup> afin de dresser les budgets ultérieurs. Wallace et coll.<sup>8</sup> ont constaté que le modèle CPHV comportait certains problèmes dans le cas des opérations de contingence, lorsque les tendances des heures de vol changent d'une manière significative. Dans l'opération (Op) DESERT STORM (Première Guerre du Golfe), par exemple, les modèles proportionnels ont surestimé les quantités de matériel de plus de 200 %. Les auteurs ont constaté que, pendant que les heures de vol augmentaient, le nombre d'atterrissages par sortie diminuait de façon spectaculaire, et la période de temps qu'un aéronef passait au sol était courte, abaissant ainsi le nombre d'événements pouvant causer des défaillances au sol. Les auteurs posent comme principe qu'un modèle de consommation de matériel doit comprendre d'autres variables que simplement les heures de vol. Pour prendre en compte les augmentations subites en temps de guerre, ils ont créé un modèle basé sur des critères physiques qui tient compte de l'infrastructure électronique, des heures de vol ainsi que des cycles de décollage et d'atterrissage. Lorsqu'on a analysé les coûts associés à l'avion de transport C-5B Galaxy, pendant l'Op DESERT STORM, ou à l'avion de transport C-17, à l'avion de transport/ravitailleur KC-135 et au chasseur F-16C pendant l'Op ALLIED FORCE (Kosovo), le modèle bâti d'après des critères physiques prévoyait invariablement qu'une suppression des coûts de sortie d'usine causait des défaillances sur le plan des augmentations subites en temps de guerre, plus exactement que le modèle proportionnel.



La flotte canadienne de CF18 a également enregistré des augmentations subites semblables du nombre d'heures de vol pendant l'Op DESERT STORM et l'Op ALLIED FORCE, et pendant la période suivant la modernisation. Il ne faut cependant pas oublier que la flotte a connu une réduction régulière du contingent annuel d'heures de vol (CAHV) lorsque la taille de la flotte est passée de 125 aéronefs, au cours de l'AF 1991-1992, à 77 aéronefs aujourd'hui. À partir de l'AF 1991-1992, le CAHV a diminué au taux de  $-8\,900 \ln(y)$  heures, la variable  $y$  représentant l'indice année, soit  $y = 1$  jusqu'à 18. Par conséquent, toute hausse des coûts de maintenance attribuable à des augmentations subites en temps de guerre serait atténuée par la diminution soutenue du nombre d'heures annuelles.

Dans son rapport technique, Unger<sup>9</sup> cherchait à améliorer l'approche décroissante du CPHV. La principale préoccupation d'Unger concernant les paramètres du CPHV était que la multiplication d'un facteur de coût moyen par le nombre d'heures de vol projeté pourrait occasionner une estimation incorrecte des budgets en raison des coûts fixes. Au lieu de cela, en opérant une transformation bilogarithmique des coûts et des heures de vol afin de stabiliser la variation, Unger a conçu un modèle de régression multiple au niveau de la désignation d'un aéronef (DA). À la différence du modèle CPHV qui suppose un doublement des coûts de maintenance et un doublement des heures de vol, Unger a décidé de traiter les heures de vol comme une variable explicative afin de vérifier si les coûts fixes et les coûts variables étaient présents.

Lorsque le modèle a été utilisé avec 34 DA, on a découvert un modèle statistiquement significatif comprenant un coefficient d'heures de vol  $\beta_2$  de 0,56 conforme aux coûts fixes non triviaux, c.-à-d. que zéro heure de vol n'entraîne pas un coût nul et une diminution des coûts marginaux. En raison de la spécification bilogarithmique, la relation est non linéaire. Au lieu d'indiquer un doublement des coûts de maintenance et un doublement des heures de vol, le modèle d'Unger montre qu'un doublement des heures de vol entraîne une augmentation des coûts de maintenance de 56 %.

Lorsque le modèle bilogarithmique d'Unger a été utilisé pour les données annuelles du CF18 relatives à la période comprise entre les AF 1991-1992 et 2008-2009, il n'a produit aucun résultat statistiquement significatif pour l'un ou l'autre des coefficients, et les variables explicatives, l'âge moyen et les heures de vol, ne représentaient que 8 % de l'écart dans les coûts d'exploitation et de maintenance (E et M<sup>10</sup>). Dans ce cas, un doublement des heures de vol a entraîné une hausse de 25 % des coûts d'E et M.

Si on enlève la transformation logarithmique dans le modèle d'Unger et qu'on l'applique aux mêmes données sur le CF18, on constate que tous les coefficients sont statistiquement significatifs, mais que l'âge moyen et les heures de vol ne représentent toujours que 22 % de l'écart dans les coûts d'E et M. Néanmoins, les répercussions des coefficients sur les coûts montrent qu'une augmentation d'une année de l'âge moyen entraîne une hausse de 4,47 M\$ des coûts d'E et M et qu'une heure de vol entraîne une augmentation de 2,82 k\$ des coûts d'E et M. Par conséquent, un contingent annuel d'heures de vol d'une flotte de quelque 13 000 heures correspondrait à une facture d'environ 36,7 M\$ au chapitre des coûts d'E et M, une facture de 7 à 10 fois inférieure à celle prévue si on utilise les estimations des coûts d'E et M relatives à la gestion des programmes en cours.



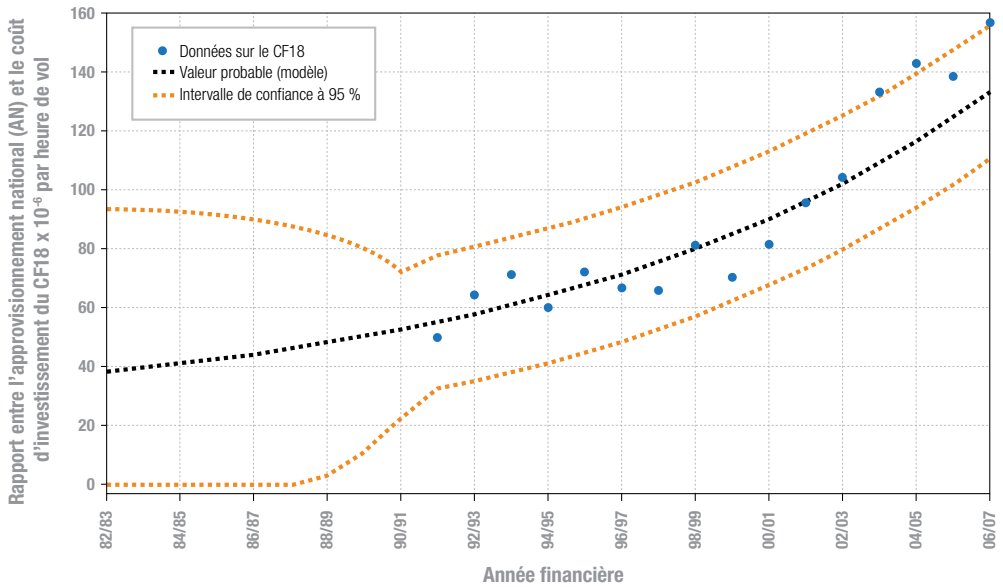
## Desmier (2011)

Dans le cadre d'une première analyse de la flotte de CF18, on a examiné la tendance des coûts historiques annuels d'E et M par heure de vol par rapport aux coûts d'investissement amortis<sup>11</sup>. Comme les données sur les coûts historiques d'E et M de l'AF 1991-1992 étaient les seules disponibles, on a procédé à une analyse rétrospective de l'ensemble de données à partir de l'AF 2008-2009 afin d'effectuer une estimation des dix premières années de progression des coûts d'E et M du CF18, soit des années financières 1982-1983 à 1991-1992. Le modèle issu de cette analyse a montré un comportement autorégressif<sup>12</sup> et présenté un pourcentage de variabilité des données de 87 %. L'auteur note que le coefficient de retard 2 de 5 % n'était pas statistiquement significatif et ne pouvait donc être distingué de la variation fortuite. Cependant, comme notre intérêt portait surtout sur la valeur probable de la progression à long terme des coûts d'E et M de la flotte de CF18, qui pourraient, selon nous, se traduire directement par une progression des coûts d'E et M des F-35A, le modèle de rapport à retard 2 a été considéré comme approprié étant donné qu'il fournissait une meilleure correspondance à la queue droite (voir la figure 1) qu'un modèle à retard 1.

	Coefficient	Erreur-type	Valeur de p	Valeur de t
<b>Constant</b>	1,83	9,41	0,848 1	0,19
<b>Retard 1</b>	0,937	0,223	0,000 8	4,20
<b>Retard 2</b>	-0,015 3	0,227	0,947 1	-0,07

**Tableau 1. Statistiques relatives à la régression d'après le modèle de rapport coûts d'E et M – coût d'investissement du CF18**

Même si le deuxième modèle autorégressif (AR[2]) présentait des résultats raisonnables, certains problèmes n'ont pu être surmontés immédiatement. À part la grande incertitude entourant la période comprise entre l'AF 1982-1983 et l'AF 1991-1992 (illustrée à la figure 1), le modèle autorégressif posait des limites lorsque la structure de prévision à rebours était inversée afin de prévoir le modèle du CF18, car les variables retardées définies dans la prévision à rebours n'étaient plus des variables prédictives dans la prévision. Un deuxième problème concernait la formulation du modèle de retard 2 avec les données annuelles, car on avait supposé que l'utilisation au cours de l'année  $t$  avait une incidence sur les coûts durant l'année  $t + 2$ . Dans son analyse de la réparation au dépôt de la flotte de F-15<sup>13</sup>, Armstrong a montré qu'il n'y avait aucune structure de retards discernable pour les variables-réponses ou les variables explicatives. Unger croyait, au départ, que les coûts d'O&S seraient retardés d'une à deux années<sup>14</sup>, mais de plus amples discussions avec des spécialistes de la maintenance et l'absence d'importance statistique de la variable retardée ont indiqué que l'utilisation de l'aéronef aurait probablement une incidence sur les coûts au cours des mêmes années.



**Figure 1. Modèle de rapport initial du CF18**

L'établissement du calendrier des inspections périodiques de la flotte de CF18 tous les deux ans (400 heures de vol) signifie qu'on s'attendrait normalement à constater un effet retardateur dans les dépenses liées à la maintenance. Cependant, une telle hypothèse doit être ajustée en fonction du rythme changeant des opérations. Par exemple, au cours des récentes opérations en Libye, certains avions ont volé jusqu'à 100 heures par mois, rendant l'augmentation des inspections périodiques nécessaire afin de répondre à la demande<sup>15</sup>.

## Méthode : le modèle de rapport

Une méthode de prévision<sup>16</sup> des coûts futurs d'E et M est nécessaire pour toute nouvelle acquisition ou mise à niveau importante. Cependant, comme certaines acquisitions sont basées sur de nouvelles technologies, il n'existe aucun historique pour indiquer à quoi ressembleront leurs courbes de coûts d'E et M en fonction de leur utilisation et de leur âge.

Dans le cas des chasseurs, et plus particulièrement l'avion d'attaque interarmées (JSF) F-35, les États-Unis fondent leurs estimations sur une modélisation ascendante basée sur le modèle d'analyse des coûts d'exploitation et de soutien (Operating and Support Cost Analysis Model, OSCAM) qui utilise un moteur de dynamique des systèmes présentant une interface utilisateur complète pour saisir l'évolution de la dynamique de temps d'un système, tout en offrant une méthode structurée d'établissement des coûts basée sur la structure de ventilation des coûts du système d'arme<sup>17</sup>. L'OSCAM, qui a été développé conjointement dans le cadre d'un partenariat stratégique entre le US Naval Center for



Cost Analysis (NCCA) et le ministère de la Défense du Royaume-Uni, avec le soutien de la société QinetiQ Ltd., utilise des bases de données historiques pour appuyer les estimations du coût du cycle de vie. Ces bases de données historiques comprennent des analyses par simulation/anticipation, des études de rentabilité et une analyse des solutions de rechange. Un modèle OSCAM JSF – conçu au départ pour estimer les coûts d'O&S des navires et des systèmes de navigation embarqués, ainsi que des versions pour les véhicules terrestres et les avions – a été conçu en 2008 afin d'effectuer des analyses des coûts associés aux trois versions de l'avion et il comprend les données propres aux pays partenaires.

Au lieu de tenter de construire un modèle comportant un nombre illimité de variables et d'incertitudes afférentes, le MDN a estimé qu'il était souhaitable d'avoir une méthode descendante de haut niveau fondée sur les rapports, selon laquelle l'historique de dépenses de la flotte en cours de remplacement – soit la flotte de CF18 pour les chasseurs – deviendrait un modèle de prévision des dépenses futures de la flotte de F-35. La progression et l'écart dans les coûts d'E et M du CF18, associés aux coûts d'investissement amortis, permettraient de dégager la tendance et les taux de confiance nécessaires à la prévision des coûts futurs d'E et M associés au F-35.

L'établissement d'une méthode fondée sur les rapports pour déterminer les coûts d'E et M a déjà été examiné au sein du MDN. En 2006, Groves a produit un article fondamental<sup>18</sup> dans lequel il décrit les cinq tendances économiques principales qui alimentent la progression des coûts du programme d'E et M à un taux plus rapide que ne peuvent soutenir les budgets. Dans sa quatrième observation, Groves attire l'attention sur le fait que « les coûts d'E et M associés aux nouvelles acquisitions ou aux avions de remplacement sont souvent sous-estimés... » soit d'une manière délibérée afin d'influencer favorablement le résultat des décisions relatives à l'approbation d'un projet, soit d'une manière non intentionnelle en raison d'un manque de rigueur. Dans son analyse, Groves estime qu'un rapport historique des coûts annuels d'investissement amortis et des dépenses annuelles d'E et M constituerait une meilleure méthode d'estimation des coûts futurs d'E et M des nouvelles acquisitions.

En 2009, Sokri<sup>19</sup>, en s'appuyant sur une analyse RAND<sup>20</sup>, a conçu un modèle de rapport coûts d'E et M et coûts d'investissement dans lequel les coûts d'E et M du cycle de vie étaient estimés en fonction d'un âge optimal de remplacement estimé de la flotte. Bien que ce modèle ait une certaine utilité pour les systèmes existants, l'analyse n'a pas été étendue pour comprendre les systèmes de remplacement.

### Équation relative au rapport

L'analyse faite pour toute nouvelle acquisition s'appuie généralement sur les coûts d'investissement et les coûts d'E et M historiques des systèmes existants afin de modéliser le rapport coûts d'E et M et coûts d'investissement amortis au fil des ans dans le but d'établir un modèle de prévision des coûts d'E et M des flottes de classes semblables. Les résultats de l'analyse, considérée comme une analyse descendante de haut niveau, sont basés sur l'hypothèse selon laquelle la nouvelle flotte souscrit aux mêmes profils de mission que ceux de l'ancienne flotte, c.-à-d. que la nouvelle flotte ne peut se charger de missions entièrement différentes de celles de l'ancienne flotte et que la fréquence des missions ne peut pas non plus être modifiée d'une manière significative par rapport à cette dernière.





$$\text{Coûts d'E et } M_{m(\text{nouvelle})} = \left[ \frac{(\text{E et M/HV})_i(\text{ancienne})}{\text{Coûts d'investissement}_i(\text{ancienne})} \right] \times \text{Coûts d'investissement}_{m(\text{nouvelle})} \times \text{Heures de vol}_{m(\text{nouvelle})} \quad (1)$$

selon laquelle

- la variable année  $i$  commence la première année des dépenses d'E et M de l'ancienne flotte et se poursuit jusqu'à la dernière AF des dépenses;
- la variable année  $m$  commence à la date de la première livraison de la nouvelle flotte et se poursuit selon la durée de vie prévue de la cellule (généralement 30 ans);
- le coût d'investissement est actualisé à un taux de 4,0 %, soit le taux de rendement sur un investissement ayant un risque semblable qui pourrait être obtenu dans les marchés financiers, et il est amorti sur la durée de vie de la flotte.

La méthode de modélisation s'appuie sur les dépenses et l'utilisation historique de l'ancienne flotte afin d'établir un modèle de détermination de la tendance relative aux dépenses de la nouvelle flotte. La multiplication par les coûts d'investissement et les heures de vol gonfle la tendance relative aux dépenses de sorte qu'elle prenne en compte les avancées technologiques inhérentes à un aéronef de génération avancée.

## Analyse

### Contrôle de l'âge des aéronefs

Il existe une abondante documentation sur l'effet de l'âge sur les coûts de maintenance du matériel militaire. Dans une étude menée pour le compte de l'armée des États-Unis (US Army), Peltz et coll.<sup>21</sup> ont évalué l'incidence de l'âge, de l'emplacement et de l'utilisation de chaque char d'assaut M1 (Abrams) sur leurs défaillances. Leur étude révèle que l'âge des chars d'assaut M1 avait un effet loglinéaire positif correspondant à une augmentation  $5 \pm 2$  % de défaillances des chars d'assaut (et par extrapolation, une hausse des coûts de maintenance) par année d'âge.

Dans une œuvre majeure sur le vieillissement des aéronefs militaires, Pyles<sup>22</sup> a montré que, en règle générale, à mesure que les aéronefs vieillissent, les charges de travail de maintenance et la consommation du matériel présentaient une progression en fin de vie qui dépendait du coût de sortie d'usine des aéronefs – le taux de progression relatif aux aéronefs plus chers (et plus complexes) étant plus élevé.

Hildebrandt et Sze<sup>23</sup> ont recouru à l'hypothèse de la « courbure en baignoire »<sup>24</sup> pour analyser l'âge moyen des aéronefs. Ils ont démontré un effet positif, mais n'ont constaté aucune évidence d'une diminution rapide des coûts.

Ne limitant pas son analyse aux aéronefs militaires, Dixon<sup>25</sup> a analysé les effets de l'âge sur l'aviation commerciale et constaté que les aéronefs récents (de 0 à 6 ans) subissaient des effets de l'âge considérables, notamment, un taux annuel d'augmentation des coûts de maintenance de 17,6 % par heure



de vol. Les avions moyens (de 6 à 12 ans) ont affiché une augmentation de 3,5 % et les aéronefs vieillissants (plus de 12 ans) une hausse de 0,7 % seulement. Dixon n'a pas tenu compte du taux d'augmentation des coûts de 17,6 % pour les aéronefs récents en raison de l'expiration des garanties des aéronefs et du transfert de la responsabilité des coûts de maintenance du constructeur au propriétaire. Cependant, le taux de progression de 0,7 % était conforme à celui des avions commerciaux de plus de 12 ans, mais comme les données étaient limitées (les transporteurs aériens ne conservent pas les aéronefs pendant beaucoup plus que vingt ans), Dixon a posé comme principe, avec pessimisme, que les très vieux aéronefs pouvaient entraîner des coûts de maintenance plus élevés.

Bien que l'âge soit une fonction linéaire, l'âge moyen de la flotte ne l'est pas étant donné qu'il dépend du calendrier de livraison de la flotte au début, et du calendrier d'aliénation en fin de vie. La figure 2 illustre l'âge moyen de la flotte, la modification de la taille de la flotte au fil des ans et les augmentations mensuelles. Le taux d'augmentation de la taille de la flotte au cours de la période comprise entre 1982-1983 et 1988-1989 est attribuable au calendrier de livraison échelonné. Au cours de la période comprise entre 1989-1990 et 2009-2010, l'âge moyen de la flotte a enregistré une augmentation quasi continue et n'a connu que des perturbations mineures causées par l'attrition et l'aliénation. La diminution de l'âge moyen en 2009-2010 est attribuable à l'aliénation de dix aéronefs. L'âge moyen par année financière sera utilisé dans l'analyse de régression aux fins de calcul du rapport du CF18 (équation 1).

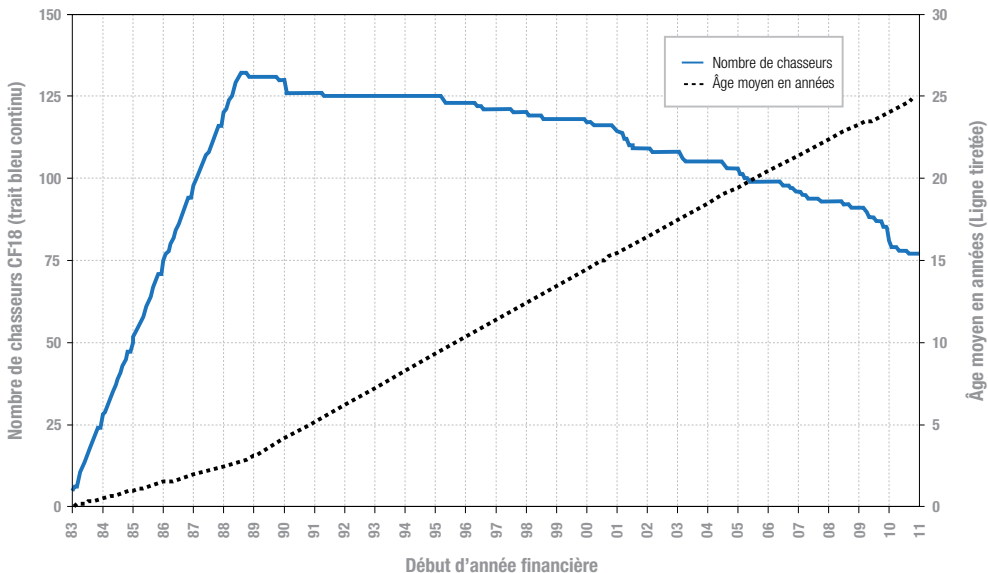


Figure 2. Nombre de chasseurs CF18 et âge moyen de la flotte au cours de la période comprise entre 1983-1984 et 2010-2011



## Avions de chasse : CF18 → F-35A

L'analyse qui suit a d'abord été réalisée en 2012 et n'a pas été mise à jour. Les dates et les coûts ont donc changé significativement depuis lors. Comme le Canada doit toujours procéder par appel d'offres compétitif pour un avion de chasse durant l'AF 2016-2017, la présente analyse devrait être considérée sous l'angle de la méthode de détermination des coûts futurs d'E et M et non sous l'angle des données actuelles présentées et utilisées.

Le Canada examine les options offertes pour renouveler sa capacité de chasseurs afin de remplacer une flotte vieillissante d'aéronefs CF18. L'une des options prises en considération concerne l'aéronef Lockheed Martin F-35A Lightning II, aussi connu sous le nom d'avion d'attaque interarmées (JSF). Le Programme de l'avion d'attaque interarmées (JSF) est considéré comme l'un des programmes de production d'armes les plus coûteux actuellement financés par l'US DOD.

Il peut remplacer un vaste éventail de chasseurs et d'avions d'assaut vieillissants dans les inventaires des États-Unis et de huit partenaires internationaux, y compris le Canada, par trois versions : le F-35A (décollage et atterrissage classiques [CTOL]), le F-35B (décollage court et atterrissage vertical [STOVL]) et le F-35C [version embarquée sur porte-avions]). Le Canada examine la version CTOL.

D'un point de vue du Canada, le CF18 a atteint la fin de sa durée de vie utile étant donné que sa durée de vie prévue (DVP) initiale était jusqu'en 2003. La flotte a déjà fait l'objet de vigoureux programmes de gestion de la durée de vie en fatigue et de réparations structurales nécessaires pour prolonger la DVP au-delà de 2020. Cependant, comme l'âge continue de frapper la flotte, il devient de plus en plus difficile de se procurer des pièces de rechange, ce qui entraîne une réduction de l'état de préparation et la nécessité de cannibaliser les aéronefs retirés du service. De plus, les menaces émergentes des aéronefs et des missiles surface-air plus puissants exposent les flottes à un risque important. Compte tenu de ce qui précède, le gouvernement du Canada a déterminé qu'il était nécessaire de remplacer le CF18 par un chasseur de la prochaine génération.

Dans le cadre d'une procédure transparente en matière de passation de marchés, on pourrait supposer qu'un grand nombre de types de chasseurs sera pris en considération, notamment le F-35A. La première étape dans la résolution de l'équation 1 consiste à construire le modèle du CF18.

### Coûts d'investissement liés au CF18

Pour alimenter l'équation relative au rapport (équation 1), il nous faut recueillir des données sur les dépenses d'investissement, d'E et M et d'utilisation (heures de vol) associées à la flotte de CF18. Le tableau 2 dresse la liste des dépenses d'investissement annuelles liées au CF18<sup>26</sup> et des dépenses d'investissement actualisées (colonnes 2 et 3, respectivement) pour l'AF 1981-1982<sup>27</sup>. Les six premières années de dépenses représentent uniquement le prix d'achat de la flotte.



Figure 3. Avion F-35A Lightning II (Photo : Sergent-chef Donald R. Allen, USAF)

Vingt-neuf mises à niveau ayant modifié et/ou prolongé la vie de la flotte de CF18 ont été prises en considération, et l'amortissement comprend le prolongement de la durée de vie.

Comme le modèle du CF18 exige un amortissement des coûts d'investissement pour la durée de vie de la flotte, la prévision des dépenses d'investissement relatives à la période comprise entre 2011-2012 et 2019-2020 (texte en bleu) est effectuée d'après les données sur les seize années précédentes, soit de 1995-1996 à 2010-2011. Le modèle qui convient le mieux était un modèle autorégressif de retard 1 qui présentait un pourcentage de variabilité des données de 99 %. Le tableau 3 présente les statistiques relatives au modèle de régression. Les coûts d'investissement annuels amortis de la flotte de CF18 pour l'AF 2019-2020 (38 ans) s'élèvent à 114,96 M\$.

#### Coûts d'E et M associés au CF18 et modèle de rapport

Les colonnes 4 à 6 du tableau 2 indiquent les dépenses annuelles d'E et M (colonne 4), les heures de vol de la flotte (Heures de vol, colonne 5) et les pourcentages de la valeur sous la forme E et M par heure de vol par coût d'investissement amorti (colonne 6), respectivement. Malheureusement, les dépenses d'E et M n'étaient pas disponibles avant l'AF 1991-1992<sup>28</sup>. Par conséquent, pour construire le modèle de rapport décrit par l'équation 1, nous avons procédé à une extrapolation rétrospective selon laquelle l'ensemble de données existant a été prévu à rebours pour établir la queue initiale.

L'ensemble de données, composé des pourcentages de la valeur observés (entrées en noir de la colonne 6), a fait l'objet d'une extrapolation rétrospective à compter de l'AF 2008-2009 en tant que modèle de régression de la série chronologique sous la forme d'une équation



$$\left( \frac{E \text{ et } M/HV}{\text{Coûts d'investissement}} \right)_t = \beta_0 + \beta_1 \hat{Age}_t + \sum_{i=2}^n \beta_i x_{t,i} + \epsilon_t, \quad t = 08/09 \dots 91/92, \quad (2)$$

dans laquelle la variable  $\hat{Age}_t$  représente l'âge moyen de la flotte au moment  $t$  (colonne 7 du tableau 2), les variables  $x_{t,i}$  sont les variables d'intervention  $n$  (impulsions et décalages de niveau) et la variable  $\epsilon_t$  représente le terme d'erreur du bruit blanc.

AF	Coût d'investissement (en M\$)	Coût d'investissement actualisé (en M\$)	Coûts d'E et M (en M\$)	Heures de vol	Rapport du CF18 ( $\times 10^{-6}$ par heure)	Âge moyen (en années)	Modèle de rapport du CF18 ( $\times 10^{-6}$ par heure)
1981-1982	565,60	565,60					
1982-1983	565,60	543,85			36,59	0,19	28,542
1983-1984	777,70	719,03			38,01	0,64	30,707
1984-1985	777,70	691,38			39,54	1,07	32,821
1985-1986	742,35	634,57			41,00	1,54	35,121
1986-1987	777,70	639,22			42,58	2,03	37,487
1987-1988					44,20	2,53	39,930
1988-1989					46,50	3,15	42,947
1989-1990					49,67	4,13	47,735
1990-1991					53,05	5,17	52,803
1991-1992			225,00	38 966	50,23	6,18	57,686
1992-1993			225,00	30 216	64,78	7,18	62,559
1993-1994			222,58	27 058	71,56	8,18	67,432
1994-1995			182,27	26 241	60,42	9,18	72,304
1995-1996	0,66	0,38	197,36	23 704	72,43	10,15	77,033
1996-1997	50,59	28,09	178,17	23 142	66,97	11,16	81,964
1997-1998	2,69	1,44	176,79	23 235	66,19	12,15	86,790
1998-1999	19,90	10,22	202,94	21 629	81,62	13,12	91,516
1999-2000	22,90	11,31	169,77	20 892	70,69	14,12	96,389
2000-2001	16,59	7,88	170,98	18 188	81,77	15,08	101,069
2001-2002	10,23	4,67	183,39	16 593	96,14	15,98	105,467
2002-2003	22,59	9,91	193,30	16 051	104,76	16,98	110,354
2003-2004	281,46	118,77	218,14	14 186	133,77	17,98	115,221
2004-2005	221,26	89,77	211,49	12 812	143,60	18,95	119,915
2005-2006	229,70	89,61	216,33	13 530	139,09	19,87	124,408
2006-2007	37,59	14,10	223,00	12 324	157,41	20,77	128,808



AF	Coût d'investissement (en M\$)	Coût d'investissement actualisé (en M\$)	Coûts d'E et M (en M\$)	Heures de vol	Rapport du CF18 ( $\times 10^{-6}$ par heure)	Âge moyen (en années)	Modèle de rapport du CF18 ( $\times 10^{-6}$ par heure)
2007-2008	34,54	12,46	212,00	12 899	142,97	21,70	133,322
2008-2009	20,01	6,94	193,00	13 682	122,71	22,64	137,904
2009-2010	17,24	5,75				23,47	141,978
2010-2011	344,83	110,57				24,26	145,820
2011-2012	21,25	6,55				25,26	150,693
2012-2013	22,69	6,73				26,26	155,566
2013-2014	22,05	6,29				27,26	160,439
2014-2015	22,33	6,12				28,26	165,311
2015-2016	22,21	5,85				29,26	170,184
2016-2017	22,26	5,64				30,26	175,057
2017-2018	22,24	5,42				31,26	179,930
2018-2019	22,25	5,21				32,26	184,803
2019-2020	22,24	5,01				33,26	189,676
<b>Total</b>	<b>5,738,99</b>	<b>4,368,32</b>					

Tableau 2. Données sur le CF18 et résultats du modèle (les valeurs surlignées en bleu sont des prévisions et les coûts sont indiqués en millions de dollars canadiens (\$ CAN))

	Coefficient	Erreur-type	Valeur de p	Valeur de t
<b>Constant</b>	$3,22 \times 10^7$	$5,21 \times 10^6$	0,000 1	6,17
<b>Retard 1</b>	-0,446	0,202	0,051 4	-2,21
<b>Impulsion</b> $t = 03/04$	$2,60 \times 10^8$	$1,01 \times 10^7$	0,000 0	25,83
<b>Impulsion</b> $t = 04/05$	$1,96 \times 10^8$	$1,04 \times 10^7$	0,000 0	18,83
<b>Impulsion</b> $t = 05/06$	$2,14 \times 10^8$	$1,01 \times 10^7$	0,000 0	21,25
<b>Impulsion</b> $t = 10/11$	$3,20 \times 10^8$	$1,01 \times 10^7$	0,000 0	31,71

Tableau 3. Statistiques sur la régression du coût d'investissement du CF18

Le modèle de régression qui convient le mieux présentait un pourcentage de variabilité des données de 98 %, et avec une statistique Durbin Watson de 2,318 5, il n'y avait aucune autocorrélation significative des résidus<sup>29</sup> pour le retard 1<sup>30</sup>. Le tableau 4 présente les statistiques relatives au modèle de régression.



Composante du modèle	Coefficient	Erreur-type	Valeur de p	Valeur de t
Constante	48,992 ( $\beta_0$ )	12,0	0,001 8	4,09
Âge	3,256 ( $\beta_1$ )	0,483	0,000 0	6,75
Décalage de niveau $t=92/93$	26,960 5	5,70	0,000 6	4,73
Décalage de niveau $t=97/98$	- 40,017 7	5,15	0,000 0	-7,77
Impulsion $t=93/94$	13,814 7	5,54	0,029 9	2,49
Impulsion $t=97/98$	13,518 7	5,97	0,044 6	2,27
Impulsion $t=00/01$	- 11,220 9	5,41	0,062 4	-2,07

Tableau 4. Statistiques relatives à l'extrapolation rétrospective d'après le modèle de rapport du CF18

#### Modèle de prévision (rapport)

L'extrapolation rétrospective des données limitées sur le rapport a été réalisée aux seules fins d'estimer les pourcentages de la valeur pour la période comprise entre 1982-1983 et 1990-1991 inclusivement. Avec les estimations par rétroprojection et les données sur les rapports observées au cours de la période comprise entre 1991-1992 et 2008-2009 (colonne 6 du tableau 2), un modèle de prévision de régression a été construit sous la forme d'une équation.

$$\left( \frac{\text{E et M/HV}}{\text{Coûts d'investissement}} \right)_t = \beta_0 + \beta_1 \hat{Age}_t + \epsilon_t, t = 82/83 \dots 08/09, \quad (3)$$

dans laquelle la variable temps  $t$  représente maintenant les 27 années comprises dans la période allant de 1982-1983 à 2008-2009.

Le modèle de régression présentait un pourcentage de variabilité des données de 88 %. Le tableau 5 montre les statistiques relatives au modèle de régression, le tableau 2 (colonne 8) illustre la prévision des valeurs d'après le modèle de rapport du CF18 et la figure 4 décrit le modèle de rapport du CF18 et la valeur probable à long terme.

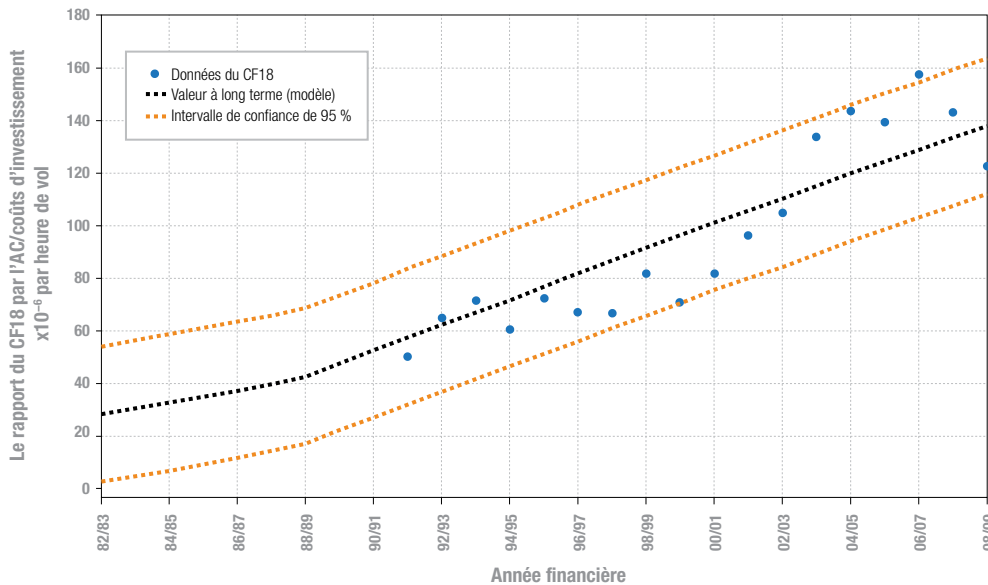
Cependant, il y a évidence d'autocorrélation positive des résidus pour le retard 1 (statistiques de Durbin Watson : 0,642). Lorsqu'il y a une autocorrélation, les coefficients de régression estimés demeurent impartiaux, mais il y aura un biais dans les erreurs-types des estimations qui seront plus petites que les erreurs-types réelles dans une autocorrélation positive, et les intervalles de confiance seront sous-estimés. Nous avons tenté, sans succès, de modifier la spécification du modèle soit par décrémentation polynomiale, soit en apportant une correction AR(1) à la variance résiduelle. Dans le premier cas, l'ajout d'une série quadratique a amplifié l'estimation de la queue droite au-delà de toute attente raisonnable



en matière de dépenses d'E et M, tandis que, dans le second cas, une correction du modèle AR(1) pour les résidus a permis de redresser l'autocorrélation, mais a donné lieu à un modèle des tendances comportant des données passablement bruitées, ce qui fait qu'une transformation directe du CF18 au F-35A n'aurait pas été réaliste.

Composante du modèle	Coefficient	Erreur-type	Valeur de p	Valeur de t
Constante	27,594 ( $\beta_0$ )	4,48	0,000 0	6,16
Âge	4,872 9 ( $\beta_1$ )	0,354	0,000 0	13,77

**Tableau 5. Statistiques relatives à la régression pour la prévision d'après le modèle de rapport du CF18**



**Figure 4. Modèle de rapport du CF18**

### Test de normalité des résidus

Les tests de normalité<sup>431</sup> servent à déterminer si oui ou non un ensemble de données est bien défini par une distribution normale. Si la distribution des résidus d'un modèle de régression n'est pas normale, les résidus ne devraient pas être utilisés dans les tests statistiques tirés de la distribution normale, car la variable-réponse (le rapport) ou la variable explicative (l'âge moyen) pourrait avoir la mauvaise forme fonctionnelle ou des variables importantes pourraient manquer.





Le tableau 6 dresse une liste des valeurs observées ( $y$  compris les estimations pour la période comprise entre 1982–1983 et 1990–1991), des valeurs ajustées et des résidus du modèle de rapport. Malheureusement, les résultats des tests de normalité réalisés sur un échantillon de données aussi petit (27 points) sont toujours douteux, car ils sont presque toujours positifs. Le non-rejet de l'hypothèse nulle selon laquelle l'échantillon provient d'une distribution normale peut être un reflet de la normalité de la population ou d'une absence de preuve solide à l'encontre de l'hypothèse nulle en raison de la petite taille de l'échantillon. De nombreux tests théoriques de validité de l'ajustement sont spécialisés dans les petits échantillons, et deux tests de distance les plus connus sont les tests d'Anderson-Darling et de Lilliefors<sup>32</sup>. Cependant, Doornik et Hansen ont conçu un test composite afin de vérifier la normalité à une variable<sup>33</sup>, lequel est basé uniquement sur les troisième et quatrième moments ainsi que sur l'asymétrie et l'aplatissement, respectivement<sup>34</sup>. Le test mesure bien les très petits échantillons<sup>35</sup> et il est facile à réaliser.

Conformément à la notation de Doornik et Hansen<sup>36</sup>, les moments de l'échantillon ( $m_k$ ) pour la taille de l'échantillon  $n$  sont définis par l'équation suivante

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i, \quad m_k = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^k, \quad \sqrt{b_1} = \frac{m_3}{m_2^{3/2}} \quad \text{et} \quad b_2 = \frac{m_4}{m_2^2}, \quad (4)$$

dans laquelle les variables  $b_1$  et  $b_2$  représentent l'asymétrie et l'aplatissement de l'échantillon, respectivement, et ne sont pas distribuées d'une manière indépendante, bien qu'elles soient non corrélées. En supposant que  $z_1$  et  $z_2$  représentent l'asymétrie et l'aplatissement transformés, conformément au modèle de Doornik et Hansen<sup>37</sup>, selon lequel la transformation produit des statistiques plus proches de la courbe standard normale et le test statistique  $E_p$  est défini par l'équation

$$E_p = z_1^2 + z_2^2 \widetilde{dac} \chi^2(2), \quad (5)$$

selon laquelle *dac* signifie « se distribue approximativement comme » et  $\chi^2(2)$  précise la distribution de  $\chi^2$  avec deux degrés de liberté (DDL). Les résultats du test de normalité des résidus du modèle de régression sont présentés au tableau 7. Avec une valeur de  $p$  égale à 0,947 4, les résultats indiquent qu'on n'a pas rejeté l'hypothèse nulle selon laquelle l'échantillon provient d'une distribution normale à un niveau de signification égal à 5 %. Le diagramme quantile-quantile (figure 5) des données log transformées sur l'E et M par rapport à la distribution normale montre un léger écart de la droite à 45 degrés, ce qui indique que les données sont raisonnablement bien définies par la distribution normale.

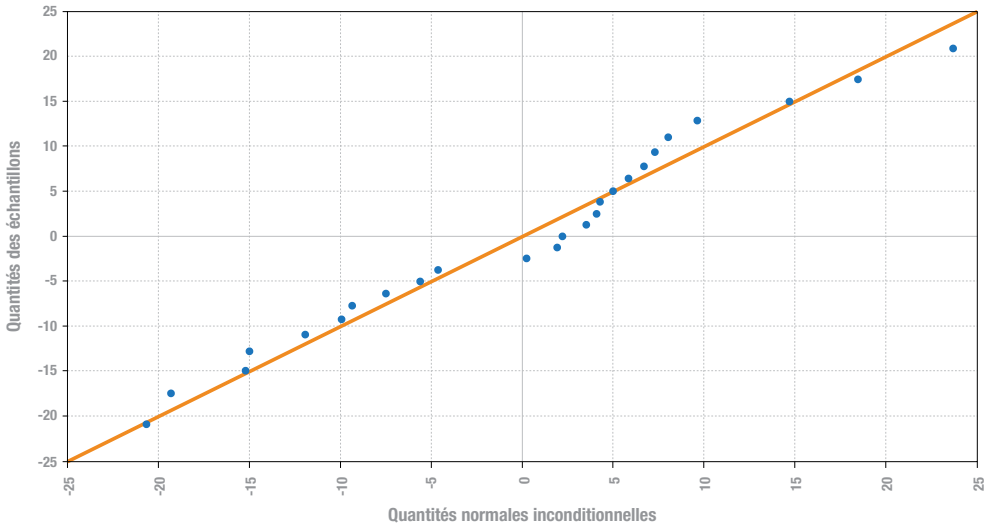


Figure 5. Diagramme quantile-quantile des résidus d’après le modèle de rapport du CF18

### Discussion sur le modèle

Le modèle de rapport du CF18 a été conçu comme un modèle de régression simple dans lequel l’âge moyen de la flotte est la variable explicative et le rapport coûts d’E et M par heure de vol et coûts d’investissement amortis est la variable-réponse. Comme nous l’avons mentionné, le pourcentage de variabilité de 88 % dans le rapport peut s’expliquer par l’augmentation de l’âge moyen de la flotte, le fait que tous les coefficients du modèle sont statistiquement significatifs et le fait que les résidus passent les tests de normalité, mais présentent une autocorrélation positive entraînant une sous-estimation des intervalles de confiance.

Année financière	Données initiales	Valeur probable (ajustée)	Résidus	Pourcentage d’erreur
1982-1983	36 590	28 541	8,05	22,00
1983-1984	38 010	30 707	7,30	19,21
1984-1985	39 540	32 821	6,72	16,99
1985-1986	41 000	35 121	5,88	14,34
1986-1987	42 580	37 487	5,09	11,96
1987-1988	44 200	39 930	4,27	9,66
1988-1989	46 500	42 948	3,55	7,64
1989-1990	49 670	47 735	1,93	3,90



Année financière	Données initiales	Valeur probable (ajustée)	Résidus	Pourcentage d'erreur
1990-1991	53 050	52 803	0,25	0,47
1991-1992	50 230	57 686	- 7,46	- 14,84
1992-1993	64 776	62 559	2,22	3,42
1993-1994	71 557	67 432	4,12	5,76
1994-1995	60 425	72 305	- 11,90	- 19,66
1995-1996	72 426	77 033	- 4,61	- 6,36
1996-1997	66 974	81 965	- 15,00	- 22,38
1997-1998	66 189	86 790	- 20,60	- 31,12
1998-1999	81 621	91 516	- 9,90	- 12,12
1999-2000	70 688	96 389	- 25,70	- 36,36
2000-2001	81 775	101 070	- 19,30	- 23,59
2001-2002	96 144	105 470	- 9,32	- 9,70
2002-2003	104 760	110 350	- 5,59	- 5,34
2003-2004	133 760	115 220	18,50	13,86
2004-2005	143 600	119 920	23,70	16,49
2005-2006	139 090	124 410	14,70	10,55
2006-2007	157 410	128 810	28,60	18,17
2007-2008	142 970	133 320	9,65	6,75
2008-2009	122 710	137 900	- 15,20	- 12,38

Tableau 6. Valeurs ajustées et résidus d'après le modèle de rapport du CF18

Statistiques sur le moment	valeur de p étant $H_0$		
asymétrie	0,080 9	0,838 9	$H_0 =$ aucune asymétrie
aplatissement	2,574 0	0,796 2	$H_0 =$ aucun aplatissement
$z_1$	0,203 4	0,580 6	$H_0 =$ aucune asymétrie négative
$z_2$	0,258 3	0,601 9	$H_0 =$ aucun aplatissement négatif
$E_p$	0,108 0	0,419 4	$H_0 =$ aucune asymétrie positive
DDL	2	0,398 1	$H_0 =$ aucun aplatissement positif
		0,947 4	$H_0 =$ la distribution des données est normale

Tableau 7. Test de normalité des résidus d'après le modèle de rapport du CF18



Les heures de vol et l'âge moyen des avions ont manifestement des relations causales étroites avec l'augmentation des coûts. La présente étude s'appuie sur les deux variables, mais seul l'âge moyen a été calculé par régression dans le rapport. Le traitement des heures de vol en tant que variable explicative n'a pas obtenu un succès semblable. Le modèle bilogarithmique d'Unger a été appliqué à la flotte du CF18 et affiche une variabilité de 8 % seulement dans le log des coûts d'E et M qui s'explique par l'âge moyen et le log des heures de vol. De plus, aucun coefficient du modèle d'Unger relatif aux heures de vol et à l'âge moyen n'était significatif.

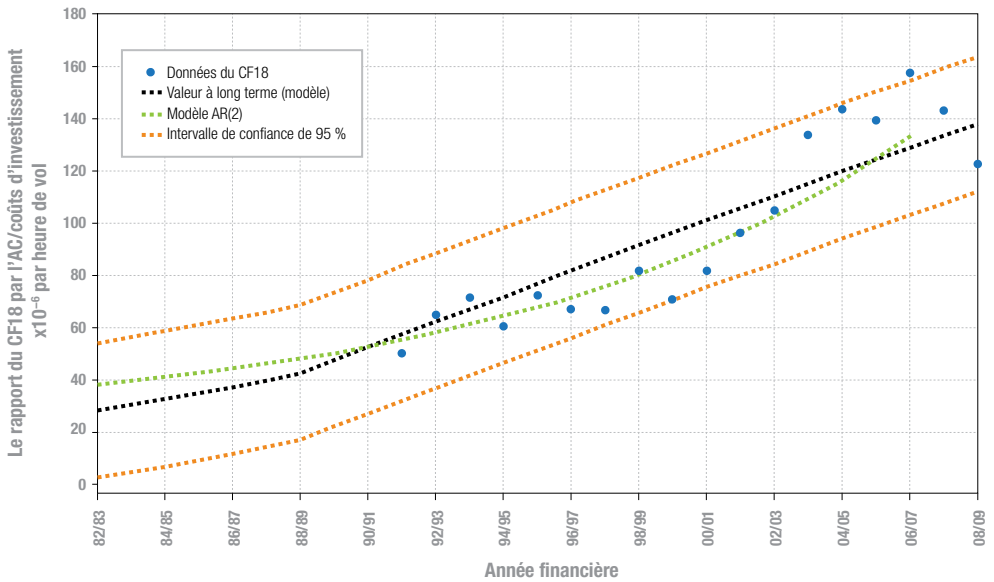
Dans une étude menée en 2011, Maybury a démontré que les heures de vol n'entraînent pas une dépense au chapitre de l'E et M de la flotte de CF18 ou de la flotte de CC130<sup>38</sup>. En utilisant les tests de causalité de Granger avec les modèles autorégressifs à vecteurs bidimensionnels, Maybury a montré que la prévision des dépenses d'E et M ne pouvait pas être améliorée en utilisant les heures de vol comme variable explicative. De plus, dans une étude menée en 2010, Maybury a appliqué les méthodes utilisées en théorie des matrices aléatoires pour chercher les relations entre les dépenses d'E et M et le rendement de la flotte de CC130<sup>39</sup>. Maybury a utilisé treize indicateurs de rendement de haut niveau qui devaient avoir une corrélation élevée avec les dépenses d'E et M, mais n'a constaté aucune relation significative entre les dépenses et les indicateurs.

Par conséquent, le modèle de rapport du CF18 est défini par l'équation 3 et par les paramètres indiqués au tableau 5. Un modèle AR(2) récent, abordé précédemment, a permis de dégager une tendance à la hausse raisonnable dans les dépenses d'E et M, mais n'a pu être confirmé comme étant le meilleur choix pour la flotte de CF18. Quand on compare les deux modèles (voir la figure 6), on constate que, bien que le modèle AR(2) commence par une estimation élevée du rapport, l'écart devient nul sur une période de sept ans, et le modèle fournit éventuellement des estimations qui sont inférieures aux estimations de régression pour la majeure partie du cycle de vie du CF18.

La question de la taille de l'échantillon a déjà été abordée dans la conception du modèle de prévision à rebours. Comme les données annuelles étaient les seules disponibles, nous nous sommes limités à l'âge de la flotte de CF18 (27 ans, dont neuf années de données sur la prévision à rebours) dans l'élaboration de la prévision. Bien qu'il n'y ait aucune norme minimale quant au nombre de points de données nécessaires pour définir un modèle, dans le cas d'un modèle annuel, Wang et Jain<sup>40</sup> suggèrent un échantillon de 20 points de données  $+k$ , selon lequel  $k = k^0 + 1$ ,  $k^0$  représente le nombre de variables explicatives et le nombre 1 représente le terme constant dans le modèle. Avec un niveau de confiance à 95 % et 20 degrés de liberté, la valeur critique de  $t$  est environ égale à 2.

Un dernier point qui doit être abordé concerne les intervalles de confiance du modèle de prévision. Les intervalles sont fondés sur les données sur l'âge moyen relatives au rapport à rebours du CF18. D'ordinaire, il n'y aurait pas de problème si les données étaient fondées sur des observations seulement. Cependant, les coûts d'investissement actualisés liés au CF18 sont en partie prévus, ce qui entraîne une variation de l'investissement total actualisé. En outre, les rapports du CF18 utilisés pour établir le modèle prévisionnel englobent des prévisions à rebours sur valeurs prévues, qui, elles aussi, entraînent une variation des données portant sur les neuf premières années. Il aurait fallu procéder à une simulation de type « bootstrap », ou avoir recours à quelque autre méthodologie, pour prendre

en compte la variance additionnelle dans le modèle final. Toutefois, il est possible de créer un nombre illimité de modèles de cette manière et ils ne seraient pas tous pertinents du point de vue statistique. La possibilité d'isoler les données pertinentes de celles qui ne le sont pas pose un problème considérable sur le plan méthodologique qui n'a pu être réglé dans le cadre de la présente étude. Par conséquent, les intervalles de confiance présentés dans le modèle final sont des estimations sommaires et sont très probablement inférieurs à la variance réelle des données et du modèle.



**Figure 6. Le modèle de rapport du CF18 (en noir) et une version récente du modèle autorégressif (2) (en vert)**



## Résultats

La présente partie reproduit sur une base annuelle d'égal à égal le modèle de rapport du CF18 à la flotte de F-35A en tant que valeur probable à long terme. Pour dégager la tendance initiale dans les dépenses d'E et M du F-35A, on a reproduit l'année au cours de laquelle les dépenses d'E et M associées au CF18 ont commencé (1982-1983) dans l'année au cours de laquelle les dépenses d'E et M du F-35A commenceront (2016-2017). Dans le second cas, le début des dépenses d'E et M associées au F-35A est directement lié aux heures de vol prévues (en supposant qu'aucun paiement autorisé n'est effectué à l'avance), et, par approximation, à la taille de la flotte. En supposant l'absence d'attrition, le tableau 8 présente la taille de la flotte de F-35A selon le calendrier de livraison et la prévision des heures de vol de la flotte qui ont été utilisées comme base de référence de l'analyse<sup>41</sup>.

Par exemple, pour l'AF 2016-2017, on applique l'équation 1 avec les données des tableaux 2 et 8

$$\begin{aligned} \text{Coûts d'E et M}_{16/17}^{F-35A} &= \left[ \frac{\text{E et M/HV}_{82/83}}{\text{Coûts d'investissement}_{82/83}} \right]^{CF-18} \times \text{Coûts d'investissement}_{16/17}^{F-35A} \times \text{Heures de vol}_{16/17}^{F-35A} \\ &= 28.542 \times 10^{-6} \times 228.29 \times 10^6 \times 350 \\ &= \$2.30 \times 10^6 \end{aligned} \quad (6)$$

et pour les années 2017-2018

$$\begin{aligned} \text{Coûts d'E et M}_{17/18}^{F-35A} &= \left[ \frac{\text{E et M/HV}_{83/84}}{\text{Coûts d'investissement}_{83/84}} \right]^{CF-18} \times \text{Coûts d'investissement}_{17/18}^{F-35A} \times \text{Heures de vol}_{17/18}^{F-35A} \\ &= 30.707 \times 10^{-6} \times 228.29 \times 10^6 \times 1225 \\ &= \$8.60 \times 10^6 \end{aligned} \quad (7)$$

selon laquelle  $228,29 \times 10^6$  représente les coûts d'investissement annuels amortis associés au F-35A sur une période d'amortissement de 30 ans, et 350 heures et 1 225 heures représentent les heures de vol des première et deuxième années d'utilisation de la flotte (tableau 8) (il faut se rappeler que les unités pour le terme rapport sont exprimées en heures<sup>-1</sup>).

AF	Taille de la flotte	Heures de vol (heures de vol de base)	Heures de vol (12 000 heures à compter de 2021-2022)
2016-2017	3	350	350
2017-2018	7	1 225	1 225
2018-2019	13	3 075	3 075
2019-2020	26	5 358	5 358
2020-2021	42	8 578	8 578
2021-2022	55	12 345	12 000
2022-2023	65	15 443	12 000
2023-2024	65	15 795	12 000
2024-2025	65	15 795	12 000

Tableau 8 : Taille de la flotte de F-35A et prévision des heures de vol annuelles

## Scénario 1 : Analyse de base

Le premier scénario représente l'analyse de base dans laquelle la configuration de base permettant de prévoir les heures de vol de la flotte est utilisée pour prévoir les coûts d'E et M associés au F-35A. La figure 7 illustre la prévision des coûts de base d'E et M pour la flotte de F-35A et l'intervalle de confiance à 95 %. Les sept premières années représentent la constitution de la flotte et les augmentations correspondantes des heures de vol. En la comparant à l'estimation des coûts de maintien en puissance sur une période de 20 ans établie par le MDN (5,7 G\$), l'analyse de référence révèle que le total des dépenses traditionnelles<sup>42</sup> d'E et M associées au F-35A variait entre 4,0 G\$ et 1,5 G\$. Pour une période d'exploitation de trente ans (de 2016-2017 à 2045-2046), le total estimatif des dépenses d'E et M variait entre 8,7 G\$ et 2,4 G\$.

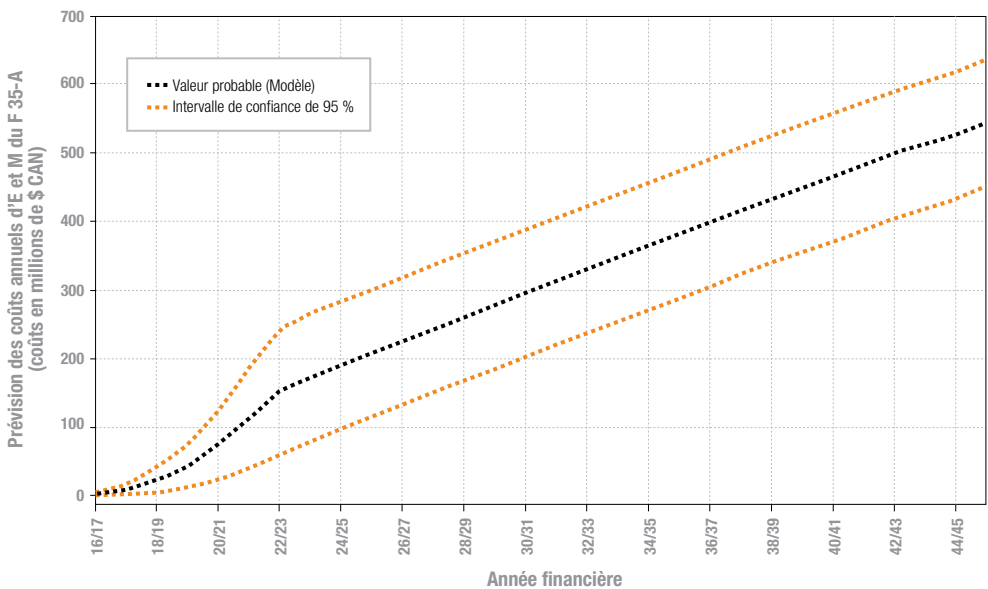


Figure 7. Prévision des coûts de base annuels d'E et M du F-35A

## Scénario 2 : Heures de vol annuelles abaissées à 12 000 à compter de l'AF 2021-2022

Dans un deuxième scénario, on rajuste l'analyse de base en abaissant les heures de vol annuelles du parc aérien à 12 000 heures à compter de l'AF 2021-2022. La figure 8 illustre l'effet de la réduction du nombre d'heures. Le coût total estimatif d'E et M pour une période d'exploitation de trente années varie entre 6,7 G\$ et 1,9 G\$, une économie prévue de 2,0 G\$ par rapport aux coûts de base. Pour une période d'exploitation de vingt années, le coût estimatif d'E et M varie entre 3,1 G\$ et 1,2 G\$. La figure 9 montre l'écart entre la prévision des coûts de base d'E et M et le résultat de 12 000 heures. L'économie de coût prévue au chapitre de l'E et M est indiquée par la zone surlignée.

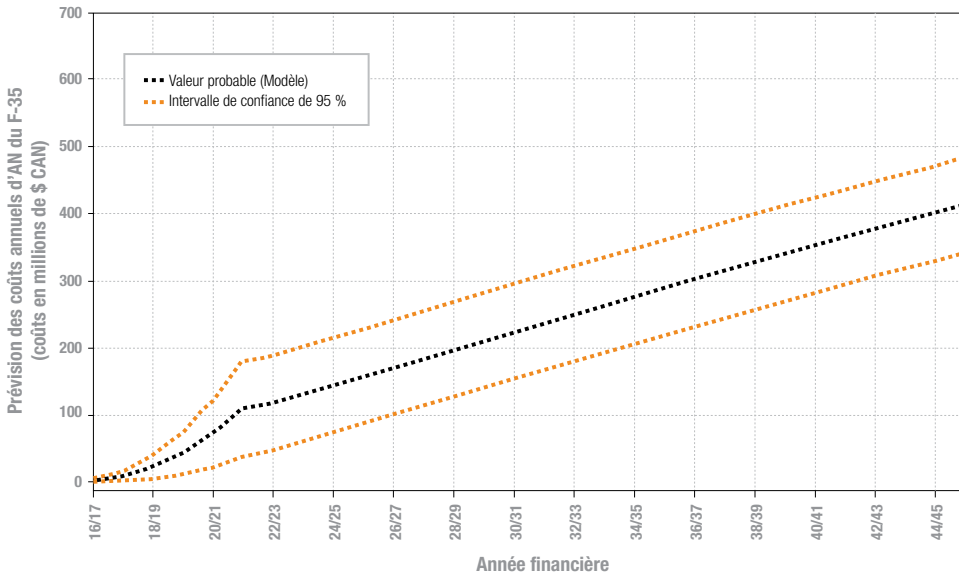


Figure 8. Prédiction des coûts d'E et M du F-35A pour 12 000 heures de vol annuelles à compter de l'AF 2021-2022

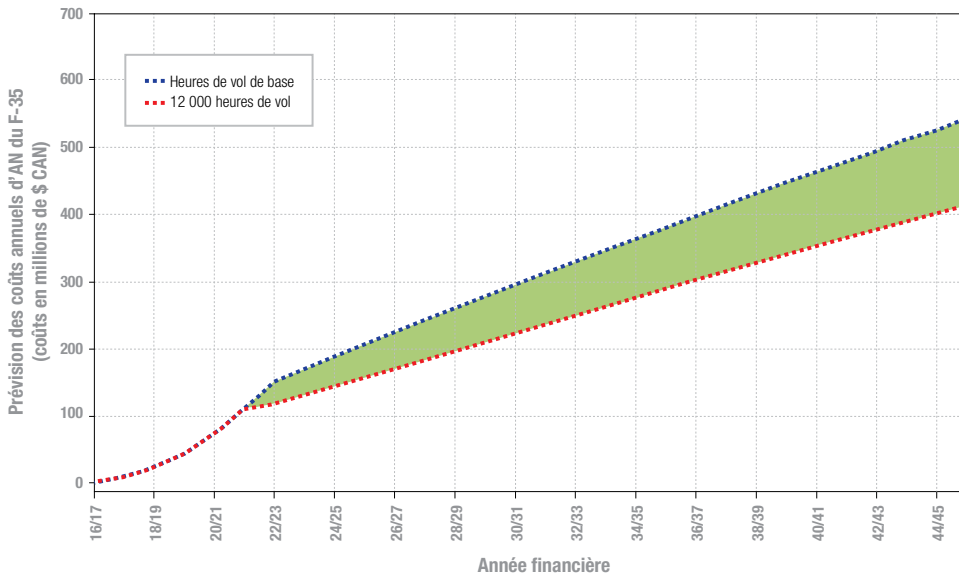


Figure 9. Comparaison des coûts d'E et M par rapport aux heures de base et à 12 000 heures de vol annuelles





## Scénario 3 : Ajustements des coûts unitaires récurrents à la sortie de l'usine (CURSU)

Depuis la signature du Protocole d'entente sur la production, le soutien et le développement subséquent du Programme d'avions de combat interarmées<sup>43</sup>, en 2006, le US Joint Strike Fighter Program Office (JPO) fournit constamment des mises à jour des coûts unitaires récurrents à la sortie de l'usine (CURSU) pour les 65 aéronefs F-35A (version CTOL) que le Canada pourrait décider d'acquérir. En 2011, un modèle a été conçu avec le Centre d'analyse et de recherche opérationnelle (CARO) de Recherche et développement pour la défense Canada (RDDC) afin de fournir au Bureau de projet du MDN une estimation indépendante des CURSU moyens que paiera probablement le Canada selon la phase de la chaîne de production du JSF à laquelle il fera dessiner son aéronef<sup>44</sup>. Le modèle du CARO, conçu d'après une méthode de la RAND Corporation, a été utilisé afin de fournir une estimation indépendante secondaire des CURSU prévus fondée sur une estimation des coûts réalisée en juin 2011 et sur le plan du profil de production.

Selon la planification du profil de production effectuée en janvier 2012<sup>45</sup>, le Canada prendra livraison de 3, 4, 6, 13, 16, 13 et 10 aéronefs au cours des années comprises entre 2016-2017 et 2022-2023, respectivement. Le coût par aéronef (véhicule aérien et moteur) à la livraison en dollars US, établi d'après le modèle du CARO, est indiqué dans la colonne 2 du tableau 9. La colonne 5 indique le CURSU total à la livraison une fois converti en dollars canadiens, basé sur un taux d'échange de 1 050<sup>46</sup>.

Date de livraison	Coût par aéronef (M\$ US)	Calendrier de livraison	CURSU (M\$ US)	CURSU (M\$ CAN)
2016-2017	102,92	3	308,76	324,19
2017-2018	95,10	4	380,41	399,43
2018-2019	93,07	6	558,42	586,35
2019-2020	92,29	13	1,199,81	1,259,80
2020-2021	92,61	16	1,481,71	1,555,79
2021-2022	94,18	13	1,224,29	1,285,51
2022-2023	95,54	10	955,43	1,003,20

**Tableau 9 : Estimations du CURSU du F-35A (modèle du CARO) ajusté pour livraison au cours de l'AF du Canada**

Un remplacement des estimations du CURSU du JPO (les données sensibles n'apparaissent pas) par les estimations du modèle (colonne 5 du tableau 9) entraîne une hausse de 0,8 G\$ du coût total d'investissement, lequel est amorti sur une période de 30 ans pour un montant annuel de 240,6 M\$. La figure 10 montre l'effet de l'augmentation des coûts d'E et M prévus pour la flotte de F-35A et l'intervalle de confiance à 95 % lorsqu'on utilise les heures de vol de base. Le coût total estimatif d'E et M pour des périodes d'exploitation de 20 et de 30 années varie entre 4,2 G\$ et 1,6 G\$ et entre 9,2 G\$ et 2,5 G\$, respectivement, soit une hausse prévue de 0,2 G\$ et 0,5 G\$, respectivement, par rapport à l'estimation de base. L'écart dans les coûts d'E et M est surligné dans la figure 11.

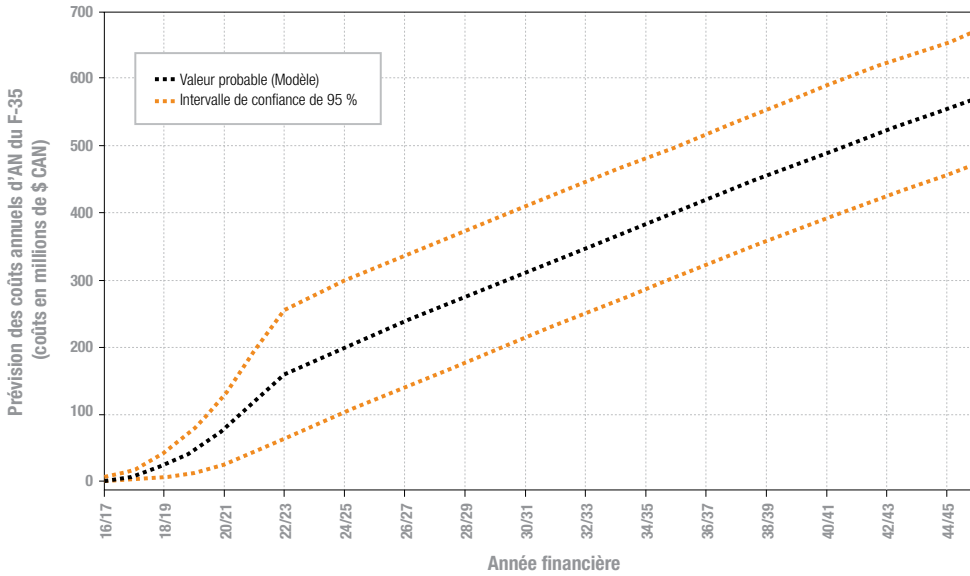


Figure 10. Prédiction des coûts annuels d'E et M du F-35A selon le CURSU établi d'après le modèle du CARO

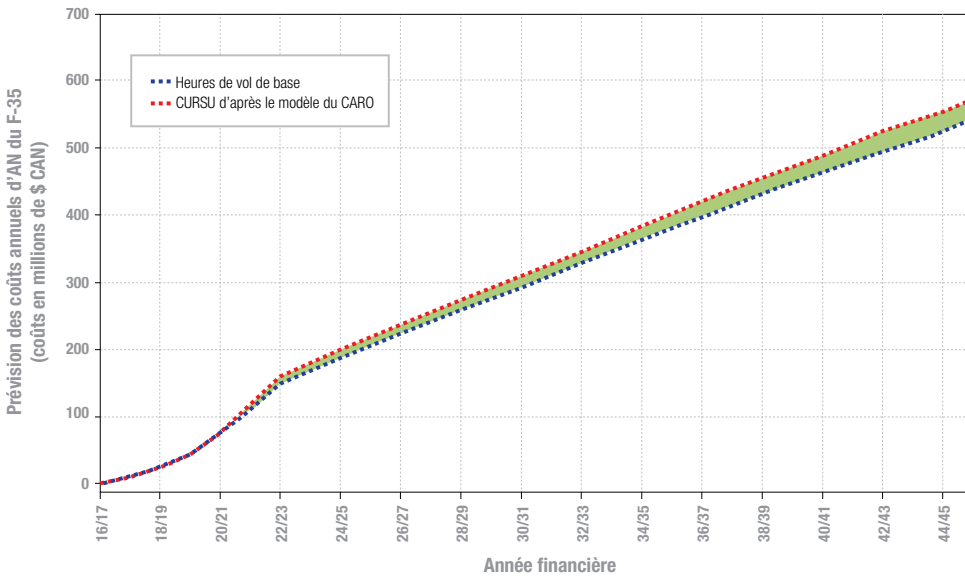


Figure 11. Comparaison entre le coût de base et le CURSU établi d'après le modèle du CARO quant à la valeur probable des coûts d'E et M

## Scénario 4 : Ajustements des coûts unitaires récurrents à la sortie de l'usine aux heures de vol annuelles abaissées à 12 000 à compter de l'AF 2021-2022

Dans le dernier scénario, des ajustements sont apportés au CURSU établi d'après le modèle du CARO en abaissant à 12 000 le nombre d'heures de vol annuelles à compter de l'AF 2021-2022. La figure 12 illustre l'effet de la réduction du nombre d'heures. Le coût total d'E et M pour des périodes d'exploitation de 20 et 30 années varie entre 3,3 G\$ et 1,2 G\$ et entre 7,1 G\$ et 2,0 G\$, respectivement. La figure 13 souligne l'écart dans les coûts d'E et M.

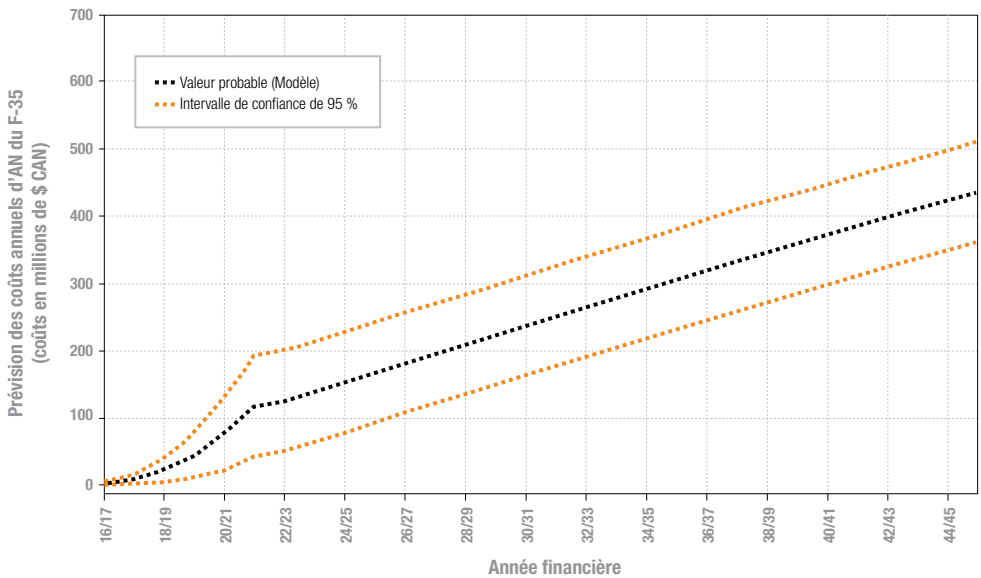
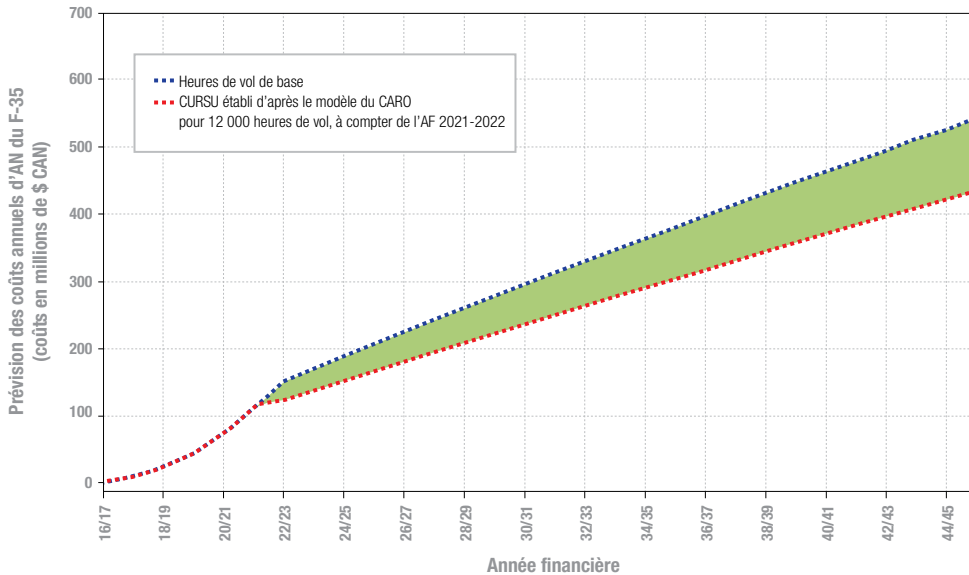


Figure 12. Prévision des coûts annuels d'E et M du F-35A basée sur le CURSU établi d'après le modèle du CARO et sur 12 000 heures de vol annuelles, à compter de l'AF 2021-2022



**Figure 13. Comparaison entre le coût de base et le CURSU établi d'après le modèle du CARO pour 12 000 heures de vol annuelles, à compter de l'AF 2021-2022**

## Conclusions

La présente étude a pour objectif de fournir au Bureau de gestion de projets du MDN un modèle de prévision qui pourrait être utilisé pour évaluer les coûts annuels d'E et M des 65 aéronaves F-35A que le Canada pourrait décider d'acquérir. Le présent rapport comporte une recherche documentaire approfondie et comprend les analyses antérieures appuyant le projet, des ensembles complets de données (non classifiées) et l'analyse y afférente, ainsi qu'une méthode de prévision et son application.

Des estimations annuelles des coûts d'E et M sont fournies, de la première livraison à la fin de la durée de vie estimée de la flotte (actuellement 30 ans), dans le cadre d'une série de scénarios. Le modèle intègre une analyse de sensibilité afin d'évaluer les changements dans les heures de vol de base ou les coûts initiaux, ainsi qu'une analyse comparative afin de cerner les conséquences sur le redressement des coûts de base. Chaque résultat est présenté comme étant une valeur probable avec un intervalle de confiance à 95 % afin que le lecteur puisse calculer les limites inférieures et supérieures des prévisions des coûts d'E et M.

La méthode de prévision s'appuie sur les coûts d'E et M et les coûts d'investissement amortis de la flotte de CF18 suivant une approche fondée sur le rapport en tant que modèle de prévision de la demande d'E et M de la flotte de F-35A. Les résultats de cette analyse, considérée comme une analyse descendante de haut niveau, reposent sur l'hypothèse selon laquelle la flotte de F-35A remplit les mêmes profils de mission que ceux de la flotte de CF18, c.-à-d. que la flotte de F-35A ne peut se charger de



missions entièrement différentes de celles de la flotte de CF18 et que la fréquence de ces missions ne peut pas être modifiée d'une manière significative par rapport à celles de la flotte de CF18.

Du point de vue des heures de vol annuelles, l'utilisation des aéronefs de la flotte de CF18 est intégrée au modèle de rapport comme une approximation de la taille de la flotte. L'âge moyen des aéronefs est également intégré au modèle de rapport afin de prendre en compte les taux de progression des coûts à mesure que les aéronefs vieillissent et la manière dont ces taux pourraient changer à l'avenir. Dans le modèle de régression simple qui a été mis au point, on suppose que l'âge entraîne une augmentation des coûts d'E et M par heure de vol (le coût d'investissement est une constante amortie).

Comme cela a récemment été démontré pour la flotte de CF18<sup>47</sup>, les heures de vol n'ont pas de lien causal à la Granger avec les coûts d'E et M<sup>48</sup>. Par conséquent, l'établissement par régression des coûts d'E et M par rapport à l'âge moyen et aux heures de vol n'a pas produit des résultats statistiquement significatifs. D'autres variables explicatives ont également été écartées : comme dans le cas de la flotte de CC130<sup>49</sup>, aucune relation significative n'a pu être établie entre les dépenses et treize indicateurs de rendement de haut niveau.

Enfin, les méthodes présentées dans cette étude peuvent être appliquées à n'importe quel système, pourvu qu'un système analogique permette l'extraction des données nécessaires pour effectuer une prévision. La méthode a déjà été appliquée avec succès au remplacement du CC130 (aéronef de transport Hercules), au CC130J<sup>50</sup>, et, plus récemment, aux véhicules de l'armée, comme le véhicule blindé tactique de patrouille (VBTP)<sup>51</sup> et à la mise à niveau du véhicule blindé léger (VBL) III<sup>52</sup>.

---

En juin 2017, Paul Desmier mettait un terme à une carrière de 35 ans passée dans l'analyse à l'appui du ministère de la Défense nationale et des Forces armées canadiennes. Il a occupé les fonctions de sous-chef d'état-major – Recherche opérationnelle et de conseiller scientifique en chef du commandant du Commandement aérien, de directeur – Recherche opérationnelle pour l'État-major aérien et de directeur – Recherche opérationnelle pour le Groupe des matériels. Il a mené des analyses dans divers domaines, et plus particulièrement les suivants : études de la dynamique et de la létalité des torpilles, impulsions électromagnétiques (IEM) nucléaires, dynamique des missiles guidés, couverture radar et surveillance satellite spatiales, analyse de la structure de la force, risques liés aux échanges étrangers et risques en termes de coûts et d'échéancier. Il est titulaire d'un doctorat en physiques mathématiques de l'Université McGill, à Montréal (Québec).



## Abréviations

<b>AF</b>	année financière
<b>AN</b>	approvisionnement national
<b>AR</b>	modèle autorégressif
<b>CAHV</b>	contingent annuel d'heures de vol
<b>CAPE</b>	Cost Analysis and Program Evaluation
<b>CARO</b>	Centre d'analyse et de recherche opérationnelle
<b>CCSS</b>	Cadre contractuel du soutien en service
<b>CPHV</b>	coût par heure de vol
<b>CTOL</b>	décollage et atterrissage classiques
<b>CURSU</b>	coût unitaire récurrent de sortie d'usine
<b>DA</b>	désignation d'un aéronef
<b>DDL</b>	degré de liberté
<b>DDP</b>	durée de vie prévue
<b>DoD</b>	United States Department of Defense (Département de la Défense des États-Unis)
<b>E et M</b>	exploitation et maintenance
<b>FAC</b>	Forces armées canadiennes
<b>HV</b>	heures de vol
<b>JPO</b>	United States Joint Strike Fighter Program Office
<b>JSF</b>	avion d'attaque interarmées
<b>NCCA</b>	United States Naval Center for Cost Analysis (Centre naval d'analyse des coûts des États-Unis)
<b>NDA</b>	numéro de désignation d'un aéronef
<b>O&amp;S</b>	exploitation et soutien
<b>Op</b>	Opération
<b>OSCAM</b>	Operating and Support Cost Analysis Model
<b>R.-U.</b>	Royaume-Uni
<b>RDDC</b>	Recherche et développement pour la défense Canada
<b>USAF</b>	United States Air Force (Forces aériennes des États-Unis)



## Notes

1. Mike Taylor et Joseph « Colt » Murphy, « OK, We Bought This Thing, But Can We Afford to Operate and Sustain It? », *Defense AT&L : Product Support Issue*, marsavril 2012, p. 1721, consulté en ligne en 2016 (site fermé), [http://www.dau.mil/pubscats/ATL%20Docs/Mar\\_Apr\\_2012/Taylor\\_Murphy.pdf](http://www.dau.mil/pubscats/ATL%20Docs/Mar_Apr_2012/Taylor_Murphy.pdf).
2. Taylor et Murphy, « OK, We Bought This Thing ».
3. Canada, Bureau du vérificateur général du Canada, *Automne 2011 – Rapport du vérificateur général du Canada*, Chapitre 5 – L'entretien et la réparation de l'équipement militaire – Défense nationale.
4. Les coûts d'O&S établis aux États-Unis comprennent généralement les coûts d'exploitation, de maintenance, de réparation, de révision et de soutien pour les armes et l'équipement du Département de la défense (DoD), ainsi que la solde et le salaire et les autres avantages des militaires et des employés civils. Les coûts sont calculés en fonction des six grandes catégories suivantes décrites dans le Cost Assessment and Program Evaluation (CAPE) : (1.0) Main-d'œuvre au niveau de l'unité, (2.0) Opérations de l'unité, (3.0) Maintenance, (4.0) Maintien en puissance, (5.0) Amélioration continue des systèmes et (6.0) Appui indirect [Cost Assessment and Program Evaluation (CAPE), « Operating and Support Cost-Estimating Guide », Office of the Secretary of Defense, Cost and Program Evaluation, mars 2014, partie 6].
5. Gregory G. Hildebrandt et Man-bing Sze, « An Estimation of USAF Aircraft Operating and Support Cost Relations », Santa Monica (Calif.), The RAND Corporation, 1990, rapport n° N3062ACQ.
6. Chaque type d'aéronef comporte un grand nombre de désignations d'un aéronef (DA). Par exemple, les chasseurs ont les DA F-15 et F-16. Cependant, chaque désignation d'un aéronef peut contenir de nombreux numéros de désignation d'un aéronef (NDA); par exemple, la DA F-15 compte cinq NDA, soit F-15A, F-15B, F-15C, F-15D et F-15E. En raison des structures de communication des données, le coût total ne pouvait être comptabilisé qu'au niveau de la DA.
7. Les facteurs du CPHV sont établis d'après le coût historique des biens non durables, des pièces de rechange et du carburant et selon un processus à étapes multiples comprenant de nombreuses étapes de commentaires et d'examen.
8. John M. Wallace, Scott A. Houser et David A. Lee, « A Physics-Based Alternative to Cost-Per-Flying-Hour Models of Aircraft Consumption Costs », Fort Belvoir (Ve), Defense Technical Information Center, ADA387273, août 2000.



9. Eric J. Unger, « An Examination of the Relationship Between Usage and Operating-and-Support Costs of U.S. Air Force Aircraft », Santa Monica (Calif.), The RAND Corporation, 2009, rapport n° TR-594-AF.
10. Au Canada, les coûts d'E et M renvoient aux dépenses normales associées à un aéronef qui se répartissent ainsi : pièces de rechange, biens non durables, réparation et révision (R et R), soutien logiciel, services d'ingénierie, négociation des taux (tarif d'établissement des coûts de l'entrepreneur, plus son bénéfice), coûts d'inclusion (coût des pièces en plus d'un droit négocié d'inclusion des pièces à la réparation), logistique, publications, sous-traitants, représentants techniques/de service sur place, et déplacements [Lcol F. R. S. Bradley, Courriel à l'auteur, 2011.]. Ces coûts n'englobent pas les autres coûts de fonctionnement, comme les salaires, le carburant et les combustibles.
11. P. E. Desmier, « Forecasting National Procurement Costs for the Next Generation Fighter », [Protégé A], Canada, MDN, CARO de RDDC, LR-2011-191, 2011.
12. Une série chronologique est une séquence de mesures d'une variable prises à des intervalles de temps réguliers. Un modèle est dit autorégressif (AR) lorsqu'une valeur de la série est établie par régression (décalée) des valeurs précédentes de la même série. Par conséquent, un modèle AR(1) est retardé d'une étape et un modèle AR(2) est retardé d'au moins deux étapes.
13. Patrick D. Armstrong, « Developing an Aggregate Marginal Cost per Flying Hour Model for the U.S. Air Force's F-15 Fighter Aircraft », thèse de doctorat, Ohio, Wright-Patterson Air Force Base, Air Force Institute of Technology, 2006.
14. Unger, « An Examination ».
15. Capt D. M. Munroe, courriel à l'auteur, 6 janvier 2012.
16. Prévision par rapport à simulation : une prévision est un portrait probable de l'avenir, comme un comportement probable des tendances relatives aux dépenses d'E et M du futur chasseur. Une simulation est un portrait probable de la tendance relative aux dépenses d'E et M du futur chasseur si la force de chasse future se comporte d'une manière prédéterminée. Une simulation peut être utilisée pour mettre à l'essai des techniques de prévision et pour mesurer leur rendement dans le cadre de mises en situation complexes.
17. M. Mertz, S. Curram, G. Pawlowski et B. Basilone, « Using the Operating and Support Cost Analysis Model (OSCAM) to Support Total Ownership Cost Estimates », Alexandria (Va), American Society of Naval Engineers, 30 août 2011.
18. Maj R. A. Groves, « Defence Economic Trends Contributing to Rising Costs in the O&M Program », note de service interne, 29 novembre 2006.





19. A. Sokri, « Forecasting the Life Cycle Costs of Military Equipment with Application to the CP-140A Arcturus », Canada, MDN, CARO de RDDC, TN 2009-029, juillet 2009.
20. Victoria A. Greenfield et David M. Persselin, « How Old is Too Old? An Economic Approach to Replacing Military Aircraft », *Defence and Peace Economics*, vol. 5, n° 14, 2003, p. 357368.
21. Eric Peltz, Lisa Colabella, Brian Williams et Patricia M. Boren, « The Effects of Equipment Age on Mission-Critical Failure Rates: A Study of M1 Tanks », Santa Monica (Calif.), The RAND Corporation, 2004, rapport n° MR-1789-A.
22. Raymond A. Pyles, « Aging Aircraft: USAF Workload and Material Consumption Life Cycle Patterns », Santa Monica (Calif.), The RAND Corporation, 2003, rapport n° MR1641-AF.
23. Gregory G. Hildebrandt et Man-bing Sze, « An Estimation ».
24. La courbure en baignoire est utilisée en ingénierie de la fiabilité pour illustrer le taux de diminution rapide des défaillances d'un aéronef lorsqu'il est mis en service, puis son taux stable constant pendant sa période de demi-vie et, enfin, le taux d'augmentation des défaillances pendant la période d'usure, lorsque l'aéronef dépasse sa durée de vie théorique.
25. Matthew Dixon, « The Maintenance Costs of Aging Aircraft: Insights from Commercial Aviation », Santa Monica (Calif.), The RAND Corporation, 2006, rapport n° MG486-AF.
26. P. Bergeron, courriel envoyé à l'auteur, 4 août 2011.
27. Lorsqu'on utilise un facteur d'actualisation de 4,0 %, on obtient un montant de 4 368 G\$ en coûts d'investissement actualisés. Si nous avons utilisé le taux de variation du produit intérieur brut (PIB) [voir Statistique Canada, « Tableau 30 : Indices implicites de prix, produit intérieur brut », consulté en 2012, <https://www150.statcan.gc.ca/n1/pub/13-019-x/2011003/t/tab0030-fra.htm>] comme facteur d'actualisation, le coût total d'investissement actualisé aurait été de 4,835 G\$, un écart inférieur à 10 %.
28. De plus, les valeurs relatives aux AF 2009-2010 et 2010-2011 n'ont pas été considérées comme suffisamment « stables » pour être utilisées dans une application de prévision [se reporter au courriel du Lcol. F. R. S. Bradley, courriel envoyé à l'auteur, 9 septembre 2011].
29. Une erreur autocorrélée signifie simplement qu'il existe une relation *systématique* entre les termes erreurs qui n'a pas été représentée. Cela est plus remarquable dans les données chronologiques étant donné que le temps introduit un effet systématique sur chaque terme successif. Le but est de reconnaître son existence et d'en tenir compte dans le modèle.
30. Il est à noter que l'analyse se fonde sur 18 points de données afin d'analyser rétrospectivement neuf années de dépenses. Comme on ne disposait que de données annuelles, les changements structurels effectués en cours d'exercice, le cas échéant, ne sont pas inclus dans l'agrégat.



31. Le non-respect de l'hypothèse de normalité cause des problèmes lorsqu'on détermine si les coefficients d'un modèle sont significativement différents de zéro et lorsqu'on calcule les intervalles de confiance. Les valeurs extrêmes observées peuvent avoir une incidence excessive sur l'estimation de paramètres et donner lieu à des intervalles de confiance trop larges ou trop étroits.
32. Nancy R. Mann, Ray E. Schafer et Nozer D. Singpurwalla, « Methods for statistical analysis of reliability and life data », *Wiley Series in Probability and Mathematical Statistics*, New York, Wiley, 1974; R. R. Zylstra, « Normality Tests for Small Sample Sizes », *Quality Engineering*, vol. 7, n° 1, 1994, p. 4558.
33. Les modèles unidimensionnels, parfois appelés *modèles naïfs* ou *prospectifs*, sont basés sur l'ajustement d'un modèle en fonction des observations présentes et passées uniquement, sans tenir compte des autres facteurs économiques. Inversement, les modèles multidimensionnels reposent sur une ou plusieurs autres séries de données appelées variables prédictives ou explicatives. Les modèles de ce type sont parfois appelés *modèles causals*.
34. Jurgen A. Doornik et Henrik Hansen, « An Omnibus Test for Univariate and Multivariate Normality », *Oxford Bulletin of Economics and Statistics*, vol. 70, issue supplement s1, 2008, p. 927939.
35. La ventilation des formules pour un nombre égal ou inférieur à 7 observations.
36. Doornik et Hansen, « An Omnibus Test ».
37. Doornik et Hansen, « An Omnibus Test ».
38. D. W. Maybury, « O&M Spending Correlations with Flying Hours for the CC130 and CF188 Fleets », Canada, MDN, CARO de RDDC, LR 2011-209, 2011.
39. D. W. Maybury, « A Random Matrix Theory Approach to National Procurement Spending – Applications to the CC130 Hercules Fleet Performance », Canada, MDN, CARO de RDDC, LR 2010168, 2010.
40. George C. S. Wang et Chaman L. Jain, *Regression Analysis Modelling and Forecasting*, Great Neck (NY), Graceway Publishing Company, 2003.
41. La taille de la flotte et les heures de vol sont constantes à compter de l'AF 20232024. De plus, comme pour les coûts, le calendrier de livraison et les heures de vol de la flotte ont été ajustés afin de tenir compte du fait qu'aux États-Unis l'année financière commence le 1<sup>er</sup> octobre et se termine le 30 septembre.
42. Par dépenses « traditionnelles », on renvoie aux dépenses-types d'E et M associées aux aéronefs, lesquelles peuvent être classées sous les rubriques suivantes : pièces de rechange,



biens non durables, réparation et révision (R et R), assistance logiciel, services d'ingénierie, négociation des tarifs (tarif d'établissement des coûts de l'entreprise en plus des profits), coûts d'inclusion (coût des pièces de rechange en plus d'un tarif négocié pour « inclusion » des pièces de rechange dans la réparation), logistique, publications, sous-traitants, techniciens/ représentants détachés et déplacement [Bradley, 2011].

43. JPO (Bureau du programme de l'avion d'attaque interarmées), « The Production, Sustainment, and Follow-On Development of the Joint Strike Fighter », 2010, consulté le 8 août 2018, [http://www.jsf.mil/downloads/documents/JSF\\_PSFDF\\_MOU\\_Update\\_4\\_2010.pdf](http://www.jsf.mil/downloads/documents/JSF_PSFDF_MOU_Update_4_2010.pdf).
44. Bohdan L. Kaluzny, « The Unit Recurring Flyaway Cost of a Canadian Joint Strike Fighter », Canada, MDN, CARO de RDDC, TR 2011-200, 2011.
45. A. Turpin, courriel à l'auteur, 19 janvier 2012.
46. Turpin, courriel à l'auteur.
47. Maybury, « O&M Spending ».
48. On dit que le nombre d'heures de vol a un « lien de causalité à la Granger » avec les coûts d'E et M s'il peut être démontré que les valeurs relatives aux heures de vol fournissent une information statistiquement significative sur les valeurs futures d'E et M. Dans le cas présent, la prévision des dépenses d'E et M n'a pu être améliorée en utilisant les heures de vol comme variable explicative.
49. D. W. Maybury, « A Random Matrix ».
50. P. E. Desmier, « A Comparison Between Legacy National Procurement and In-Service Support Contracting Framework for the CC130J Super Hercules Aircraft », CARO de RDDC, TR-2013-151 [Protégé A], 2013.
51. P. E. Desmier et Maj J. L. D. Rioux, « Forecasting National Procurement Costs for the Tactical Armoured Patrol Vehicle », Canada, MDN, DRDC-RDDC-2015-R102 [Protégé A], 2015.
52. Desmier et Rioux, « Forecasting National ».





**L'industrie aérospatiale canadienne : un secteur important de la base industrielle de la défense**

J. Craig Stone

---



## CH07 Table des matières

Introduction.....	211
La conjoncture de l'industrie de la défense.....	211
L'industrie aérospatiale au Canada.....	215
Défis à l'avenir.....	222
Mondialisation.....	223
Regroupement .....	224
Concurrence .....	224
Soutien du gouvernement .....	225
Conclusion.....	227
Abréviations .....	228
Notes .....	229
Lectures complémentaires.....	234



## Introduction

L'industrie aérospatiale canadienne est une partie importante de l'économie du Canada et continue de jouer un rôle considérable dans la base industrielle de la défense canadienne. Selon les données issues de l'enquête la plus récente et de l'analyse réalisées par Innovation, Sciences et Développement économique Canada (ISDE), la contribution de l'industrie au produit intérieur brut (PIB) du Canada était de plus de 28 G\$ et plus de 200 000 emplois bien rémunérés<sup>1</sup>. Étant donné qu'il reste un certain nombre de projets d'approvisionnement supplémentaires associés à l'Aviation royale canadienne (ARC) à l'horizon, nombreux sont ceux qui soutiendraient que l'avenir est prometteur; toutefois, par le passé, l'industrie aérospatiale du Canada et en particulier, les entreprises associées au secteur de la défense ont fait l'objet d'investissements cycliques dans la défense.

Le présent chapitre présentera une évaluation de l'industrie aérospatiale au Canada en 2016 en mettant un accent particulier sur la structure de l'industrie, son incidence économique et ses perspectives d'avenir. D'abord, quelques données de base seront présentées sur la base industrielle de la défense du Canada en général afin de placer l'industrie de l'aérospatiale dans le contexte plus large<sup>2</sup>. Ensuite, certains des derniers travaux de recherche sur le secteur de l'aérospatiale seront traités brièvement, suivis des résultats les plus récents de l'enquête réalisée par Statistique Canada en 2014 sur Industrie Canada et l'Association des industries aérospatiales du Canada. Enfin, le chapitre se terminera par la description de quelques-uns des défis auxquels l'industrie fera face à l'avenir et l'incidence possible de ces défis sur l'ARC.

## La conjoncture de l'industrie de la défense

Selon le rapport *2016 Global Aerospace and Defence Outlook* de Deloitte, après plusieurs années de croissance en déclin, on s'attend à une croissance accrue en 2016<sup>3</sup>. Alors que la réduction de la croissance a été attribuée à un déclin des dépenses au cours des dernières années dans le secteur de la défense des États-Unis (É.-U.) mis sous séquestre, la croissance attendue en 2016 découlera d'une hausse attendue des dépenses consacrées à la défense par les É.-U. Les perspectives pour le secteur de l'aérospatiale commerciale demeurent positives, particulièrement en raison du fait qu'on s'attend à une croissance continue du volume des passagers de pays en développement. La croissance dans ce secteur est une bonne nouvelle pour le Canada puisque la majorité de l'activité commerciale du pays est dans le secteur commercial plutôt que dans celui de la défense. Au sein du secteur de la défense plus large, les tensions croissantes sur la scène internationale auront pour effet de persuader un certain nombre de pays à augmenter leurs budgets de la défense<sup>4</sup>. Selon l'enquête *Defense Outlook 2017* de McKinsey & Company, les hauts dirigeants de la défense s'attendent à ce que la croissance des dépenses en matière de défense soit la plus forte dans les régions du Moyen-Orient et de l'Asie-Pacifique<sup>5</sup>.

L'information la plus récente sur l'industrie aérospatiale et de la défense du Canada provient de données d'enquête recueillies par ISDE en 2014, en collaboration avec l'Association des industries aérospatiales du Canada (AIAC) et l'Association des industries canadiennes de défense et de sécurité (AICDS). Les résultats de l'enquête ont fait l'objet de deux rapports publiés : l'un sur l'industrie de l'aérospatiale et l'autre sur l'industrie de la défense<sup>6</sup>. Les résultats des enquêtes confirment que l'industrie de l'aérospatiale



et l'industrie de la défense au Canada sont « à rémunération élevée, axées sur l'exportation, à forte composante technologique et pancanadiennes<sup>7</sup> ». Des commentaires positifs de la sorte sont ce à quoi on peut s'attendre et devrait s'attendre d'associations représentant les industries de l'aérospatiale et de la défense du Canada. Selon les résultats d'enquêtes antérieures sur l'industrie de la défense, même si ces enquêtes n'ont pas été réalisées de manière uniforme et souvent, en fonction d'hypothèses et de paramètres différents, l'énoncé quant à la qualité et les types d'emplois est valide en général.

Ceci étant dit, la question à savoir si les résultats de l'enquête en 2014 représentent ou non les industries au fil du temps ou seulement des retombées accrues momentanées en fonction de quelques achats récents d'avions par l'ARC et de l'engagement des Forces armées canadiennes en Afghanistan est une question importante<sup>8</sup>. Le tableau 1 présente quelques données d'études réalisées à la fin des années 1980 et au cours des années 1990 et 2000, ainsi que des données de l'étude la plus récente en 2014<sup>9</sup>. Les données présentées au tableau 1 montrent de grands écarts entre les retombées et le nombre d'emplois au fil du temps, ce qui s'explique en partie de la collecte de données et en partie de la nature cyclique des dépenses en matière de défense. Par exemple, le rapport d'enquête statistique de 1995 sur les industries de l'aérospatiale et de la défense fait état de données réelles de 1984 jusqu'à 1994 et ensuite, présente des données estimées jusqu'à 1999; cependant, ces données sont regroupées et présentées comme ventes totales, production brute, ventes nettes et valeur ajoutée plutôt que par rapport au PIB. Par contre, les études plus récentes réalisées par l'AICDS et l'ISDE sur les retombées de l'industrie de la défense et l'industrie de l'aérospatiale contiennent des données relatives aux ventes industrielles comme contribution au PIB. De plus, ces études plus récentes présentent des données sur la manière dont cette contribution est répartie entre effets directs, indirects et induits – soit de l'information pas toujours présentée dans des études antérieures.

Année	Étude	Contribution au PIB ou revenus	Nbre d'emplois
1987	John Treddenick, Centre d'études sur la gestion des ressources de la Défense, à Kingston	8,3 G\$	88 830
1990	Direction générale de l'aérospatiale, de la défense et de la marine, Industrie Canada	9,1 G\$	65 679
1996	Association de l'industrie de la défense du Canada (AIDC)	5,5 G\$	50 227
2000	AIDC	6,9 G\$	57 851
2013	KPMG	9,0 G\$	109 000
2014	AICDS/ISDE	6,7 G\$	63 000

**Tableau 1. Incidence de l'industrie de la défense au fil du temps<sup>10</sup>**

Par rapport à 1990, il est plus compliqué en 2016 de déterminer les intervenants de l'industrie de la défense, ce qui est une complication supplémentaire dans la détermination des tendances à long terme pour ce qui est du succès ou de la croissance continue et de l'expansion de l'industrie de la défense du





Canada. En fait, l'étude de KPMG renferme des données portant sur l'industrie de la défense et de la sécurité plutôt qu'uniquement sur l'industrie de la défense. L'Association de l'industrie de la défense du Canada a changé de nom en 2001 pour devenir l'Association des industries canadiennes de défense et de sécurité afin de mieux tenir compte de la réalité du chevauchement croissant des activités des industries de la défense et de la sécurité<sup>11</sup>.

Ce qui est encore plus problématique, c'est l'attention irrégulière prêtée à la collecte de données de manière cohérente au fil du temps afin de faire des évaluations fondées sur des preuves de l'état général de la base industrielle de la défense du Canada. Selon les données récentes, les retombées économiques sont considérables dans des domaines en particulier, mais l'accès à des données régulières à long terme aiderait le gouvernement à prendre des décisions éclairées sur des questions telles que : où faut-il investir pour favoriser la croissance à l'avenir? Où les activités de recherche et développement (R et D) réalisées par le gouvernement peuvent-elles aider l'industrie? Où le maintien en puissance pour les éléments clés de la sécurité nationale est-il à risque? Ce ne sont que trois d'un grand nombre de domaines<sup>12</sup>. Ce qui est évident en examinant les données recueillies dans les années 1980 et 1990, c'est qu'il y a des années pendant lesquelles les ventes et les revenus de l'industrie ont diminué, l'emploi dans l'industrie a diminué et les contributions de l'industrie au PIB ont diminué. Ce qui n'est pas évident, c'est de déterminer une corrélation directe entre le niveau de dépenses en matière de défense, le niveau d'investissement en capital des dépenses consacrées à la défense et les hausses ou les baisses dans l'activité de l'industrie de la défense. S'il y a corrélation, on ne peut déterminer clairement les secteurs de l'industrie les plus touchés.

Malgré les difficultés associées aux données à long terme, les études les plus récentes sur l'industrie de la défense fournissent amplement de preuves que le secteur est important. Quand on ajoute à cela des dépenses prévues pour l'investissement par les Forces armées canadiennes dans de nouveaux avions de chasse et navires, les perspectives pour la croissance à l'avenir sont très positives. Les tableaux 2 à 4 soulignent l'information principale issue de l'enquête la plus récente en 2014 de l'état de l'industrie de la défense du Canada.

	<b>Emplois</b>	<b>PIB</b>
Retombées directes de l'industrie de la défense	27 975	3 067 184 125
Retombées indirectes dans l'économie générale	19 927	2 020 969 360
Retombées induites dans l'économie générale	14 831	1 581 087 608
Retombées totales dans l'ensemble de l'économie	62 733	6 669 241 093

**Tableau 2. Retombées économiques estimées de l'industrie de la défense<sup>13</sup>**



(a)		Estimations de 2011	Estimations de 2014
(b)	Ventes totales de biens et services de l'industrie de la défense (G\$)	9,42	9,93
(c)	Exportations de biens et services de l'industrie de la défense (G\$)	4,64	5,95
(d)	Retombées totales sur le PIB dans l'économie canadienne découlant des ventes à la rangée (b)	5,99	6,67
(e)	R et D de l'industrie de la défense (M\$)	251	s.o.
(f)	Emplois directs de l'industrie de la défense (en milliers)	26,54	27,98
(g)	Retombées totales sur l'emploi dans l'économie canadienne découlant des ventes à la rangée (b)	63,55	62,73

**Tableau 3. Résumé des données industrielles de base de l'industrie de la défense et des retombées sur l'économie générale<sup>14</sup>**

En ce qui concerne les données sur les retombées directes de l'industrie présentées au tableau 2, il est important de souligner que malgré le fait que la plupart des entreprises dans l'industrie (plus de 90 %) comptent moins de 250 employés, la plupart des ventes et des exportations (plus de 80 % des ventes et de 90 % des exportations) sont réalisées par des entreprises plus grandes comptant plus de 250 employés<sup>15</sup>. De plus, des ventes de biens et services présentées au tableau 3 d'une valeur de 10 G\$, presque 60 % ou 6 G\$ sont des exportations du Canada. L'enquête en 2014 souligne qu'il s'agissait d'une augmentation des exportations de plus de 20 % par rapport à la dernière enquête en 2011, ces exportations étant toujours réalisées principalement par des entreprises comptant plus de 250 employés<sup>16</sup>, ce qui correspond à l'observation de Binyam Solomon et la soutient : la base industrielle de la défense du Canada, bien que dépendante des exportations, est suffisamment efficiente pour faire concurrence à l'échelle internationale sur le marché de la défense<sup>17</sup>. Le défi auquel la plupart des entreprises font face est également mis en évidence, c'est-à-dire que les dépenses canadiennes en matière de défense à elles seules ne sont pas suffisantes pour que ces entreprises restent en affaires et donc il leur faut les revenus des ventes à l'exportation.

Le tableau 4 présente la répartition des emplois dans l'industrie de la défense selon la région dans l'ensemble du Canada. Les deux provinces les plus peuplées du Canada, l'Ontario et le Québec, ont également le pourcentage le plus important d'emplois dans l'industrie de la défense, soit 68 % des emplois au total dans l'ensemble du pays<sup>18</sup>. Ces emplois sont concentrés dans une vaste gamme de biens et services et chacune des régions du Canada possède de l'expertise dans des secteurs particuliers de l'industrie. Le tableau 4 présente les cinq activités de l'industrie de la défense les plus importantes selon la région. Les activités d'entretien, de réparation et de révision (ERR) se font à l'échelle du pays et sont un facteur clé dans le maintien en puissance et le soutien de la capacité militaire. Ce qui est encore plus important dans le contexte du présent chapitre concentré sur l'aérospatiale, c'est que 47 % des ventes totales de l'industrie et 48 % des exportations sont dans le domaine aérien et spatial<sup>19</sup>.



	Distribution régionale estimée des emplois dans l'industrie de la défense (2014) en %	Les cinq activités de l'industrie de la défense les plus importantes en 2014
<b>Canada atlantique</b>	17	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. ERR des aéronefs militaires</li> <li>2. ERR des navires militaires</li> <li>3. Systèmes et composants de navires embarqués (p. ex., systèmes de mission)</li> <li>4. Véhicules de combat, ERR connexe et « Autres catégories de défense »</li> <li>5. Fabrication d'aéronefs, de structures et de composants</li> </ol>
<b>Québec</b>	24	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Véhicules de combat, ERR connexe et « Autres catégories de défense »</li> <li>2. Armes à feu, munitions, missiles, roquettes et autres armes et munitions</li> <li>3. ERR des aéronefs militaires</li> <li>4. Communications en vol, navigation et autres systèmes d'information, logiciels et appareils électroniques</li> <li>5. Fabrication d'aéronefs, de structures et de composants</li> </ol>
<b>Ontario</b>	44	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Véhicules de combat, ERR connexe et « Autres catégories de défense »</li> <li>2. Communications en vol, navigation et autres systèmes d'information, logiciels et appareils électroniques</li> <li>3. Fabrication d'aéronefs, de structures et de composants</li> <li>4. Détecteurs aériens/collecte d'information, conduite de tir, systèmes d'avertissement et de contremesures</li> <li>5. Capteurs portables terrestres/collecte d'information, conduite de tir, systèmes d'avertissement et de contremesures</li> </ol>
<b>Ouest et nord du Canada</b>	15	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. ERR des aéronefs militaires</li> <li>2. Fabrication de navires militaires, structures et composants</li> <li>3. Fabrication d'aéronefs, de structures et de composants</li> <li>4. Véhicules de combat, ERR connexe et « Autres catégories de défense »</li> <li>5. Systèmes et composants de navires embarqués (p. ex., systèmes de mission)</li> </ol>
<b>Total</b>	100	

Tableau 4. Emploi dans l'industrie selon la région<sup>20</sup>

## L'industrie aérospatiale au Canada

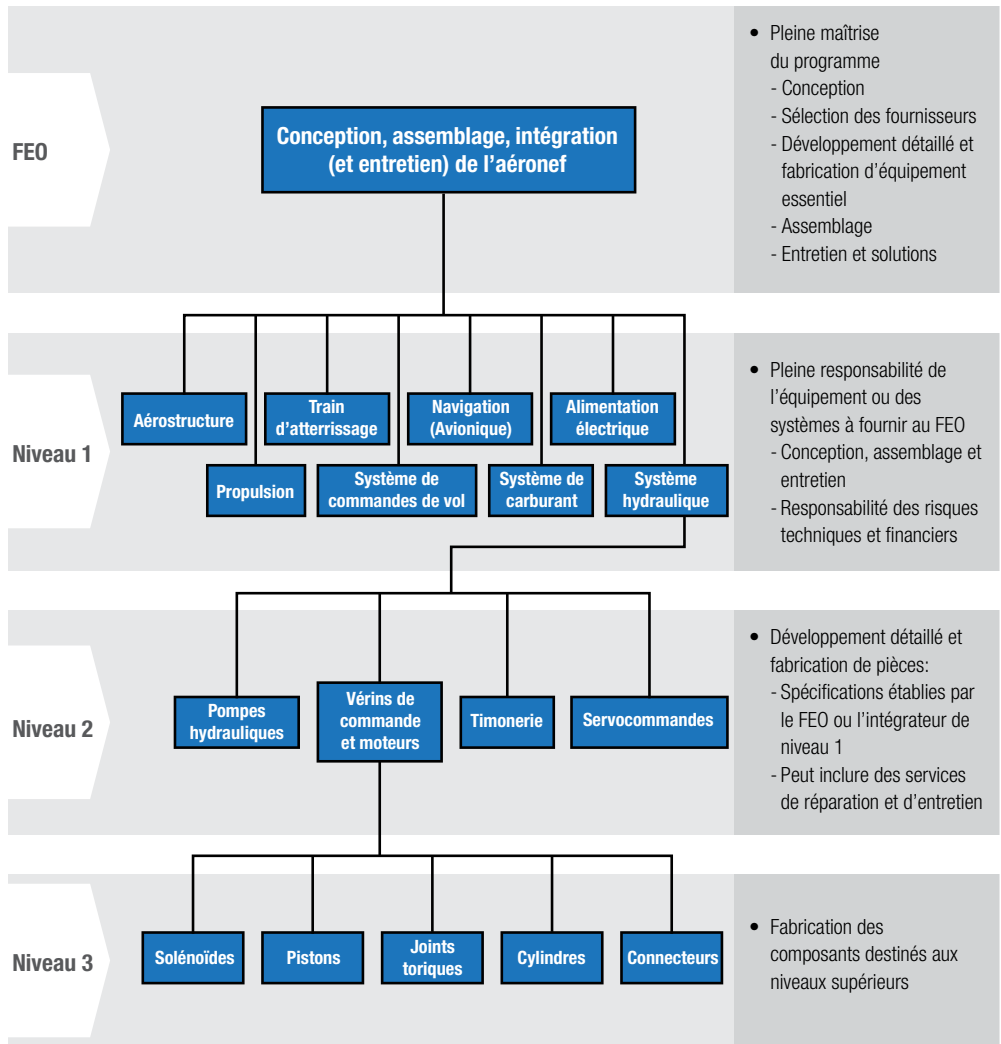
Des études récentes sur l'industrie aérospatiale du Canada révèlent que le Canada est « l'une des puissances mondiales dans le secteur de l'aérospatiale » et que son industrie est la cinquième en importance au monde et la deuxième par rapport à son économie<sup>21</sup>. Dans un rapport du Conference Board du Canada, préparé par Alan Arcand pour l'examen de l'aérospatiale mené par David Emerson, on souligne que l'aérospatiale est un secteur clé de l'économie et que « la part du secteur dans les activités aérospatiales mondiales est plus importante que la part du pays dans le produit intérieur brut mondial<sup>22</sup> ». Mesurée en fonction du PIB, l'économie du Canada se classe au 14<sup>e</sup> rang, ce qui veut dire que le Canada se surpasse dans le secteur aérospatial<sup>23</sup>. De plus, Alan Arcand dit que l'industrie



aérospatiale au Canada « est dominée par un petit groupe de grandes entreprises, dont la plus grande – Bombardier Inc. – est l'une des neuf entreprises qui commandent plus de 95 % des revenus de l'aérospatiale civile dans le monde<sup>24</sup> ».

Dans sa description du secteur aérospatial du Canada, l'examen par Emerson indique que le secteur employait environ 40 000 personnes en 1938 et produisait 40 aéronefs par an, alors que de nos jours, « les 700 entreprises aérospatiales canadiennes génèrent des revenus de 22 milliards de dollars par an » et emploient 66 000 personnes<sup>25</sup>. Lorsqu'on considère le lieu de l'activité économique dans le secteur, il est important de savoir que malgré le fait qu'il y a des entreprises aérospatiales un peu partout au Canada, elles sont surtout concentrées à Montréal. Selon l'évaluation du Conference Board par Arcand, Montréal est « considérée comme l'un des trois centres aérospatiaux de classe mondiale dans le monde, avec Toulouse (France) et Seattle (É.-U.)<sup>26</sup> ». Le rapport se poursuit pour dire que « Montréal est également l'un des endroits rares au monde où un aéronef en entier peut être monté à partir de pièces de provenance d'un rayon de 30 milles<sup>27</sup> ».

Dans son rapport sur le développement de la chaîne d'approvisionnement aux fins de l'examen de l'aérospatiale mené par Emerson, le groupe de travail a consacré du temps considérable à la discussion de la structure de l'industrie aérospatiale canadienne et la place des entreprises canadiennes dans la chaîne d'approvisionnement mondial plus large de l'industrie. La figure 1 présente la structure du marché. Parmi les exemples de fabricants d'équipement d'origine (FEO) au Canada, mentionnons Bombardier, Bell Helicopter et CAE, ainsi que des entreprises de premier niveau telles que Pratt & Whitney et Thales, fournissant aux FEO des systèmes complets et dans le cas de Pratt & Whitney, des moteurs.



**Figure 1. Structure multiniveaux de l'industrie aérospatiale canadienne pour la production d'un aéronef<sup>28</sup>**

Malgré le succès que laisse entendre ce qui précède, il est important de se rappeler que l'industrie aérospatiale canadienne n'est pas semblable à celle de la plupart des autres pays. Dans la plupart des pays concurrents au monde, le secteur de la défense de l'industrie aérospatiale joue un rôle beaucoup plus important. Au Canada, les activités de l'aérospatiale sont principalement dans le secteur civil et les activités en matière de défense sont considérablement moindres. Par exemple, Arcand souligne que « l'activité dans le domaine militaire en 2009 représentait moins de 17 % des revenus au total et se fondait en grande partie sur des exportations<sup>29</sup> ».



Les données présentées au tableau 5 font état de l'importance du secteur aérospatial du Canada pour l'économie canadienne. Les retombées économiques et sur l'emploi sont présentées selon qu'elles relèvent de la fabrication aérospatiale ou des services d'ERR aérospatiaux. Lorsqu'on compare les données sur l'industrie aérospatiale à celles de l'industrie de la défense dans le tableau 2, ce qui comprend des entreprises faisant affaire dans l'aérospatiale de la défense, l'aérospatiale est considérablement plus grande, soit presque trois fois plus grande compte tenu des retombées économiques et de l'emploi. Les données révèlent clairement que la majorité de l'industrie aérospatiale du Canada est concentrée dans le secteur commercial plutôt que le secteur de la défense. Cela étant dit, c'est la participation du gouvernement dans un premier temps au secteur de la défense qui a aidé les entreprises à réussir dans le secteur commercial. Le rapport Jenkins sur les capacités industrielles clés fait ressortir la réussite de CAE en faisant l'observation suivante :

Le rôle du gouvernement en tant que client est essentiel au développement d'une industrie innovante et la preuve en est que presque toutes les entreprises qui ont du succès dans le secteur de la défense au Canada aujourd'hui – dont plusieurs ont aussi de grandes activités dans le domaine civil – tirent leur origine d'un contrat du gouvernement du Canada. Le premier contrat est vital, non seulement pour définir le coût du produit (nouveau ou amélioré) et peaufiner ses caractéristiques, mais aussi pour valider ce produit au-delà du marché intérieur. En fait, le groupe d'experts n'a découvert aucun exemple de fournisseur canadien d'envergure dans le secteur de la défense qui se soit créé de façon véritablement « autonome » sous l'effet ordinaire des forces de l'économie de marché<sup>30</sup>.

	Retombées sur le PIB du Canada (en M\$)				Retombées sur l'emploi au Canada (personnes)			
	Directes	Indirectes	Induites	Total	Directes	Indirectes	Induites	Total
<b>Fabrication aérospatiale</b>	9 461	5 492	4 435	19 388	57 663	43 146	34 118	134 927
<b>ERR aérospatiaux</b>	3 800	3 188	2 081	9 069	31 298	28 758	16 832	76 888
<b>Aérospatiale au total</b>	13 261	8 680	6 516	28 457	88 961	71 904	50 950	211 815

**Tableau 5. Retombées sur l'économie et l'emploi de l'aérospatiale au Canada, 2015<sup>31</sup>**

L'échelle est un facteur important pour un pays tel que le Canada. Comme il a été mentionné ci-dessus, l'impact du Canada dans le secteur est plus important que l'envergure de son économie globale laisserait croire, et presque 80 % des produits aérospatiaux fabriqués sont exportés<sup>32</sup>. Le tableau 6 présente la répartition régionale des exportations du Canada ainsi que la croissance des exportations au cours des cinq dernières années. Chose peu étonnante, les données au tableau 6 montrent que la plupart des exportations de produits aérospatiaux du Canada sont destinées aux É.-U. (60 % en 2015), une croissance de 77 % pendant la période de 2010 à 2015.



	Part des exportations totales (2015)	Croissance des exportations (2010 à 2015)	Croissance des exportations (2014 à 2015)
États-Unis	60 %	77 %	15 %
Europe	21 %	14 %	20 %
Asie-Pacifique	12 %	105 %	23 %
Amérique centrale et du Sud	3 %	9 %	-5 %
Moyen-Orient	2 %	-8 %	-43 %
Afrique	2 %	11 %	-1 %

Tableau 6. Part et croissance des exportations de produits aérospatiaux selon la région, 2010 à 2015<sup>33</sup>

Les données au tableau 6 montrent également l'irrégularité des exportations à l'échelle mondiale : la croissance dans certaines régions est positive alors que dans d'autres, la croissance est négative. Cette irrégularité se voit également dans les retombées plus générales touchant l'économie et l'emploi. De plus, selon les données présentées dans l'*État de l'industrie aérospatiale canadienne : Rapport 2016*, malgré la hausse des revenus de 27,7 G\$ à 29,8 G\$ entre 2014 et 2015, le nombre d'emplois a diminué, passant de 90 381 à 88 961, les dépenses sur la R et D ont diminué, passant de 1,93 G\$ à 1,91 G\$ et les retombées sur le PIB ont diminué, passant de 13,5 G\$ à 13,3 G\$<sup>34</sup>. Plus précisément, les réductions sont principalement dans le secteur de la fabrication d'aéronefs plutôt que celui des services d'ERR des aéronefs. En gardant à l'esprit que le Canada est un acteur plus important dans le marché de l'aérospatiale commerciale que dans celui de la défense, des irrégularités sur le marché commercial pourraient avoir une incidence plus importante que prévu sur les petites et moyennes entreprises (PME) canadiennes.

Un dernier élément du secteur aérospatial à considérer avant de se pencher plus précisément sur les éléments de la défense dans l'aérospatiale est la répartition régionale des emplois dans l'industrie. L'industrie aérospatiale est représentée à l'échelle du pays, de manière semblable à l'industrie de la défense plus générale comme soulignent les données présentées au tableau 4. Comme dans le cas de l'industrie de la défense, les pourcentages les plus forts sont au Québec et en Ontario. Toutefois, le Canada atlantique et l'ouest du Canada sont également représentés et le type d'activité varie en fonction de la région. Le tableau 7 présente des données sur la distribution de la fabrication aérospatiale et des services d'ERR aérospatiaux en 2014.



Région	Fabrication d'aéronefs (%)	ERR aérospatiaux (%)
Canada atlantique	4	14
Québec	55	18
Ontario	24	27
Ouest du Canada	16	44

Tableau 7. Part d'emplois dans l'industrie aérospatiale selon la région<sup>35</sup>

En 2014, l'industrie aérospatiale de la défense représentait 17 % de toutes les ventes aérospatiales. Par comparaison, 80 % des ventes aérospatiales étaient dans le secteur commercial et 3 % des ventes comprenaient des systèmes spatiaux commerciaux. Compte non tenu du pourcentage relativement petit des ventes aérospatiales en général, en 2014, les ventes de l'industrie aérospatiale de la défense ont représenté presque la moitié des ventes de l'industrie de la défense<sup>36</sup>. Les données présentées au tableau 8 montrent que c'est la même chose pour les activités d'exportation : l'industrie aérospatiale de la défense représente presque la moitié des exportations de l'industrie de la défense.

	Aérospatiale	Maritime	Terrestre, couvrant plusieurs domaines et autres catégories
Ventes	47	13	40
Exportations	48	10	42

Tableau 8. Parts des ventes et des exportations de l'industrie de la défense au total selon le domaine.<sup>37</sup>

Au sein de l'industrie aérospatiale de la défense, plus de 75 % ou 3,5 G\$ des ventes de 4,64 G\$ provenaient des services d'ERR et de l'avionique, de détecteurs, d'appareils électroniques de bord et de systèmes de simulation plutôt que de plateformes d'aéronefs. Les tableaux 9 et 10 présentent des données sur les ventes de l'aérospatiale de la défense selon le type de biens et services. Le tableau 9 présente des données sur les ventes de l'aérospatiale de la défense et le pourcentage de ces ventes par rapport à celles de l'aérospatiale en général alors que le tableau 10 présente des données sur les ventes de l'aérospatiale de la défense et le pourcentage des ventes de l'industrie aérospatiale de la défense. Les données révèlent deux questions importantes.

En premier lieu, les activités d'ERR représentent une part considérable des ventes de l'aérospatiale de la défense pour ce qui est de la valeur et du pourcentage des ventes. C'est l'une des principales raisons pour lesquelles les représentants officiels de l'industrie de la défense et leurs associations réclament que les entreprises canadiennes soient dûment prises en considération dans la sélection et l'octroi de contrats d'approvisionnement. On peut ainsi aider les entreprises canadiennes à acquérir (au besoin) et à maintenir les compétences techniques et la capacité de fournir des services de soutien tout au cours du cycle de vie des équipements militaires et donc en théorie, leur permettre de faire concurrence sur





le marché mondial<sup>38</sup>. Comme il a été mentionné ci-dessus, étant donné que les dépenses consacrées à la défense au Canada sont limitées, la seule manière de rester viable sur le plan économique consiste à réussir sur le marché mondial.

	Ventes de l'aérospatiale de la défense selon la valeur (G\$)	Part de la défense des ventes de l'aérospatiale en général (%)
Services d'ERR	2,0	46
Avionique, détecteurs, appareils électroniques de bord et systèmes de simulation	1,5	57
Structures, propulsion et pièces de plateformes d'aéronefs	1,01	5
Systèmes spatiaux	0,09	11
Systèmes d'aéronef/véhicules aériens sans pilote (UAS/V) et composants	0,04	68

Tableau 9. Répartition des activités aérospatiales de l'aérospatiale de la défense au Canada, 2014<sup>39</sup>

	Ventes de l'aérospatiale de la défense selon la valeur (M\$)	Part des ventes de l'aérospatiale de la défense en général (%)
Services d'ERR	2 001	43
Fabrication d'aéronefs, de structures et de composants	1 012	22
Communications en vol, navigation, d'autres systèmes d'information, logiciels et appareils électroniques	765	17
Détecteurs aériens/collecte d'information, conduite de tir, systèmes d'avertissement et de contremesures	578	12
Systèmes de simulation pour aéronefs	153	3
Systèmes spatiaux militaires	90	2
Systèmes d'aéronef/véhicules aériens sans pilote (UAS/V) et composants	40	1
<b>Ventes de l'aérospatiale de la défense au total</b>	<b>4 639</b>	<b>100</b>

Tableau 10. Ventes de l'aérospatiale de la défense du Canada selon le type de biens et services, 2014<sup>40</sup>



En second lieu, la fabrication d'aéronefs ne représente que 22 % des ventes de l'aérospatiale de la défense, un pourcentage beaucoup plus faible que celui du secteur aérospatial commercial. Toutefois, il est important de garder à l'esprit que la robustesse du Canada dans la fabrication d'aéronefs dans le secteur commercial a également donné aux entreprises de l'industrie l'occasion d'appliquer les compétences ainsi acquises à la fourniture de services d'ERR dans le secteur commercial et le secteur de la défense. Comme il est présenté au tableau 11, le secteur de l'industrie aérospatiale que représentent les services d'ERR aérospatiaux a affiché une croissance régulière entre 2010 et 2015 pour ce qui est du PIB (à l'exception de 2013), de l'emploi, des revenus et de la R et D. Les compétences acquises dans ce secteur permettent aux entreprises canadiennes de faire concurrence pour ce qui est de soutenir les besoins en matière de défense du Canada. Encore une fois, il est sous-entendu que les entreprises aérospatiales canadiennes ont besoin d'occasions d'exportation pour continuer à réussir. Les politiques du gouvernement doivent soutenir et promouvoir des occasions de croissance et d'avantages économiques à l'avenir pour le Canada et les entreprises aérospatiales canadiennes.

		2010	2011	2012	2013	2014	2015
<b>PIB (M\$)</b>	<b>Fabrication aérospatiale</b>	8 493	8 610	8 974	9 485	9 976	9 461
	<b>ERR aérospatiaux</b>	3 048	3 266	3 348	3 322	3 520	3 800
	<b>Aérospatiale au total</b>	11 541	11 876	12 322	12 807	13 496	13 261
<b>Emploi (personnes)</b>	<b>Fabrication aérospatiale</b>	52 801	54 067	56 648	58 079	60 139	57 663
	<b>ERR aérospatiaux</b>	24 837	27 050	28 542	28 695	30 242	31 298
	<b>Aérospatiale au total</b>	77 638	81 117	85 190	86 774	90 381	88 961
<b>Recettes (M\$)</b>	<b>Fabrication aérospatiale</b>	13 953	16 147	15 860	17 926	20 310	22 179
	<b>ERR aérospatiaux</b>	6 078	6 620	6 985	7 022	7 401	7 659
	<b>Aérospatiale au total</b>	20 031	22 767	22 845	24 948	27 711	29 838
<b>R et D (M\$)</b>	<b>Aérospatiale au total</b>	1 552	1 662	1 837	1 988	1 936	1 914

Tableau 11. Activités économiques de l'industrie aéronautique canadienne, 2010 à 2015<sup>41</sup>

## Défis à l'avenir

L'industrie aéronautique du Canada se trouve à un moment important. Malgré son succès par le passé et sa robustesse actuelle, il y a plusieurs préoccupations quant à son avenir. L'examen de l'aérospatiale mené par David Emerson a souligné un certain nombre de défis qui, compte tenu d'autres évaluations, pourraient être associés à quatre grands enjeux interdépendants : la mondialisation, le regroupement, la concurrence et le soutien gouvernemental<sup>42</sup>.



## Mondialisation

Dans son dernier rapport présenté aux responsables de l'examen de l'aérospatiale, Jorge Niosi soutient que malgré le fait que le Canada occupe le cinquième rang dans l'industrie mondiale de l'aérospatiale civile et en se fondant sur de saines politiques mises en œuvre par le gouvernement depuis les 50 dernières années, l'arrivée de nouveaux concurrents créera des défis à l'avenir. Selon lui :

Les producteurs canadiens manquent la masse critique et pourtant, ils ont besoin de faire une entrée sur les marchés de pays émergents (ceux de concurrents à l'avenir) en offrant de nouveaux produits avancés. Un examen des politiques du Canada sur l'innovation dans l'aérospatiale par rapport à celles d'autres pays de l'OCDE (Organisation de coopération et de développement économiques) révèle qu'il est possible d'améliorer certains domaines de recherche (matériaux composites) et certaines politiques, à savoir les politiques sur les grappes industrielles, en mieux soutenant la coopération entre les entreprises existantes, les universités et les laboratoires gouvernementaux dans les grappes aérospatiales au Canada, et en soutenant les études aux cycles supérieurs et la recherche au sein des mêmes grappes industrielles<sup>43</sup>.

Son évaluation correspond aux perspectives d'autres pour ce qui est des défis associés à la mondialisation et à l'avenir des activités aérospatiales au Canada. Par exemple, le rapport Jenkins sur l'innovation et présenté au gouvernement a fait part d'un commentaire courant des PME, soit que « le soutien à l'innovation était trop axé sur la R et D et qu'il fallait appuyer davantage les activités qui jalonnent le parcours menant de l'idée jusqu'à l'innovation commercialisable<sup>44</sup> ». Dans son analyse sectorielle, PricewaterhouseCoopers constate que « les perspectives pour la production économique de l'aérospatiale (p. ex., la valeur ajoutée en prix de 2005) au pays sont faibles par rapport à celles d'autres pays chefs de file<sup>45</sup> ». De plus, dans sa discussion sur la mondialisation 2.0, l'entreprise AeroStrategy Managing Consulting a déclaré qu'à mesure que bon nombre de fournisseurs de niveau 1 assument la responsabilité de l'approvisionnement des pièces et des composants pour leurs propres systèmes, ils mettent sur pied des installations de fabrication dans des endroits où les coûts sont faibles tels que le Mexique<sup>46</sup>.

Malgré la croissance attendue de la demande mondiale, les pays où la demande est attendue – c'est-à-dire les pays BRIC (le Brésil, la Russie, l'Inde et la Chine), par exemple – voudront promouvoir leurs propres industries aérospatiales et ils insisteront pour que les entreprises établissent leurs installations de production sur place. Ainsi, il y aura des occasions de croissance pour les entreprises canadiennes performantes, mais il n'y aura pas forcément de création d'emplois au Canada.

Pour le Canada, les FEO peu nombreux au pays démenageant leurs activités internationales de fabrication à des endroits où les coûts sont plus faibles constituent un autre élément de l'enjeu de la mondialisation. Le rapport cité ci-dessus d'AeroStrategy Managing Consulting souligne que Bombardier a mis sur pied des installations au Mexique pour un certain nombre de raisons, dont « l'accès à une main-d'œuvre qualifiée et fiable à moindre coût<sup>47</sup> ». De plus, la mondialisation et les défis du regroupement et de la concurrence sont interdépendants. La concurrence dans les marchés mondiaux est derrière certaines des initiatives de démenagement des installations là où le marché de la main-d'œuvre est à plus bas prix.



## Regroupement

Entre autres, l'examen de l'aérospatiale mené par David Emerson a fait état du défi auquel l'industrie canadienne fera face alors que les FEO regroupent leurs chaînes d'approvisionnement :

Pour réduire les risques et les coûts liés à la gestion de leur bassin de fournisseurs, les avionneurs délaissent un modèle fonctionnel où ils font affaire avec de nombreux fournisseurs directs pour en adopter un où ils s'associent avec quelques intégrateurs de niveau 1. Pour leur part, ces intégrateurs adoptent le même modèle et réduisent leur bassin de fournisseurs en se limitant à quelques fournisseurs de niveau 2. Ce phénomène crée une concentration des activités entre un plus petit nombre d'entreprises de niveau 1 et 2<sup>48</sup>.

Dans une perspective d'établissement d'installations de production à l'étranger pour livrer des commandes à l'avenir, le regroupement de ce type pourrait avoir une incidence importante sur les PME au Canada de niveau 2 et 3 de la chaîne d'approvisionnement. Par exemple, en 2001, Bombardier a fait appel à 130 fournisseurs pour produire ses avions CRJ des séries 700-900-1000, mais fait appel à 30 fournisseurs pour produire ses avions de la série C Series<sup>49</sup>.

Si la tendance se maintient, l'incidence à plus long terme de la mondialisation et du regroupement pour l'ARC est probablement un nombre plus restreint d'entreprises au Canada en mesure d'assurer des services d'ERR. Le résultat possible est le suivant : des budgets plus importants pour composer avec des coûts d'entretien plus élevés (manque de concurrents), le besoin de faire faire des réparations à l'étranger et la prise de dispositions pour se passer d'équipements pendant plus longtemps. Tous ces enjeux auront une incidence sur la capacité de l'ARC et de son état de préparation pour répondre aux besoins du gouvernement.

## Concurrence

Sur le plan mondial, les deux premiers enjeux (la mondialisation et le regroupement) mettent la scène pour une concurrence accrue. La croissance attendue de la demande dans d'autres régions du monde donnera lieu à une concurrence entre acteurs nationaux pour la clientèle de leurs pays respectifs. Vu les pratiques du passé, cette concurrence sera particulièrement difficile dans le secteur de l'aérospatiale de la défense parce qu'un pays peut faire appel à l'exemption au titre de la sécurité nationale pour protéger ses propres industries. Cela étant dit, les nouveaux joueurs présenteront tous des défis dans le secteur aérospatial commercial. Alan Arcand remarque que la Chine, la Russie et le Japon ciblent tous le marché des avions de transport régional et à couloir unique<sup>50</sup>, ce qui pourrait mettre encore de la pression sur Bombardier et sa chaîne d'approvisionnement au Canada et en particulier si, par exemple, le fabricant chinois COMAC réussit à obtenir un tiers de la part de son marché national<sup>51</sup>. Sur le plan économique, les pays BRIC ont une marge de manœuvre. Le rapport d'AeroStrategy Managing Consulting fait l'observation suivante : « la pénétration relativement faible de l'industrie aérospatiale dans les économies de ces pays fait ressortir le potentiel de croissance<sup>52</sup> ». Dans tous les pays BRIC, la pénétration est nettement inférieure à 1 % du PIB alors que la pénétration est beaucoup plus élevée dans des pays tels que le Canada (1,6 %) et les États-Unis (1,4 %). Si la pénétration en Chine était la



même que celle en Allemagne à 0,9 %, la valeur serait de presque 40 G\$<sup>53</sup>. Le tableau 12 présente des détails sur la pénétration de l'aérospatiale pour un certain nombre de pays.

Pays	Industrie aérospatiale (G\$)	PIB (G\$)	Pénétration de l'aérospatiale (% du PIB)
France	50,39	2 864,35	1,8
Canada	23,60	1 501,79	1,6
É.-U.	204,00	14 264,60	1,4
Royaume-Uni	32,67	2 678,47	1,2
Allemagne	32,13	3 662,36	0,9
Russie	10,00	1 671,45	0,6
Brésil	7,55	1 575,15	0,5
Japon	14,10	4 908,35	0,3
Inde	4,00	1 226,18	0,3
Chine	12,00	4 415,99	0,3

Tableau 12. Pénétration de l'aérospatiale selon le pays (% du PIB)<sup>54</sup>

La question de la pénétration du marché présente peut-être un élément positif : le marché des É.-U. est plus important en fonction de la valeur en dollars que ceux de tous les autres pays figurant au tableau 12 (204 G\$ par rapport à 186,44 G\$) et 60 % des exportations du Canada sont destinées aux É.-U. Cependant, étant donné le caractère nationaliste de la nouvelle administration des É.-U., les entreprises canadiennes devront poursuivre leurs efforts pour rester concurrentielles, ce qui doit inclure le soutien du gouvernement.

## Soutien du gouvernement

L'examen de l'aérospatiale par Emerson souligne les défis et les occasions qui se présentent à l'industrie aérospatiale canadienne, et dans les recommandations au gouvernement, le soutien du gouvernement (c.-à-d. créer des conditions qui favorisent l'innovation) est un élément clé. Le soutien du gouvernement pour favoriser l'innovation était également au cœur de l'« Examen du soutien fédéral de la recherche-développement » qui renfermait des recommandations précises quant à la manière dont le gouvernement pourrait aider les PME à commercialiser des solutions innovatrices.

L'examen de l'aérospatiale mené par David Emerson affirme que « l'instauration de conditions qui favorisent et accélèrent l'innovation nécessite la concertation des efforts de l'industrie, des établissements de recherche et des gouvernements » et qu'« au chapitre de l'intensité de la recherche, l'industrie canadienne de fabrication aérospatiale se situe actuellement en milieu de peloton parmi les grandes puissances aérospatiales<sup>55</sup> ». L'examen de la R et D réalisé par Tom Jenkins affirme également qu'en ce qui concerne l'innovation, le gouvernement fédéral doit faire plus que se concentrer sur la R et D.



L'équipe de l'examen a entendu que le gouvernement doit faire ce qui suit :

- Se concentrer davantage sur l'aide offerte aux entreprises innovatrices pour qu'elles se développent et en particulier, sur la réponse aux besoins des PME;
- Être plus axé sur les résultats, plus présent et plus facile d'accès;
- Se concentrer sur une amélioration de la coordination pangouvernementale et de la coopération avec les programmes provinciaux;
- Offrir plus de soutien pour les activités autres dans le continuum, à partir de l'idée jusqu'à l'innovation pratique, plutôt que le soutien actuel concentré trop étroitement sur la R et D et l'innovation<sup>56</sup>.

De plus, il y a tout lieu pour le gouvernement canadien de mettre l'accent sur le fait que l'industrie de l'aérospatiale revête une importance stratégique nationale. L'examen par Emerson soutient que le Canada fait moins que d'autres pays pour reconnaître le secteur comme stratégiquement important, ce dont témoigne le manque de R et D financés par le gouvernement par rapport à d'autres grandes puissances de l'aérospatiale<sup>57</sup>. Le tableau 13 présente l'écart entre le Canada et d'autres pays dans le soutien de la R et D dans l'industrie aérospatiale. Enfin, Jorge Niosi a soutenu que même si le soutien des exportations par le gouvernement est comparable à celui d'autres pays, il y a tout lieu pour « offrir plus de soutien direct à la R et D dans les budgets du programme spatial, à la R et D collaborative industrie-universitaire sur l'aérospatiale et à l'innovation dans les grappes aérospatiales<sup>58</sup> ».

Pays	Part du financement de la R et D (%)
Canada	16
France	27
Allemagne	39
Royaume-Uni	21
États-Unis	62

**Tableau 13. Part de la R et D réalisée dans le secteur de la fabrication aérospatiale qui est financée par des dépenses gouvernementales, 2009<sup>59</sup>**

Il ressort clairement des divers rapports que le gouvernement peut faire davantage pour ce qui est de promouvoir l'innovation et les annonces budgétaires et politiques récentes du gouvernement témoignent d'une volonté de faire ainsi. Dans un contexte connexe, les commentaires formulés par l'industrie lors des consultations aux fins de l'Examen de la politique de la Défense de 2016 correspondaient à son désir que le gouvernement élabore une stratégie industrielle de la défense. Une telle stratégie répondrait à la recommandation de David Emerson, soit que le secteur aérospatial soit reconnu comme un secteur de l'économie d'importance stratégique nationale. Une stratégie industrielle de la défense nationale enverrait un message à l'industrie et à d'autres pays quant aux secteurs qui, selon le gouvernement, sont stratégiques et nécessitent un soutien soutenu ou supplémentaire.



## Conclusion

L'élaboration d'une stratégie industrielle de la défense est également importante pour l'ARC. Le soutien du gouvernement dans des domaines particuliers du secteur aérospatial de la défense aura une incidence sur la capacité de l'ARC à développer et à maintenir une capacité aérienne non seulement sur le plan de la capacité réelle au Canada, mais également sur le plan plus général de l'établissement de budgets et de la gestion des ressources. La connaissance de la capacité existante du pays est une partie importante du processus de prise de décisions dans la mise sur pied d'une force. Par exemple, dans le développement d'une nouvelle capacité, l'ARC pourrait vouloir établir la capacité à proximité de l'industrie de l'aérospatiale de la défense afin d'employer des opérateurs expérimentés ayant de l'expertise technique et ainsi, rendre la maintenance et l'entretien courant plus économique et réduire le temps nécessaire pour faire des réparations et faire la maintenance cyclique.

Une question distincte, mais relative pour l'ARC est la suivante : si une entreprise canadienne ou étrangère possède ou non l'expertise et la propriété intellectuelle permettant une capacité. Le soutien du gouvernement au cours du processus réel pour faire participer des entreprises canadiennes à l'acquisition offre des avantages à plus long terme pour l'ARC pour ce qui est de faire des mises à niveau au cours du cycle de vie d'une capacité. En citant le CF18 en exemple, le Canada a amélioré la plateforme un certain nombre de fois depuis son acquisition au début des années 1980 et ce sont des entreprises canadiennes qui ont fait les améliorations. Cela ne veut pas dire qu'une entreprise étrangère (dans ce cas-ci, une entreprise américaine) n'aurait pu faire les améliorations, mais il est à souligner que l'ARC a plus de souplesse pour les faire faire au Canada. Ces entreprises ne font pas concurrence aux priorités des É.-U., ni aux fluctuations du taux de change ni aux droits de propriété intellectuelle. Il ne s'agit pas de soutenir qu'une manière soit meilleure qu'une autre, mais de faire comprendre que les planificateurs de l'ARC doivent connaître les capacités, au Canada ou à l'étranger, afin de planifier et d'établir des budgets en conséquence. Ne pas avoir de stratégie industrielle de la défense précisant les priorités du gouvernement complique le processus déjà difficile et complexe de développement de la capacité pour l'avenir, et pour maintenir la capacité du présent<sup>60</sup>.

Pour conclure, il serait pertinent de revenir à la conjoncture mondiale de l'industrie aérospatiale et à son importance pour le Canada. La plupart des hauts dirigeants de l'industrie ont une perspective positive de l'avenir, mais ils s'attendent aussi à voir la poursuite des fusions et des acquisitions et la moitié d'entre eux s'attendent à plus de regroupements<sup>61</sup>. Les entreprises canadiennes ne seront pas à l'abri de telles activités dans le monde et le gouvernement canadien doit rester engagé et informé s'il veut s'assurer de la réussite et de la croissance continues dans ce secteur clé de l'économie canadienne.



Craig Stone est titulaire d'un baccalauréat en économie de l'Université du Manitoba et d'une maîtrise et d'un doctorat en études sur la conduite de la guerre (économie de la défense) du Collège militaire royal du Canada. Après une carrière de près de 30 ans dans les Forces canadiennes, M. Stone intègre, à l'été 2005, le corps professoral du Collège des Forces canadiennes. Il enseigne la Gestion des ressources stratégiques et l'Élaboration de la stratégie de sécurité nationale dans le cadre du Programme de sécurité nationale ainsi que la Gestion de la défense dans le cadre du Programme de commandement et d'état-major interarmées. Il a été membre du Comité consultatif industriel du ministère de la Défense nationale de 2009 à 2014, membre du Conseil d'administration provisoire pour un nouvel Institut d'analyses de défense en 2014 et a occupé les fonctions de directeur d'études au Collège des Forces canadiennes de décembre 2008 à juin 2015. Dans la recherche, il s'intéresse aux acquisitions de défense et à l'infrastructure industrielle de la défense, à l'établissement de budgets de défense et aux répercussions économiques des dépenses liées à la défense.

## Abréviations

<b>AIAC</b>	Association des industries aérospatiales du Canada
<b>AICDS</b>	Association des industries canadiennes de défense et de sécurité
<b>AIDC</b>	Association de l'industrie de la défense du Canada
<b>ARC</b>	Aviation royale canadienne
<b>BRIC</b>	Le Brésil, la Russie, l'Inde et la Chine
<b>CEGRD</b>	Centre d'études sur la gestion des ressources de la Défense
<b>ERR</b>	entretien, réparation et révision
<b>FEO</b>	fabricant d'équipement d'origine
<b>ISDE</b>	ministère de l'Innovation, des Sciences et du Développement économique
<b>PIB</b>	produit intérieur brut
<b>PME</b>	petites et moyennes entreprises
<b>PWC</b>	PricewaterhouseCoopers
<b>QGDN</b>	Quartier général de la Défense nationale
<b>R et D</b>	recherche et développement
<b>TPSGC</b>	Travaux publics et des Services gouvernementaux Canada
<b>UAS/V</b>	système d'aéronef/véhicule aérien sans pilote





## Notes

1. Canada, ministère de l'Innovation, des Sciences et du Développement économique (ISDE), « État de l'industrie aérospatiale canadienne : Rapport 2016 », Ottawa, ISDE et Association des industries aérospatiales du Canada (AIAC), 2016, p. 4, consulté le 9 août 2018, [https://www.ic.gc.ca/eic/site/ad-ad.nsf/fra/h\\_ad03964.html](https://www.ic.gc.ca/eic/site/ad-ad.nsf/fra/h_ad03964.html).
2. Il est à souligner que Binyam Solomon discute en détail de la base industrielle de la défense au Canada dans le chapitre 6, « The Defence Industrial Base in Canada », du livre *The Public Management of Defence in Canada*, édité par Craig Stone, Toronto, Breakout Education, 2009, p. 111-139.
3. Deloitte, « 2016 Global Aerospace and Defense Sector Outlook: Poised for a Rebound », janvier 2016, p. 3, consulté le 9 août 2018, <https://www2.deloitte.com/global/en/pages/manufacturing/articles/global-a-and-d-outlook.html> (en anglais seulement). Les perspectives suggèrent que le rythme de croissance, bien que continue, était au ralenti : 5,8 % en 2012, 3,2 % en 2013 et 1,9 % en 2014, avec une baisse nominale de moins 0,22 % en 2015. Une croissance de 3,0 % est attendue en 2016.
4. Dans ce contexte, le secteur de la défense est en fait le nom que d'autres rapports donnent à l'industrie de la défense. Au Canada, il y a une industrie de l'aérospatiale qui comprend des activités commerciales ou civiles ainsi qu'un secteur de la défense de cette industrie. Divers rapports et études font référence à l'industrie de la défense canadienne ou mondiale, ce qui comprend l'aérospatiale, alors que d'autres rapports et études traitent de l'industrie de l'aérospatiale plus large, ce qui comprend des activités commerciales et de la défense. Il est important de comprendre le secteur en particulier de l'industrie faisant l'objet de discussion.
5. John Dowdy et Elizabeth Oakes, « Defense Outlook 2017: A Global Survey of Defense Industry Executives », New York, McKinsey & Company, avril 2015, p. 2, consulté le 9 août 2018, <http://www.mckinsey.com/industries/advanced-electronics/our-insights/defense-outlook-2017-a-global-survey-of-defense-industry-executives>. Cette perspective tient compte de l'industrie de la défense au complet, y compris le secteur aérospatial. Lors de l'enquête réalisée par McKinsey, 100 % des répondants s'attendaient à une croissance des dépenses consacrées à la défense dans la région de l'Asie-Pacifique (soit de 1 à 5 %, de 6 à 10 % ou de 10 à 20 %) et 88 % des répondants s'attendaient à une croissance des dépenses accrues en matière de défense au Moyen-Orient. Par contre, seulement 13 % des répondants s'attendaient à une croissance en Amérique du Nord. Les résultats ci-dessus se fondent sur les données d'une enquête en 2014 qui sont à la fois conformes et contraires aux résultats de l'étude de Deloitte. Les données de l'enquête sont conformes pour ce qui est de constater le déclin de la croissance en 2014, mais sont contraires puisque Deloitte s'attendait à ce que la croissance augmente à partir de 2016. Dans ce cas-ci, l'écart de deux ans est important parce que les attentes du marché ont changé depuis deux ans.



6. À consulter : Canada, ISDE, État de l'industrie aérospatiale canadienne 2016 et *État de l'industrie canadienne de la défense 2014*, Ottawa, ISDE et Association des industries canadiennes de défense et de sécurité (AICDS), 2016, consulté le 9 août 2018, [https://www.ic.gc.ca/eic/site/ad-ad.nsf/fra/h\\_ad03978.html](https://www.ic.gc.ca/eic/site/ad-ad.nsf/fra/h_ad03978.html). Il est à souligner que le rapport sur l'industrie de l'aérospatiale portait sur les activités commerciales et de la défense alors que le rapport sur l'industrie de la défense portait sur un secteur de l'aérospatiale, mais pas sur l'industrie aérospatiale au complet.
7. Canada, ISDE, *The State of Canada's Defence Industry, 2014*, consulté le 9 août 2018, <https://www.defenceandsecurity.ca/cms3/who-we-represent>; à consulter également : Canada, AICDS, « At a Crossroads: Canadian Defence Policy and the Canadian Defence Industrial Base », présenté par l'AICDS au Comité consultatif sur l'examen de la défense du ministre de la Défense nationale, avril 2016, consulté le 9 août 2018, [https://www.defenceandsecurity.ca/UserFiles/File/Events2016/DefenceReview/CADSI\\_Defence\\_Review\\_2016\\_Submission.pdf](https://www.defenceandsecurity.ca/UserFiles/File/Events2016/DefenceReview/CADSI_Defence_Review_2016_Submission.pdf).
8. Dans l'examen des retombées de l'industrie de l'aérospatiale, comprendre la relation entre les dépenses réelles du gouvernement en matière de défense qui ont une incidence sur l'industrie sur le plan des emplois et des affaires par rapport au volume d'activités économiques découlant d'activités commerciales et d'exportation plus générales, sans lien avec les dépenses du gouvernement en matière de défense, est un élément clé.
9. L'étude de John Treddenick est l'une des études réalisées par le Centre d'études sur la gestion des ressources de la Défense (CEGRD) aux années 1980 et au début des années 1990. Le CEGRD s'est penché sur des questions concernant les dépenses consacrées à la défense, les composantes diverses du secteur de la défense et les retombées économiques des dépenses en matière de défense. Les données présentées au tableau 1 proviennent d'un rapport de John Treddenick, *The Economic Significance of the Canadian Defence Industrial Base CSDRM Report Number 15*, Kingston, CEGRD du Collège royal militaire, été 1987, p. 41. Le tableau 1 est fondé sur l'étude en 1987, mais la première étude des retombées économiques a été réalisée en 1982 et il s'agissait d'une publication annuelle jusqu'à la fermeture du Centre en 1995, dans le cadre des réductions du budget de défense associées à l'Examen de la politique de défense et le *Livre blanc sur la défense de 1994*. À consulter : John Treddenick, *The Economic Impact of Canadian Defence Expenditures*, directive d'étude S2/80 du QGDN, Kingston, CEGRD du Collège royal militaire, été 1983. D'autres données utilisées dans le tableau 1 : Bernie Grover, *Statistical Overview of Canadian Defence Industry for the Year 2000*, Ottawa, Association de l'industrie de la défense du Canada, février 2002; KPMG, *The Economic Impact of the Defence and Security Industry in Canada*, Ottawa, KPMG, mai 2012, consulté le 9 août 2018, [www.defenceandsecurity.ca/UserFiles/File/IE/KPMG.pdf](http://www.defenceandsecurity.ca/UserFiles/File/IE/KPMG.pdf); Canada, *État de l'industrie canadienne de la défense 2014*; Canada, Industrie Canada, *Les industries de l'aérospatiale et de la défense*, rapport d'enquête statistique 1995, Ottawa, Industrie Canada, avril 1996.



10. Source : Divers rapports et données d'enquête d'Industrie Canada, du CEGRD, de l'AIDC, de l'AICDS et de KPMG. Voir la note 9.
11. Le site Web de l'AICDS ([www.defenceandsecurity.ca](http://www.defenceandsecurity.ca)) consulté le 9 août 2018, énonce ce qui suit : « Le concept de l'AICDS est né en 1991, alors que l'Association canadienne de préparation à la défense est fondée. En 1998, l'Association est devenue l'Association de l'industrie de la défense du Canada. L'Association s'est élargie pour inclure la sécurité et en 2001, son nom est devenu l'Association des industries canadiennes de défense et de sécurité. »
12. Le gouvernement a énoncé son intention de se concentrer sur l'innovation et il faut avoir des données pour informer les décisions sur l'attribution des ressources limitées. Le problème en ce qui concerne les données à long terme est le suivant : une industrie ou un secteur peut être en bon état à un moment donné en particulier, mais la tendance à long terme pourrait révéler des secteurs à risque.
13. Canada, ISDE, *État de l'industrie canadienne de la défense 2014*.
14. Les retombées totales sur le PIB (colonne [d]) et sur l'emploi (colonne [g]) comprennent les effets directs, indirects et induits, conformément au Système de comptabilité nationale du Canada, et les concepts d'entrée et de sortie associés aux multiplicateurs économiques. Ce ne sont pas les mêmes multiplicateurs employés par ISDE dans les politiques des retombées industrielles et régionales ou des retombées industrielles et techniques et les concepts connexes de retombées directes et indirectes. Canada, ISDE, *État de l'industrie canadienne de la défense 2014*, p. 31.
15. Canada, ISDE, *État de l'industrie canadienne de la défense 2014*, p. 6.
16. Canada, ISDE, *État de l'industrie canadienne de la défense 2014*, p. 10.
17. Binyam Solomon, « The Defence Industrial Base in Canada », p. 135.
18. Canada, ISDE, *État de l'industrie canadienne de la défense 2014*, p. 32. En fait, l'enquête de l'ISDE comprend une répartition détaillée des activités industrielles dans chacune des régions du pays.
19. Canada, ISDE, *État de l'industrie canadienne de la défense 2014*, p. 17.
20. Canada, ISDE, *État de l'industrie canadienne de la défense 2014*, p. 26.
21. Canada, Travaux publics et des Services gouvernementaux Canada (TPSGC), *Au-delà de l'horizon : les intérêts du Canada dans l'aérospatiale, volume 1*, examen de l'aérospatiale mandaté par le gouvernement du Canada, Ottawa, TPSGC, novembre 2012, p. 1. L'examen a été mené par David Emerson, ancien ministre de l'Industrie, au nom du gouvernement.



Il a produit deux rapports importants : le volume 1 sur l'aérospatiale et le volume 2 sur l'espace. D'autres examens comprennent le rapport d'enquête d'ISDE et de l'AIAC, publié en 2016, et un rapport semblable de 2011 (consulter Canada, *État de l'industrie aérospatiale canadienne 2016*) et *The State of the Canadian Aerospace Industry : Performance 2011*, Ottawa, AIAC, juillet 2012, ainsi que d'autres évaluations mondiales plus générales où le Canada fait partie de la discussion. À consulter : Alan Arcand, *Canada's Aerospace Industry: The Impact of Key Global Trends*, Ottawa, Le Conference Board du Canada, 2012. Ce rapport d'Alan Arcand était l'un d'un certain nombre de rapports préparés pour l'examen de l'aérospatiale mené par David Emerson.

22. Arcand, *Canada's Aerospace Industry*, p. i.
23. Arcand, *Canada's Aerospace Industry*.
24. Arcand, *Canada's Aerospace Industry*, p. 1.
25. Canada, TPSGC, *Au-delà de l'horizon*, p. 13.
26. Arcand, *Canada's Aerospace Industry*, p. 1.
27. Arcand, *Canada's Aerospace Industry*, p. 1.
28. Canada, TPSGC, *Au-delà de l'horizon*, p.13.
29. Arcand, *Canada's Aerospace Industry*, p. 1.
30. Canada, TPSGC, « Le Canada d'abord – Exploiter l'approvisionnement militaire en s'appuyant sur les capacités industrielles clés », Rapport du conseiller spécial à la ministre des Travaux publics et des Services gouvernementaux Canada, Ottawa, TPSGC, février 2013, p. 5.
31. Canada, ISDE, *État de l'industrie aérospatiale canadienne : Rapport 2016*.
32. Canada, ISDE, *État de l'industrie aérospatiale canadienne : Rapport 2016*, p. 8.
33. Canada, ISDE, *État de l'industrie aérospatiale canadienne : Rapport 2016*, p. 19.
34. Canada, ISDE, *État de l'industrie aérospatiale canadienne : Rapport 2016*, p. 18.
35. Canada, ISDE, *État de l'industrie aérospatiale canadienne : Rapport 2016*, p. 10.
36. Canada, ISDE, *État de l'industrie aérospatiale canadienne : Rapport 2016*, p. 11.



37. Canada, ISDE, *État de l'industrie aérospatiale canadienne : Rapport 2016*, p. 21.
38. En accédant à de nouveaux contrats d'approvisionnement, l'industrie canadienne accède à de nouvelles technologies à valeur ajoutée, ce qui permet aux entreprises canadiennes d'adopter les connaissances acquises et de les appliquer dans le marché plus large des exportations. Sans l'accès initial à l'approvisionnement du Canada, elles ne seraient pas en mesure de le faire.
39. Canada, ISDE, *État de l'industrie aérospatiale canadienne : Rapport 2016*, p. 12.
40. Canada, ISDE, *État de l'industrie aérospatiale canadienne : Rapport 2016*, p. 22.
41. Canada, ISDE, *État de l'industrie aérospatiale canadienne : Rapport 2016*, p. 18.
42. D'autres études s'ajoutant à l'examen d'Emerson *Au-delà de l'horizon* comprennent : les études de McKinsey & Company et de Deloitte ainsi que de KPMG, les rapports de l'Association de l'industrie de la défense du Canada, les rapports de l'Aerospace Industries Association des États-Unis et les évaluations réalisées par des pays alliés.
43. Jorge Niosi, « R&D Support for the Aerospace Industry – A Study of Eight Countries and One Region », rapport présenté aux responsables de l'examen de l'aérospatiale, Ottawa, Université du Québec à Montréal (UQAM), 13 juillet 2012, p. 3.
44. Canada, TPSGC, *Innovation Canada : Le pouvoir d'agir*, Examen du soutien fédéral de la recherche-développement – Rapport final du groupe d'experts, Tom Jenkins, président, Ottawa, TPSGC, février 2011, p. E2.
45. PricewaterhouseCoopers (PWC), *Sectoral Structure Analysis Aerospace Review*, Ottawa, PWC, juillet 2012, p. 6.
46. AeroStrategy Managing Consulting, « Aerospace Globalization 2.0: Implications for Canada's Aerospace Industry, A Discussion Paper », Ann Arbor (Mi), AeroStrategy Management Consulting, novembre 2009, p. 9.
47. AeroStrategy Managing Consulting, « Aerospace Globalization 2.0 ».
48. Canada, TPSGC, *Au-delà de l'horizon*, p. 26.
49. Canada, TPSGC, *Au-delà de l'horizon*, p. 26. L'examen présente des exemples de quatre fabricants (Embraer, Rolls-Royce, Airbus et Bombardier) dont la tendance est la même : une réduction considérable du nombre de fournisseurs dans leurs chaînes d'approvisionnement.
50. Il y a un lien entre les aéronefs de transport régional et les aéronefs à couloir unique, mais ils ne sont pas identiques. En général, les aéronefs de transport régional sont plus petits et ils



desservent des aéroports pivots plus importants. Ils sont munis de turbopropulseurs ou de moteurs à réaction. Les aéronefs à couloir unique comprennent non seulement les aéronefs de transport régional, mais également les aéronefs dont la capacité d'emport est plus importante, et ils ne sont pas contraints à desservir uniquement des aéroports pivots. Une croissance du nombre de concurrents mondiaux aura une incidence sur Bombardier qui a des activités dans les deux marchés.

51. Arcand, *Canada's Aerospace Industry*, p. 11.
52. AeroStrategy Managing Consulting, « Aerospace Globalization 2.0 », p. 15.
53. AeroStrategy Managing Consulting, « Aerospace Globalization 2.0 », p. 15.
54. AeroStrategy Managing Consulting, « Aerospace Globalization 2.0 », p. 16.
55. Canada, TPSGC, *Au-delà de l'horizon*, p. 29.
56. Canada, TPSGC, *Innovation Canada : Le pouvoir d'agir*, p. E2.
57. Canada, TPSGC, *Au-delà de l'horizon*, p. 32.
58. Niosi, « R&D Support », p. 200.
59. Canada, TPSGC, *Au-delà de l'horizon*, p. 32.
60. L'ARC prendra des décisions sur les besoins à long terme avec ou sans une stratégie industrielle de la défense, et ces décisions se fonderont sur les meilleurs renseignements dont elle dispose à ce moment-là. Avoir en place une stratégie industrielle de la défense permettra de mieux informer ce processus de prise de décisions.
61. Dowdy et Oakes. « Defense Outlook 2017 », p. 5.

## Lectures complémentaires

CANADA. INDUSTRIE CANADA. *The Defence Industrial Base Review 1986/87 Report*, Ottawa, Approvisionnement et Services Canada, juin 1987.

CANADA. TRAVAUX PUBLICS ET DES SERVICES GOUVERNEMENTAUX CANADA (TPSGC). *Au-delà de l'horizon : les intérêts du Canada dans l'aérospatiale, volume 1*, examen de l'aérospatiale mandaté par le gouvernement du Canada, Ottawa, TPSGC, novembre 2012.



CANADA. INNOVATION, SCIENCES ET DÉVELOPPEMENT ÉCONOMIQUE.

*État de l'industrie canadienne de la défense 2014*, (Ottawa, ISDE et AICDS, 2016).

Consulté le 21 novembre 2018, <http://www.defenceandsecurity.ca/UserFiles/File/Presentations/StateOfDefenceIndustry/Etat%20de%20l'industrie%20Canadienne%20de%20la%20d%C3%A9fense2014.pdf>.

PRAVCO AVIATION REVIEW L.L.C. *Brazil, Russia, India and China Governments' Aerospace Strategies and National Policies: Implications to Canada's Aerospace Industry*, rapport présenté aux responsables de l'examen de l'aérospatiale, Ottawa, juillet 2012.

THEKEDATH, Dillan. *L'industrie aérospatiale canadienne et le rôle du gouvernement fédéral*, étude générale de la Bibliothèque du Parlement, Ottawa, Bibliothèque du Parlement, 25 avril 2013.







## **Approvisionnement militaire et secteur civil de l'aérospatiale : des voies divergentes?**

Richard Shimooka

---



## CH08 Table des matières

Introduction.....	239
Présentation des modèles d'approvisionnement en matière de défense .....	239
Aperçu de la Politique des retombées industrielles et régionales .....	243
Compensations directes.....	243
Compensations indirectes .....	244
Ventes et soutien en service et retombées industrielles et régionales .....	245
Rapports de Jenkins et d'Emerson et Stratégie d'approvisionnement en matière de défense .....	248
Compensations et Programme d'avions d'attaque interarmées F-35.....	251
Conclusions .....	254
Abréviations .....	256
Notes .....	257



## Introduction

Depuis la publication de la Stratégie de défense *Le Canada d'abord* (SDCD) en 2008, le lien entre l'approvisionnement militaire et le développement industriel fait l'objet d'une surveillance accrue. Or, des événements subséquents, dont les études d'Emerson et Jenkins, les controverses entourant les avions F-35 et la Stratégie nationale d'approvisionnement en matière de construction navale (SNACN) ont teinté le débat.

Bien que la Stratégie de défense *Le Canada d'abord* soit la plus récente tentative de renforcer l'intégration entre le gouvernement et l'industrie, de nombreux autres efforts en ce sens ont été déployés au cours des 70 dernières années. Le plus notable d'entre eux est sans aucun doute la relation établie entre les Forces armées canadiennes (FAC) et l'industrie aérospatiale. Des trois grands commandements d'armée, c'est l'Aviation royale canadienne (ARC) qui possède le budget d'acquisition le plus important, celle-ci s'appuyant sur un certain nombre de plateformes militaires clés, comme la force de chasseurs tactiques, les parcs aériens de transport stratégique et tactique, et les avions de recherche et de sauvetage. L'industrie canadienne de l'aviation est l'un des secteurs les plus dynamiques de l'économie et se classe au cinquième rang à l'échelle mondiale sur le plan de l'importance des recettes. Vu leurs forces relatives, on pourrait facilement supposer qu'il existe un lien solide entre ces deux groupes.

Comme nous le verrons toutefois, exception faite de la décennie qui a suivi la Seconde Guerre mondiale, le secteur militaire et l'industrie ont emprunté des voies divergentes, et, somme toute, cet écart continuera de persister en raison des politiques, de la structure de l'industrie et de la nature des capacités militaires qui sont actuellement en place.

Le présent article examinera d'abord les différents modèles d'approvisionnement et de développement de l'infrastructure industrielle de défense que l'on a appliqués entre 1945 et 1990. Les sections qui suivent comprendront par ailleurs les éléments suivants : (1) une brève description de la Politique des retombées industrielles et régionales (PRIR), laquelle sert de fondement à la relation militaro-industrielle actuelle<sup>1</sup>; (2) un examen des trois principaux aspects de cette politique : les compensations directes, les compensations indirectes et le soutien en service; (3) un examen de l'état actuel de la relation entre le secteur militaire et l'industrie aérospatiale et de ce que l'avenir lui réserve; (4) un examen des efforts consacrés récemment à l'importante réforme des relations entre le Canada et son infrastructure industrielle de défense; et (5) un examen du Programme d'avion d'attaque interarmées (JSF).

## Présentation des modèles d'approvisionnement en matière de défense

Entre 1945 et les années 1990, les pays occidentaux ont suivi quatre approches relativement à la production de défense. Au départ, la majorité des pays ont tenté de mettre au point et de produire localement leur armement afin d'être les plus autonomes possible. Au cours de la Seconde Guerre mondiale, le Canada est devenu un important carrefour industriel pour la production d'appareils alliés, comme le Lancaster d'Avro, le De Havilland Mosquito, le PBV de Consolidated et le Hawker Hurricane. En 1944, le gouvernement du Canada a pris la décision de s'employer à structurer ses capacités industrielles croissantes afin de mettre en œuvre un plan cohérent.



Des pays ont tenté d'atteindre bon nombre d'objectifs en adoptant cette approche qui pouvait les aider à s'assurer que les biens acquis par leurs forces armées soient adaptés à leurs propres besoins, tout en leur servant de prétexte pour subventionner le développement économique national. De 1945 à 1960, le Canada a tenté d'atteindre la plupart de ces objectifs par l'entremise d'une initiative majeure dont le but était de développer une industrie nationale d'aviation militaire. Cette initiative se concentrait principalement sur les programmes du CF100 Canuck et du CF105 Arrow, les deux aéronefs étant produits par Avro Canada<sup>2</sup>.

Cela dit, de nombreux pays ne disposaient pas de la capacité technologique requise pour mettre au point des systèmes capables de répondre à leurs besoins militaires, le plus souvent en raison du développement continu des capacités avancées de l'adversaire. Dans d'autres cas, les coûts de développement étaient trop élevés. Ainsi, la solution de rechange commune consistait à entreprendre la production sous licence de systèmes étrangers, généralement de conception américaine ou britannique. Celle-ci permettait aux pays de conserver leur capacité industrielle et de se tenir au fait des avancées technologiques majeures sans devoir réaliser d'importants investissements en recherche et développement (R et D). Le gouvernement canadien a tenté de mettre en œuvre cette approche entre 1950 et 1975, alors que Canadair produisait des versions sous licence du North American F-86, du Lockheed T-33, du Bristol Britannia, du Lockheed F-104 et du Northrop F-5.

Dans les années 1960, les coûts et la complexité accrus des principaux systèmes d'armes ont rapidement fait en sorte qu'il n'était plus rentable pour de nombreux pays de continuer à produire eux-mêmes l'ensemble de leurs armes. Par conséquent, les pays alliés de l'Organisation du traité de l'Atlantique Nord (OTAN), sauf les États-Unis, ont mis au point une autre solution de rechange (qui consistait en des programmes multinationaux) en vue de composer avec les coûts et la complexité accrus des armes modernes. Dans ces cas, un groupe de pays collaborait afin d'imaginer, de concevoir, d'élaborer, de fabriquer et de soutenir un système de façon conjointe. Malgré la promesse des programmes multinationaux de réduire les coûts et les risques associés aux programmes de développement, les résultats concrets étaient en fait beaucoup moins positifs. Les pays participants ont tenté de protéger leurs industries nationales en leur garantissant une part considérable du travail disponible. Ces ententes de partage du travail étaient souvent établies et distribuées en fonction de considérations politiques et d'engagement en matière d'approvisionnement, plutôt qu'en fonction de l'efficacité. Ainsi, il était fréquent de se heurter à des dépassements de coûts, des retards et des résultats de rendement sous-optimaux.

Le Canada possède moins d'expérience avec cette approche multinationale, le seul processus d'approvisionnement de ce type qu'il a mené à terme étant celui du lance-missile antichar franco-canadien Eryx, qui fut une réussite. Par ailleurs, le Canada a été l'un des partenaires initiaux d'un des plus importants programmes multinationaux, soit celui du chasseur polyvalent Panavia Tornado, mais il a cependant décidé de s'en retirer en 1968 après une période de participation relativement courte.

Malgré ces efforts, à l'arrivée des années 1970, la majorité des pays jugeaient que les systèmes de fabrication nationale étaient inabordables. Le Canada a acquis son dernier chasseur CF5 en 1975, mettant ainsi fin à 40 ans de production nationale d'avions de chasse. L'année suivante, le gouvernement a été forcé de nationaliser le plus important producteur de produits aérospatiaux, Canadair, afin d'éviter



la faillite imminente de l'entreprise. N'ayant aucun autre contrat militaire à l'horizon, l'entreprise a recentré ses efforts sur les projets civils, puis a ensuite été achetée par Bombardier. Hormis quelques exceptions notables, comme le jet d'affaires CC144 de Canadair/Bombardier et l'hélicoptère polyvalent Bell CH146 Griffon, la majorité des capacités aériennes du Canada ont par la suite été acquises à l'étranger.

L'expérience tardive de Canadair était le reflet de très grands changements au sein de l'industrie de l'aviation canadienne, laquelle avait pris son essor après l'annulation du projet Avro Arrow en 1959. Les revenus tirés des contrats militaires nationaux ont diminué rapidement lorsque le projet a pris fin, le gouvernement du Canada ayant abandonné sa stratégie de développement militaire national. Conséquemment, les entreprises du pays se sont tournées vers l'étranger en vue d'obtenir de nouveaux contrats. Il ne s'agissait pas d'une nouvelle approche étant donné que les entreprises canadiennes étaient déjà largement intégrées aux industries américaines et britanniques depuis le début de la Seconde Guerre mondiale. Canadair, par exemple, était la sous-division canadienne d'importantes entreprises de défense américaines : d'abord Convair Corporation, puis General Dynamics. Ce degré élevé d'intégration a facilité la réorientation de l'industrie aérospatiale nationale du Canada vers le marché de l'exportation subséquemment à l'annulation du projet Arrow.

Un événement distinct a par ailleurs facilité ce virage vers une intégration accrue en 1956, lorsque le Canada et les États-Unis ont signé l'Accord sur le partage de la production de défense (APPD) : une vaste entente sur l'intégration de l'infrastructure industrielle<sup>3</sup>. Son incidence la plus importante était d'offrir aux fabricants canadiens de deuxième et de troisième rangs un libre accès au marché américain de l'industrie de la défense, de sorte qu'ils puissent rivaliser pour l'obtention de contrats de sous-traitance dans le cadre de programmes majeurs, et ce, au même titre que les entreprises des États-Unis<sup>4</sup>. En retour, on a permis aux entreprises américaines d'exporter au Canada sans aucune restriction commerciale. L'APPD a entraîné de profonds changements au sein de l'infrastructure industrielle de défense du Canada. Plutôt que de s'appliquer exclusivement aux fabricants non durables de premier rang du Canada, l'APPD permettait aux fabricants de deuxième et de troisième rangs de vendre leurs produits à des concurrents américains beaucoup plus puissants. Les résultats furent immédiats et draconiens : en 1964, plus de 50 % de la production canadienne d'aéronefs était exportée vers des marchés étrangers, ce chiffre s'élevant à 98 % pour l'exportation de systèmes particuliers<sup>5</sup>. À titre d'exemple, Canadair a commencé à produire des pièces pour le F-111, le C-5 et le F-14, des aéronefs majeurs que le gouvernement du Canada n'a jamais achetés.

En dépit de l'accroissement des exportations, le manque d'investissements nationaux dans les activités liées à la défense n'était pas sans conséquence, la plus importante d'entre elles étant que des entreprises canadiennes abandonnent le secteur de l'aviation militaire. Avant 1960, la production de défense avait dominé le paysage industriel. Le programme civil le plus réussi de cette période fut celui du Canadair North Star, une production sous licence de 71 avions DC-4, dont la moitié a été vendue à des clients militaires. Le projet d'Avro, un avion de ligne à réaction d'avant-garde, a été annulé après la construction du premier prototype. Les principaux entrepreneurs canadiens ont produit ensemble plus de 2 100 avions de chasse militaires (des CF100 et des Sabres) entre 1945 et 1960.



Le déclin des activités de R et D dans le domaine de l'aérospatiale militaire après 1959 et les nouvelles possibilités commerciales qu'offrait l'APPD ont poussé les entreprises à se tourner vers le marché civil. Une excellente raison sous-tendait cette situation. Malgré certaines périodes de croissance lente, le volume de passagers et de frets aériens a augmenté de façon relativement régulière à partir des années 1960. En 2009, environ 16 % des recettes de l'industrie de l'aviation canadienne provenaient de sources militaires. Ce pourcentage était de 30 % inférieur en 1990<sup>6</sup>. Dans un effort de consolidation, les trois principaux entrepreneurs du Canada ont fusionné en une seule entreprise relevant de Bombardier. Cela dit, la croissance des sous-traitants canadiens de « rangs inférieurs » reflétait une tendance beaucoup plus importante. Ces entreprises, qui offraient des capacités de créneau, sont devenues les principales sources de revenus de l'aviation canadienne. Cette situation s'observe particulièrement au Québec. Bien que la province accueille le seul entrepreneur de premier plan du pays, Bombardier, celui-ci ne compte que pour 5 % de l'ensemble des revenus. En fait, de 25 % et 55 % des profits de l'industrie étaient respectivement attribuables aux entreprises de premier et de deuxième rang (fabricants majeurs de sous-composantes comme Heroux-Devtek) et de troisième rang (fabricants majeurs de sous-composantes comme Asco et Howmet Georgetown Casting)<sup>7</sup>. Leur réussite reposait sur quatre facteurs :

- Main-d'œuvre de la base manufacturière bien formée et efficace;
- Coûts en main-d'œuvre moins élevés en raison du régime de santé publique et des salaires moins élevés;
- Faiblesse du dollar canadien contribuant à l'augmentation du pouvoir d'achat des étrangers;
- Multiples ententes de libre-échange facilitant le commerce intrafrontalier.

Les trois principales tendances de l'industrie canadienne de l'aviation (efforts axés sur les projets civils, expansion des exportations et spécialisation dans les sous-composantes) ont pratiquement éliminé tous les moyens directs de développement national par l'entremise d'un approvisionnement direct d'ordre militaire. Le gouvernement a néanmoins cherché à obtenir des fabricants étrangers certains avantages qui contribueraient au développement des industries canadiennes.

Le Canada a adopté une approche dite de « compensations » en vue d'obtenir un avantage réciproque. Au lieu de l'avantage direct qu'offrait la production en sol canadien, les compensations donnaient lieu à un processus fluide de transactions qui permettait aux industries canadiennes de tirer certains avantages des sommes dépensées à des fins d'approvisionnement en matière de défense. Au cours des années 1970, il s'agissait d'un processus ponctuel. Les propositions des fabricants étrangers en concurrence étaient évaluées en fonction de la quantité et de la qualité de l'investissement national. Dans un cas, les fonctionnaires ont avisé un fournisseur privilégié qu'il devait établir un partenariat avec une entreprise canadienne pour obtenir le contrat<sup>8</sup>. Cette situation est demeurée la même jusqu'en 1986, alors que le gouvernement Mulroney dévoilait sa Politique des retombées industrielles et régionales (PRIR), laquelle est toujours en place aujourd'hui (mais s'appelle maintenant la Politique des retombées industrielles et technologiques [RIT] et comprend une proposition de valeur).



## Aperçu de la Politique des retombées industrielles et régionales

Les retombées industrielles et régionales (RIR) consistent en une obligation à laquelle sont assujettis tous les produits et services que le gouvernement du Canada se procure auprès d'une entreprise étrangère. Les RIR sont obligatoires pour certains projets dont la valeur est supérieure à 100 M\$, et discrétionnaires pour les projets dont la valeur se situe entre 2 M\$ et 100 M\$<sup>9</sup>. En vertu du *Règlement sur les marchés de l'État*, les entreprises sont tenues de réinvestir au Canada une somme équivalente à la valeur du contrat original, cette obligation devant être remplie dans un délai établi, habituellement dans l'année qui suit la date d'échéance du contrat. L'intention initiale était de faire en sorte que les industries canadiennes tirent certains avantages des biens acquis auprès de sources étrangères. Bien que la majorité des biens étrangers qu'acquiert le Canada soient assujettis à la politique, très peu d'entre eux font l'objet d'une surveillance aussi étroite que ceux destinés au ministère de la Défense nationale (MDN), et ce, probablement parce que les FAC sont l'organisation qui utilise le plus de biens acquis auprès de sources étrangères au sein du gouvernement, et que le coût de ces biens est souvent très élevé et attire l'attention. De plus, certains accords commerciaux multilatéraux de grande envergure, comme l'Accord de libre-échange nord-américain (ALENA), interdisent l'imposition de compensations et ne peuvent être contournés que par une exemption liée à la sécurité nationale.

Le dossier des compensations a connu bien des hauts et des bas, comme nous le verrons ultérieurement dans la présente étude. De nombreux pays ont délaissé des pratiques semblables après avoir constaté qu'elles donnaient parfois lieu à des résultats sous-optimaux. Dans les années 1980, l'Australie a eu recours à un système de compensations obligatoires, puis a finalement adopté une approche plus souple selon laquelle les entreprises étrangères investissent dans des industries stratégiques particulières<sup>10</sup>. Au Canada, les RIR sont de deux ordres : les compensations directes et les compensations indirectes.

### Compensations directes

Il est question de compensations directes lorsque les investissements étrangers sont directement liés au programme visé. Le contrat que Boeing a signé avec Fleet Canada Inc. pour la production des mâts frontaux et des enceintes de la partie avant du poste de pilotage du CH47 Chinook, que Boeing fabrique pour les FAC, en est un exemple. Le gouvernement considère également comme des compensations directes tous les travaux menés au sein de la même plateforme pour d'autres pays. Dans le cas du Chinook, toute production supplémentaire assurée par Fleet Canada pour un client étranger est considérée comme une compensation directe. Bien que le gouvernement préfère généralement les compensations directes, il est très difficile d'y recourir dans le cadre de nombreux programmes pour répondre aux exigences en matière de RIR.

Il existe plusieurs facteurs sous-jacents à ce problème. Pour la majorité des achats de produits standard, les possibilités de compensations directes sont limitées. Les programmes majeurs d'armement ont largement intégré les processus de fabrication par l'entremise de chaînes d'approvisionnement bien définies. Les projets aérospatiaux, en particulier, exigent que les sous-composantes soient fabriquées selon des spécifications très strictes. L'intégration d'un nouveau fournisseur canadien à une chaîne d'approvisionnement établie commande souvent l'application d'un processus de qualification fastidieux par le fabricant principal et, dans la plupart des cas, par le gouvernement du pays du fabricant



principal. Bien que les entreprises canadiennes soient extrêmement avancées et très concurrentielles à l'échelle internationale, de tels processus de qualification peuvent entraîner des retards inacceptables ou une augmentation des coûts dans le cadre d'un projet.

Même si une entreprise canadienne est suffisamment compétente sur le plan technique pour remplir un contrat en sous-traitance, elle est souvent incapable de s'en acquitter à un prix concurrentiel. De façon générale, le fournisseur précédent possède des années d'expérience dans la fabrication de la sous-composante, années pendant lesquelles les périodes associées aux courbes d'apprentissage ont été conçues en vue de réduire les coûts. Conséquemment, il sera très difficile pour l'entreprise canadienne de rivaliser avec le producteur établi.

La future production japonaise d'avions de chasse F-35 illustre bien ce problème. Comme le Japon est un acheteur de F-35 sans être un partenaire du projet et qu'il existe des injonctions juridiques particulières contre les ventes étrangères d'équipement militaire, la participation de l'industrie japonaise se limite exclusivement aux aéronefs achetés pour la Force aérienne d'autodéfense du Japon. Les entreprises japonaises produiront des radars, des moteurs et possiblement des composantes de structure aéronautique, lesquels comptent généralement pour environ 10 % du coût unitaire d'un F-35 produit aux États-Unis. Toutefois, la participation de l'industrie japonaise aura pour effet d'accroître le coût total des F-35 de production japonaise à 150 % du coût de la version fabriquée aux États-Unis<sup>11</sup>.

Enfin, il arrive qu'il n'existe simplement pas suffisamment de possibilités de RIR pour certains programmes. Si le gouvernement du Canada opte pour une capacité mature standard, les possibilités d'avantages industriels sont souvent limitées. Les procédés applicables peuvent être désuets ou ne pas offrir un avantage concret à l'industrie canadienne. De plus, si un programme arrive à échéance, la valeur potentielle des RIR pourrait être restreinte.

## Compensations indirectes

Au lieu d'avoir recours aux compensations directes, les entreprises étrangères satisfont souvent aux exigences en matière de RIR en appliquant une autre approche : l'approche dite de « compensations indirectes ». Ces investissements ne sont pas directement liés au projet, mais sont reconnus comme des moyens légitimes de répondre à l'obligation d'une entreprise étrangère. Dans plusieurs cas, les compensations indirectes sont le principal moyen permettant de satisfaire aux exigences en matière de RIR des marchés étrangers d'envergure particulière. Le programme du C-17 ne disposait pratiquement d'aucune possibilité directe de participation canadienne, la série des aéronefs C-17 étant mature et sa production presque terminée. L'une des méthodes qu'utilise Boeing Aerospace consiste à offrir en sous-traitance aux entreprises canadiennes des contrats de production liée à des aéronefs civils de Boeing. Un exemple typique est la signature par Boeing d'un contrat de 13 M\$ avec Avior Industries du Québec pour la production du carénage de dérive du 787 Dreamliner<sup>12</sup>. Ce marché est l'un des nombreux contrats que le géant de l'aérospatiale a octroyés afin de répondre à ses obligations en matière de RIR dans le cadre des programmes du C-17, du CH-47 et du véhicule aérien sans pilote Scan Eagle. On peut considérer ces derniers comme des contrats de grande valeur que le Canada n'obtient qu'en raison des entreprises d'aérospatiale de classe mondiale dont il dispose.





Malheureusement, les entreprises étrangères ont souvent de la difficulté à satisfaire à leurs obligations en matière de RIR en dépit des compensations indirectes de grande valeur. En février 2014, Diane Finley, qui était alors ministre de l'Industrie, a annoncé que plus d'un quart des engagements réciproques de 23 G\$ pris depuis 2011 n'avaient pas été remplis<sup>13</sup>. Bien que ces contrats soient généralement remplis, la littérature économique suggère que leurs avantages économiques à long terme sont limités<sup>14</sup>. Plusieurs facteurs limitent la capacité des entreprises à s'acquitter des compensations indirectes de grande valeur. Le principal problème tient probablement de la persistance de l'investissement, laquelle est largement attribuable aux réglementations restrictives du gouvernement qui stipulent que les exigences relatives aux RIR doivent être satisfaites dans un délai maximal de cinq ans après la dernière livraison. Conséquemment, les entreprises se concentrent habituellement sur les investissements à court terme afin de satisfaire aux exigences de RIR et négligent le développement à long terme des industries canadiennes. Ces activités peuvent avoir des répercussions négatives sur les entreprises canadiennes en créant des distorsions dans les marchés qui sont nuisibles à long terme. Souvent, les entreprises sont contraintes d'accélérer la production et même d'accroître leur capacité de fabrication afin de répondre à la demande temporaire d'un tel contrat. Une fois le contrat terminé et la demande revenue à la normale, la capacité excédentaire ne peut être soutenue et les avantages sont perdus.

Une lacune des RIR tient du fait qu'il est généralement difficile de veiller à ce qu'elles contribuent véritablement au développement de nouvelles technologies et de nouveaux produits. Pour cause de la vision à court terme des entreprises étrangères, de nombreux investissements sont consacrés aux produits et aux services existants, plutôt qu'à la création de nouveaux produits et services. Une exception notable à cette tendance est la pratique relativement commune de financer les centres de recherche universitaires. Toutefois, il est difficile d'assurer un développement économique à long terme aux moyens des compensations indirectes.

Compte tenu de leur fréquence et de leur nature, les compensations indirectes témoignent de la capacité limitée de l'infrastructure industrielle aérospatiale du Canada à satisfaire aux exigences de l'ARC. Vu le nombre peu élevé de possibilités de participation directe de l'industrie, l'orientation relativement faible et l'obligation d'obtenir 100 % de la valeur du marché, la majeure partie des réinvestissements étrangers vise à soutenir les entreprises aérospatiales du Canada qui sont les plus actives et les plus concurrentielles.

### **Ventes et soutien en service et retombées industrielles et régionales**

Bien que l'on se soit heurté à d'importantes difficultés pour ce qui est d'utiliser les RIR en matière d'approvisionnement afin de promouvoir l'infrastructure industrielle de défense du Canada, une catégorie de RIR a néanmoins connu un certain succès. Le soutien en service, un terme général qui désigne les contrats nécessaires pour assurer le bon fonctionnement d'une capacité, en est venu à jouer un rôle de plus en plus important dans le programme de RIR, ce qui s'explique, en partie, par les changements d'envergure dans la manière dont les FAC mènent leurs activités de maintenance et de logistique. Avant les années 1990, le MDN était pratiquement entièrement responsable du maintien en service des systèmes. Comme le personnel militaire s'acquittait de la majorité des véritables tâches de maintenance des aéronefs, la sous-traitance des services auprès de parties externes était limitée et



principalement liée à des tâches très précises. À la fin des années 1980, cette situation a commencé à changer. S'appuyant sur l'expression « diversification des modes de prestation de services », alors qu'il devait s'adapter aux contraintes budgétaires, le MDN s'est tourné vers le secteur privé afin de trouver des fournisseurs de substitution moins coûteux et capables d'assurer ces activités à l'interne. De plus, vu la complexité des systèmes, des aéronefs en particulier, il devenait de plus en plus difficile de maintenir l'expertise interne requise.

Depuis, les FAC ont élargi la portée des services qu'elles sous-traitent, et les entreprises privées se sont vu confier des responsabilités accrues de maintien des capacités en service. Dans certains cas, les FAC n'assurent qu'une série limitée de tâches qui sont requises pour maintenir une capacité en service au pays ou dans un lieu de déploiement, c'est ce qu'on appelle la maintenance de première ligne. Celle-ci inclut l'entretien de base et les réparations relativement simples. L'ensemble des autres tâches, y compris les réparations considérables (maintenance de deuxième ligne) et les réparations et remises à neuf d'ingénierie majeures (maintenance de troisième ligne), relèvent de la responsabilité d'une entreprise engagée par contrat. Outre les fonctions de maintenance, de formation et de logistique, d'autres activités sont souvent confiées en sous-traitance à des entreprises privées. La gestion des réserves de pièces de rechange, en particulier, est l'une des activités que l'on sous-traite fréquemment.

En 2012, le gouvernement du Canada a poursuivi la mise en œuvre de cette approche en réorganisant l'ensemble des fonctions de maintenance en un modèle de point unique de responsabilisation (PUR)<sup>15</sup>. Cette nouvelle façon de faire s'inspirait des changements effectués par le gouvernement des États-Unis dans les années 1990, que l'on appelait communément la logistique axée sur le rendement (LAR). Comme son nom le suggère, la LAR visait l'utilisation de spécifications en matière de rendement plutôt que de spécifications militaires dans le libellé des contrats<sup>16</sup>. L'objectif principal était « d'obtenir des résultats mesurables, c'est-à-dire les mesures d'efficacité utilisées pour définir les résultats<sup>17</sup>. » La LAR permettait aux entreprises d'établir un moyen efficace d'offrir des fonctions de soutien qui réduisait considérablement les coûts opérationnels des capacités associées à ces fonctions. L'industrie a facilité ce virage en introduisant des concepts et des systèmes optimisés pour cette approche. L'une des étapes importantes de ce processus est l'utilisation croissante des éléments remplaçables sur place et d'autres composants modulaires que peut facilement remplacer le personnel de maintenance de première ligne. Une autre étape est l'utilisation accrue de systèmes de gestion de l'état des aéronefs, comme le système de transfert de données et de diagnostic du C130J<sup>18</sup>. Ce système assure une surveillance des systèmes de l'aéronef et transmet de l'information aux équipes de maintenance et aux fournisseurs de soutien. L'information est par la suite utilisée pour déterminer qui est responsable des réparations particulières et pour faciliter la gestion des réserves de pièces de rechange.

Pour tirer le maximum d'avantages d'une relation de LAR, celle-ci doit s'étendre sur plusieurs années, de sorte que l'entreprise puisse définir et mettre en œuvre des mesures d'économie. Au milieu des années 2000, on a commencé à inclure aux marchés d'acquisition du Canada des dispositions relatives au soutien en service qui avaient pour effet de prolonger la véritable durée de vie d'une capacité<sup>19</sup>. Contrairement aux marchés d'acquisition, les programmes de soutien en service offrent de meilleures possibilités de participation aux entreprises canadiennes. Or, l'infrastructure industrielle nationale comprend un certain nombre d'entreprises qui peuvent établir un partenariat avec une



entreprise étrangère en vue d'assurer les services pertinents. Les services particuliers qui permettent de satisfaire aux exigences de RIR du fabricant original sont confiés en sous-traitance à des entreprises canadiennes spécialisées.

Deux aspects uniques de l'industrie canadienne de l'aviation facilitent ce processus. Avant toute autre chose, l'industrie canadienne de l'aviation dispose d'un secteur bien développé d'entretien, de réparation et de révision (ERR). Contrairement aux entreprises qui participent aux activités de fabrication et de production, les entreprises d'ERR se heurtent à moins de difficultés lorsqu'elles se tournent vers les marchés militaires. Le programme du CC130J est un bon exemple de cette tendance. On compte parmi les entreprises canadiennes qui offrent ces services :

- **Cascade Aerospace**, qui assure des services de maintenance de troisième ligne, y compris le soutien technique, des services de soutien d'ingénierie, l'assurance de l'intégrité structurelle des appareils, la prévention et le contrôle de la corrosion, l'intégration de modifications à l'aéronef et d'autres services;
- **IMP Aerospace**, qui assure des services d'entreposage, y compris la gestion de toutes les pièces de rechange, des articles et de l'équipement de mise à l'essai, la réception des fournitures, la préparation des commandes, le traitement des articles défectueux et les activités d'emballage et d'expédition;
- **CAE**, qui fournit des simulateurs et appareils de formation en maintenance, des didacticiels et des services;
- **Standard Aero**, qui prend en charge et entretient les moteurs Rolls-Royce AE2100 des CC130J<sup>20</sup>.

Le principal entrepreneur de cette liste, Cascade Aerospace, se concentrait essentiellement sur l'aviation civile avant d'obtenir son premier contrat militaire de services de soutien du premier modèle de CC130 en 2005<sup>21</sup>. Une autre entreprise de cette liste, IMP, représente une autre tendance. En raison du virage militaire global vers la diversification des modes de prestation de services dans les années 1980 et 1990, le Canada dispose d'un secteur bien développé d'ERR qui est axé sur la défense. Les entreprises comme IMP, Bombardier et Standard Aero sont des fournisseurs de services à long terme du MDN.

Malgré la présence de solides partenaires de l'industrie, les entreprises canadiennes offrent rarement tous les services requis pour satisfaire à l'ensemble des exigences d'un contrat de soutien en service. Cette situation pourrait être attribuable à des restrictions de sécurité ou de propriété, aux limitations technologiques des entreprises nationales ou à des facteurs de coûts. Le contrat de soutien en service relatif au CC177 Globemaster III que l'on a conclu avec Boeing Aerospace illustre bien ces trois problèmes. Les services de soutien des aéronefs du Canada sont fournis dans le cadre du Programme d'entretien intégré du Globemaster III, soit le même programme de soutien utilisé par la United States Air Force (USAF) pour leurs C-17. En fait, la majeure partie de l'entretien lourd de leurs aéronefs est assurée à la base aérienne Walter Robbins, en Géorgie. Cette approche a permis de réaliser des économies beaucoup plus importantes que celles qu'aurait pu offrir un fournisseur national, mais elle témoigne néanmoins du faible nombre de possibilités de RIR directes pour les entreprises canadiennes.

Bien que le programme du CC177 soit un exemple relativement extrême de RIR découlant de contrats de soutien en service, la majorité des entreprises étrangères doivent tout de même offrir certaines



compensations indirectes pour satisfaire aux règlements canadiens. Dans ce cas, toutefois, contrairement aux contrats d'acquisition, les entreprises canadiennes pourraient profiter d'avantages beaucoup plus importants par l'entremise des RIR liées au soutien en service. Les contrats dont la durée varie de 5 à 20 ans permettent aux entreprises étrangères de réaliser des investissements durables dans les entreprises canadiennes. À titre d'exemple, l'entreprise canadienne Heroux-Devtek a décroché un contrat de 7 sept ans de 70 M\$, dont les conditions d'appel d'offres étaient de satisfaire aux exigences de RIR de soutien en service des CC130J<sup>22</sup>.

Depuis 2012, le gouvernement a modifié son approche en matière de PUR. Comme le souligne le rapport d'Emerson (dont nous traitons ci-après), en raison de cette approche, il était souvent difficile pour les fournisseurs canadiens de rivaliser efficacement avec les entreprises étrangères, en particulier lorsque celles-ci étaient les fournisseurs établis des services ou les producteurs de la plateforme (ce qui, par extension, signifie qu'ils détenaient les droits de propriété intellectuelle). Dans le cadre d'un modèle différent introduit avec le programme de l'aéronef de recherche et sauvetage (ASAR) à voilure fixe, l'entrepreneur principal devait dans sa soumission établir un partenariat avec un fournisseur canadien et garantir qu'une portion considérable des activités relatives à l'aéronef de recherche et sauvetage seraient assurées par le partenaire canadien<sup>23</sup>.

Malgré ces limitations, le soutien en service est en quelque sorte une anomalie dans la relation entre le secteur militaire et l'industrie aérospatiale du Canada. La force du secteur et les périodes d'investissement plus longues ont permis au Canada d'obtenir un meilleur retour sur les activités d'approvisionnement à l'étranger et ont contribué au développement de l'industrie locale. Le gouvernement aimerait faire de ce modèle sa pierre d'assise.

## Rapports de Jenkins et d'Emerson et Stratégie d'approvisionnement en matière de défense

À la fin de 2012, le gouvernement du Canada a commandé un rapport auprès d'un groupe d'experts dirigé par Tom Jenkins, l'une des têtes dirigeantes de l'industrie de la technologie. Le principal objectif du groupe était de veiller à ce que le gouvernement investisse de manière efficace dans ses acquisitions actuelles et futures en matière de défense, dont la valeur estimée s'élève à environ 49 G\$ entre 2008 et 2027. Son deuxième objectif était de faire la lumière sur certaines des impasses interministérielles qui ont caractérisé les plus récents programmes d'approvisionnement en matière de défense. Les fonctionnaires d'Industrie Canada, de Services publics et Approvisionnement Canada et du MDN se sont souvent disputé lorsque des considérations industrielles d'ordre national devaient l'emporter sur les préférences des forces armées quant au système étranger offrant le meilleur rendement.

Le rapport de Jenkins a établi un cadre complet d'évaluation du débat interministériel et a conclu que la priorité devait être accordée à plusieurs des sous-secteurs clés des capacités de la défense, au sein desquels le Canada bénéficiait d'un avantage comparatif, dont les suivants : sécurité de l'Arctique et sécurité maritime; protection des soldats; commandement et soutien; cybersécurité; systèmes de formation et soutien en service.



Dans le cadre de concours touchant ces sous-secteurs (subséquemment nommés les capacités industrielles clés ou CIC), on accordait la priorité aux entreprises canadiennes plutôt qu'aux entreprises étrangères afin de promouvoir l'infrastructure industrielle nationale. Cette approche illustre également le deuxième grand objectif de la politique : améliorer les résultats de l'industrie. La politique la plus importante dans ce cas est probablement celle intitulée « proposition de valeur », selon laquelle les soumissions des concurrents étrangers sont également évaluées selon les avantages procurés à l'industrie canadienne à titre d'exigence cotée, et non pas exclusivement en fonction des domaines prioritaires.

Malheureusement, certaines de recommandations du rapport de Jenkins pourraient être problématiques en raison de la structure actuelle du marché et des lois existantes du gouvernement du Canada. La majorité des entreprises étrangères arrivent difficilement à remplir leurs obligations en matière de RIR sans compromettre les coûts ou le calendrier de livraison de la capacité. Leur participation actuelle est déterminée par la loi et les possibilités sur le marché canadien. À titre d'entreprises à but lucratif, les entreprises étrangères tentent d'emblée de cibler les meilleures occasions sur le plan économique. L'importance majeure qui est accordée aux RIR dans les industries liées à l'aviation tient principalement de la compétitivité de ce secteur à l'échelle mondiale. Si les entreprises étrangères n'investissent pas davantage dans l'industrie, c'est que les lois actuelles limitent les activités rentables.

Toutefois, l'inclusion de critères d'évaluation des retombées industrielles qu'offrent les projets présente un risque pour les FAC. En effet, afin de satisfaire aux impératifs industriels nationaux, les FAC pourraient se retrouver avec de l'équipement plus coûteux et moins performant (ou des services de moins bonne qualité dans le cas du soutien en service). Si l'on accorde suffisamment d'importance aux critères d'évaluation, les entreprises étrangères augmenteront la valeur des RIR et des coûts de projet afin de décrocher le contrat. Une telle situation est susceptible de se produire puisque le groupe d'experts de Jenkins a recommandé que Services publics et Approvisionnement Canada passe d'un accent mis sur le maintien au plus bas niveau possible des coûts à court terme à un accent sur les retombées économiques à long terme dans le cadre de ses évaluations de programmes. Toutefois, les critères d'évaluation sont actuellement appliqués de cette manière.

Le rapport de Jenkins n'est pas le seul rapport qu'ait commandé le gouvernement. En 2009, le gouvernement a chargé l'ancien député David Emerson d'enquêter sur l'état actuel de l'industrie canadienne de l'aviation et la participation du gouvernement à cette industrie. Le rapport se concentrait principalement sur l'amélioration de la compétitivité du secteur grâce à des investissements directs et à la modification des règlements. Le groupe d'experts a cependant formulé deux recommandations au chapitre des compensations. La première préconisait une meilleure administration du programme de RIR, y compris la détermination précoce des investissements potentiels<sup>24</sup>. La deuxième recommandation suggérait que les fabricants étrangers ayant conclu des contrats d'acquisition et de soutien en service (obtenus conformément au modèle de PUR) soient tenus d'établir un partenariat avec des entreprises nationales en vue d'assurer les services de maintenance. La recommandation expliquait clairement que ces relations « devraient prévoir un vaste transfert de données techniques et de propriété intellectuelle sur une base continue, ce qui permettra à l'entreprise canadienne d'acquérir une expertise en ingénierie et en conception de manière à protéger les intérêts du Canada au chapitre de la sécurité tout en facilitant la participation de l'entreprise sur le marché mondial<sup>25</sup>. » Bien que les objectifs de la



recommandation soient louables, sa mise en œuvre pose certains problèmes, dont nous discuterons dans la section qui suit sur le programme de soutien en service des F-35.

Les rapports de Jenkins et d'Emerson ont tous deux été suivis d'une série de réformes concrètes de la PRIR, dont les plus importants sont les suivantes :

- Détermination au préalable de 60 % des contrats de RIR;
- Exigence pour les entreprises assujetties à des obligations majeures en matière de RIR de soumettre des plans stratégiques d'investissements;
- Création d'un cadre d'investissement de R et D et de commercialisation;
- Augmentation de la valeur associée à l'intégration d'entreprises canadiennes aux chaînes de valeur mondiales (CVM)<sup>26</sup>.

Plusieurs de ces recommandations avaient été formulées précédemment dans les rapports d'Emerson et de Jenkins et ont été largement acceptées par les intervenants majeurs dans le processus d'approvisionnement. La réforme clé avait été intégrée à la Stratégie d'approvisionnement en matière de défense (SAMD). De façon plus particulière, l'option 4, qui préconise d'intégrer les entreprises canadiennes aux CVM, a attiré une attention considérable et a fait l'objet de deux réformes distinctes. La première consistait à imposer une exigence selon laquelle les entrepreneurs étrangers devaient garantir qu'une certaine portion des RIR (renommées retombées industrielles et technologiques ou RIT) seraient des compensations directes. Toutefois, si un contrat de compensation entraînait l'intégration d'une entreprise canadienne à une CVM reconnue, ledit gain pourrait être comptabilisé au titre de la nouvelle exigence. Ces contrats seraient également beaucoup moins stricts quant aux exigences relatives aux délais selon lesquelles les RIT doivent être rendues pendant la durée du contrat. La valeur du contrat serait plutôt évaluée en fonction du potentiel du contrat, que l'on inclurait désormais à titre d'exigence cotée du processus global d'approvisionnement. C'est ce qu'on appelle au sein du gouvernement la proposition de valeur (PV), laquelle pourrait avoir une incidence considérable sur l'issue d'un concours restreint.

Les répercussions de ce virage seront importantes. Selon la proportion d'exigences directes relativement aux exigences indirectes et l'influence que les considérations industrielles d'ordre national ont sur l'évaluation, ce changement pourrait avoir une incidence considérable sur la sélection du gagnant d'un concours. Si les contrats canadiens exigent une forte proportion de compensations directes et incluent cette exigence aux critères d'évaluation, la politique de CVM privilégiera de façon disproportionnée les plus importants entrepreneurs de la défense, dont la gamme de produits est variée. Une liste provisoire de ces entrepreneurs comprendrait Boeing, Lockheed Martin, BAE Systems, EADS et Northrop Grumman. Dans le cas d'une entreprise comme Boeing, qui est déjà un sous-traitant majeur du Canada, la politique de CVM n'aura qu'un effet minimal sur les activités quotidiennes et lui donnera une longueur d'avance sur les autres concurrents. Les entrepreneurs de la défense de plus petite taille, qui ne disposent pas d'une infrastructure industrielle importante, auront de la difficulté à satisfaire à ces exigences et à demeurer concurrentiels au chapitre des coûts, car ils auraient moins de possibilités d'intégrer des entreprises canadiennes à leurs chaînes de production industrielle.



Comme il a été mentionné précédemment, la proposition de valeur pourrait également faire en sorte que les FAC obtiennent des capacités moins efficaces. Toutefois, comme l'a affirmé un participant gouvernemental, il existe un scénario où la situation pourrait être différente :

Dans le cadre d'une évaluation du coût le plus faible par point de mérite technique, la seule manière d'obtenir des points sur le plan technique ou celui des coûts est de baisser son prix ou d'augmenter son score technique<sup>27</sup>.

Cela dit, ce participant a souligné que cette approche ne fonctionnait pas pour tous les programmes.

À une plus vaste échelle, la SAMD a le potentiel de transformer de manière draconienne la relation entre le Canada et l'industrie. En vertu de l'ancienne politique de RIR, la conformité était une exigence obligatoire : ainsi, tous les concurrents étrangers majeurs étaient tenus de fournir des compensations, mais se voyaient accorder beaucoup de latitude quant à la manière dont ils investiraient ces fonds. Comme il a été mentionné précédemment, le financement était généralement dirigé vers les entités canadiennes au meilleur rendement économique qui étaient les plus productives. Ce système présentait des lacunes, comme un faible rendement économique à long terme, mais les investissements reposaient largement sur le marché et consolidaient les forces de l'industrie canadienne. Dans sa forme actuelle, la SAMD confère au MDN et à Industrie Canada la capacité d'influer sur l'objet des investissements réciproques des producteurs étrangers, mais les effets qui en découlent sont généralement modestes. Depuis 2014, le gouvernement accorde la priorité aux points forts du marché qui sont liés à la capacité recherchée. Dans le cadre du programme de radar à moyenne portée, qui en est un bon exemple, le gouvernement a décidé de diriger vers le secteur de l'électronique militaire les investissements que les entreprises concurrentes étrangères doivent faire au titre des RIT<sup>28</sup>.

Le piège potentiel de la nouvelle approche en matière de RIT est que le gouvernement pourrait tenter de diriger les investissements de compensation vers des secteurs émergents ou immatures. Les activités relevant de ces domaines sont fondamentalement plus risquées et l'on pourrait s'employer au développement d'entreprises dans ces secteurs qui ne sont pas viables financièrement sans un investissement continu du gouvernement. Une telle situation représenterait un retour au modèle de développement économique national, à une échelle moindre, qui était en place dans les années 1950.

### Compensations et Programme d'avions d'attaque interarmées F-35

Au cours des 30 dernières années, le Programme du JSF est devenu l'une des exceptions clés aux propos précédents. Dès son lancement, ce programme visait à faciliter la coopération internationale d'une manière sans précédent. On comprenait clairement que les retombées industrielles liées à la participation au Programme du JSF ne correspondraient pas aux compensations typiques dont fait état la PRIR du Canada. Contrairement aux programmes multinationaux précédents, le Programme du JSF s'appuyait sur une approche industrielle axée sur la valeur. Au cours des phases initiales, des alliés clés ont été invités à se joindre au programme. Ces derniers devaient effectuer une contribution financière initiale, allant de 2,5 G\$ US pour le Royaume-Uni (le seul partenaire de niveau 1) à 110 M\$ US pour le Danemark (la plus petite contribution de niveaux 3). Ce statut déterminait la capacité des





partenaires du programme à influencer les spécifications relatives au chasseur et à son système de soutien. Toutefois, les entreprises nationales de tous les partenaires ont eu la possibilité de soumissionner les contrats de sous-traitance du programme, ce qui représentait une occasion de marché très lucratif considérant que plus de 3000 F-35 pourraient être fabriqués. Les contrats de sous-traitance étaient octroyés en fonction du meilleur rapport qualité-prix, et aucune compensation n'était offerte, sauf dans des circonstances exceptionnelles. Ainsi, le partage du travail relevant du programme était établi d'après la valeur et la rentabilité, plutôt qu'en fonction des ententes fixes qui caractérisaient les efforts multinationaux précédents.

Le gouvernement du Canada estimait que les entreprises d'aviation nationales étaient bien positionnées pour décrocher un certain nombre de contrats relevant du Programme du JSF, et ce, en raison de leur taux de succès généralement élevé à obtenir du travail en sous-traitance au sein de l'industrie de l'aviation civile et de leur bonne réputation auprès des entrepreneurs principaux. Le gouvernement a fourni à ces entreprises du soutien supplémentaire en tenant des séances d'information et en leur offrant des garanties de prêt en vue de faciliter l'acquisition de l'équipement et des connaissances de haute technologie nécessaires. Ces contrats s'étendaient sur l'ensemble du cycle de vie prévu de production du programme, soit environ 25 ans, ou sur une période plus longue dans le cas des activités de soutien. De plus, en vue de soutenir la rentabilité du programme, les contrats étaient généralement liés à la production de la majorité des F-35 fabriqués et/ou au soutien connexe. On peut donc raisonnablement s'attendre à ce que les bénéfices soient plus importants. Selon les estimations actuelles, les entreprises canadiennes vont toucher environ 9,71 G\$ CA par l'entremise de contrats d'acquisitions directes<sup>29</sup>. La valeur nominale des RIR du Canada quant aux F-35 ne serait que d'environ 6,8 à 7,5 M\$<sup>30</sup>.

Toutefois, l'approche industrielle du Programme du JSF présente quelques désavantages qui ont une incidence sur tous les aspects du programme. Comme il a été mentionné précédemment, les pays intéressés ont dû se joindre au programme au cours des phases initiales de développement afin de devenir des partenaires industriels, ce qui est n'est pas le cas dans la majorité des programmes d'approvisionnement où le Canada peut décider de devenir partenaire en tout temps et d'obtenir des contrats de RIR réciproques. Ainsi, les partenariats industriels comme ceux du F-35 exigent que le Canada et d'autres pays se soumettent à des exigences semblables à peu près au même moment. Les différences de délais peuvent avoir de graves conséquences. À titre d'exemple, les principaux entrepreneurs du Programme du JSF ont besoin d'obtenir des engagements en temps opportun quant à l'acquisition d'aéronefs dans le cadre du programme afin de déterminer les contrats requis de production et de soutien de la flotte. Cela témoigne aussi du caractère unique du projet des F-35, qui pourrait être difficile de recréer ultérieurement. Vu les difficultés associées à l'organisation de partenariats internationaux, il n'est pas surprenant qu'aucune autre entité n'ait tenté de mettre en place un plan de production industrielle aussi ambitieux dans le cadre d'un autre projet. Il reste à voir si une telle approche sera adoptée ultérieurement.

Par ailleurs, les phases d'acquisition et de soutien en service du programme ont permis de révéler d'autres inconvénients qui découlent de plusieurs différents facteurs. Tous les aspects des processus d'ingénierie, de fabrication et de conception du F-35 sont étroitement contrôlés par l'entrepreneur principal. Par le passé, les entreprises sous-traitantes bénéficiaient d'une marge de manœuvre considérable pour concevoir et fabriquer une composante. Une telle approche commandait des capacités





considérables en matière d'ingénierie, dont les bénéfices pouvaient être appliqués à d'autres fins. Dans les projets aérospatiaux et militaires contemporains, la marge de manœuvre des sous-traitants quant aux marchés de production est moindre, ce qui limite leur besoin en matière de capacité d'ingénierie. Cette situation est en partie attribuable à la complexité croissante des systèmes militaires et aux mesures de sécurité connexes qui sont mises en œuvre pour protéger la technologie. Étant donné que les projets sont aujourd'hui menés avec beaucoup moins de souplesse, la capacité des principaux entrepreneurs d'accepter des sous-composantes qui ne respectent leurs spécifications originales est presque inexistante. Les sous-traitants assujettis à cette approche sont davantage responsables de la fabrication complète d'une sous-composante que de sa conception. Dans une certaine mesure, ce désavantage est compensé par la capacité accrue de tels sous-traitants canadiens à entrer en concurrence pour obtenir d'autres mandats en technologie avancée de l'aviation, et ce, en raison des compétences et de l'équipement acquis en participant au Programme du JSF.

La question du contrôle centralisé est plus évidente dans le domaine du soutien en service, où la capacité des sous-traitants canadiens à gérer les réparations devient de plus en plus limitée. La flotte de CC130 Hercules de l'ARC est le meilleur exemple de cette différence. Actuellement, le Canada administre deux flottes d'Hercules : l'ancienne flotte de 18 aéronefs de modèle E ou H (achetés entre 1960 et 1995) et une nouvelle flotte de 17 aéronefs de modèle J (livrés entre 2010 et 2012). Cascade Aerospace assure les services de maintenance de troisième ligne et d'ingénierie pour les deux flottes, bien que ses véritables responsabilités soient très variées. L'entreprise est le principal entrepreneur responsable de ces services pour l'ancienne flotte, laquelle commande par ailleurs d'importants services d'ingénierie. Toute remise en état, révision ou réparation majeure est conçue et réalisée par Cascade, ce qui représente une importante source de revenus pour l'entreprise.

La situation est considérablement différente pour les CC130J. Bien que la majorité des travaux pratiques soient réalisés dans les installations de Cascade à Abbotsford, Colombie-Britannique, la majeure partie du travail d'ingénierie est effectuée à l'extérieur du Canada. Cascade conserve certaines de ces dernières fonctions, mais Lockheed Martin demeure responsable de surveiller étroitement le travail de Cascade. Il s'agit d'une caractéristique du modèle de PUR que les FAC appliquent actuellement, ainsi que de l'approche de LAR. Lockheed Martin mène la majeure partie des activités d'ingénierie dans ses installations aux États-Unis, alors que les employés de Cascade sont exclusivement responsables de mettre en œuvre les procédures et les pratiques de maintenance approuvées.

Une approche semblable à celle appliquée pour le F-35 sera mise en place pour le CC-130J. L-3 Military Air Systems (MAS) est actuellement responsable de la maintenance de troisième ligne des CF18 et a conclu une « alliance pour le soutien » avec Lockheed Martin afin d'assurer un rôle semblable pour les F-35 de l'ARC<sup>31</sup>. Comme pour le CC-130E/H, L-3 MAS et son prédécesseur Bombardier ont apporté à la demande de l'ARC des modifications au CF18 au cours de son cycle de vie. L'aéronef nécessitait toujours un soutien considérable du fabricant d'équipement d'origine, mais l'entente commandait un important soutien organique en matière d'ingénierie de la part des entreprises. Il ne fait aucun doute que les F-35 exigeront un soutien accru en matière de maintenance de l'équipement d'origine, et ce, au détriment de la capacité nationale d'ingénierie industrielle.



## Conclusions

Au cours de 70 dernières années, la relation entre le MDN et l'industrie canadienne de l'aviation a connu d'importants changements. En raison de différents facteurs internes et externes, le gouvernement n'a pas réussi à réaliser son objectif initial de créer une industrie durable de la défense aérospatiale. Ainsi, le Canada ne dispose pas aujourd'hui de la capacité de développement et de fabrication nécessaire pour répondre lui-même à ses besoins en matière d'aérospatiale militaire. En revanche, les activités d'approvisionnement en matière de défense ont contribué à la croissance d'une industrie aérospatiale civile canadienne dynamique qui figure parmi les chefs de file mondiaux dans son secteur. Plusieurs des réformes récemment mises en œuvre permettront de continuer sur cette voie, et ce, en convertissant les investissements militaires dans des contrats nationaux à l'intention d'entreprises aérospatiales civiles.

Parallèlement, l'histoire de l'industrie canadienne de l'aérospatiale devrait servir d'exemple incitant à la prudence pour ce qui est de ses tentatives à mettre sur pied une base de production nationale. En fait, l'économie du secteur privé a largement défini les contours de l'industrie de la défense du Canada. À moins qu'un secteur n'arrive à établir un modèle économique durable, il lui sera difficile de survivre sans un financement constant du gouvernement. De plus, compte tenu des coûts croissants des systèmes militaires, les marchés d'exportation viables sont pratiquement devenus une condition essentielle au succès de l'industrie.

La SAMD de 2014 reconnaît partiellement cette réalité. Elle vise à améliorer les résultats de la stratégie des retombées industrielles et technologiques du Canada en ciblant les secteurs nationaux qui doivent faire l'objet d'investissements et en dirigeant les compensations vers ces derniers. Grâce aux critères d'évaluation actuels, le gouvernement peut maintenant offrir de meilleures protections qui permettent de diriger les investissements vers des domaines qui sont viables économiquement et liés à l'approvisionnement original.

Ce n'est toutefois pas le cas avec le projet signature de développement industriel de la défense du Canada. En 2008, le gouvernement a annoncé le lancement d'une initiative d'envergure qui vise à promouvoir le développement d'une infrastructure industrielle nationale de défense. La SNACN, son volet le plus important, prévoyait la construction de plusieurs nouvelles classes de navires de haute mer pour la Marine royale canadienne et la Garde côtière canadienne. L'industrie canadienne de la construction navale a connu une décroissance considérable suivant la construction des dernières frégates de classe HALIFAX, et celle-ci n'est plus en mesure de produire les grands navires de ce type pour la Marine royale canadienne. Conséquemment, le gouvernement fédéral doit réaliser un investissement initial qui permettra aux entreprises d'acquérir l'infrastructure et le personnel nécessaires à ces projets de construction. Le gouvernement fédéral paiera également une prime pour ses premiers navires, alors que les entreprises réapprennent comment mener ces types de projets de construction. Les coûts associés seront probablement plus élevés que ceux proposés par les chantiers navals étrangers.

La SAMD et la SNACN sont deux exemples des risques potentiels pour les capacités des FAC et la sécurité nationale. Les deux stratégies permettent de choisir une capacité qui sera définie en partie par les résultats industriels et économiques, et non exclusivement par l'efficacité et les coûts. Cette situation



est problématique, car l'objectif de l'approvisionnement en matière de défense est d'acquérir les capacités requises pour permettre aux FAC de répondre de manière sécuritaire et efficace aux souhaits du gouvernement et de la population du Canada. En termes francs, cela commande de pouvoir survivre à un engagement avec un adversaire et, s'il y a lieu, de vaincre un ennemi. Dans ce contexte, bien que le soutien de l'industrie nationale soit important, ce besoin ne devrait pas mettre en danger le Canada ou les membres des FAC. Nous reconnaissons cependant que dans le cadre des processus d'approvisionnement lancés depuis l'annonce de la SAMD, on n'a accordé qu'une importance limitée au rendement en matière de RIT à titre de critère d'évaluation. Le risque est cependant toujours présent.

Si l'objectif original de créer une capacité nationale n'a pas été atteint à plusieurs égards, le deuxième meilleur scénario a été réalisé. En assurant une gestion adéquate et en continuant de collaborer étroitement avec ses alliés, le Canada peut acquérir les types de capacités militaires complexes et avancées dont il aura besoin à l'avenir, et ce, tout en soutenant la viabilité à long terme de l'industrie canadienne. Toutefois, il ne pourra pas atteindre cet objectif dans une large mesure en liant directement ces deux secteurs. La reconnaissance de leurs voies divergentes et la création d'une politique basée sur cette réalité pourraient donner lieu pour le Canada à une situation où tout le monde trouve son compte.

---

Richard Shimooka est agrégé supérieur de recherches du Macdonald-Laurier Institute. Il a auparavant occupé les fonctions d'agrégé supérieur de recherches au Programme d'études de gestion de la défense à l'Université Queen's de 2007 à 2012, et de chercheur universitaire au Conference of Defence Associations Institute de 2012 à 2017. Ses œuvres couvrent une grande diversité de sujets, y compris la politique étrangère et de défense canadienne et américaine, la puissance aérienne et l'approvisionnement de la défense modernes. Il a publié des articles dans le *National Post*, *Globe and Mail*, *Ottawa Citizen*, *The Hill Times*, *War on the Rocks*, la *Revue militaire canadienne*, ainsi que plusieurs livres. M. Shimooka est titulaire d'une maîtrise en études stratégiques de l'Université d'Aberystwyth et d'un baccalauréat avec spécialisation en études politiques de l'Université Queen's.



## Abréviations

<b>APPD</b>	Accord sur le partage de la production de défense
<b>ARC</b>	Aviation royale canadienne
<b>CVM</b>	chaîne de valeur mondiale
<b>ERR</b>	entretien, réparation et révision
<b>FAC</b>	Forces armées canadiennes
<b>JSF</b>	Programme d'avions d'attaque interarmées
<b>LAR</b>	logistique axée sur le rendement
<b>MAS</b>	Military Air Systems
<b>MDN</b>	ministère de la Défense nationale
<b>PUR</b>	point unique de responsabilisation
<b>R et D</b>	recherche et développement
<b>RIR</b>	retombées industrielles et régionales
<b>RIT</b>	retombées industrielles et technologiques
<b>SAMD</b>	Stratégie d'approvisionnement en matière de défense
<b>SNACN</b>	Stratégie nationale d'approvisionnement en matière de construction navale
<b>USAF</b>	United States Air Force (Forces aériennes des États-Unis)



## Notes

1. Canada, ministère de l'Innovation, des Sciences et du Développement économique (ISDE), « Politique des retombées industrielles et régionales », gouvernement du Canada, consulté le 13 août 2018, <http://www.ic.gc.ca/eic/site/042.nsf/fra/accueil>.
2. Randall Wakelam, *Cold War Fighters: Canadian Aircraft Procurement 1945-54*, Vancouver, UBC Press, 2011, p. 18 et 135.
3. Michael Slack et John Skynner, « Defence Production and the Defence Industrial Base », dans David B. Dewitt et David Leyton-Brown, éd., *Canada's International Security Policy*, Scarborough, Prentice Hall Canada inc., 1995.
4. Slack et Skynner. « Defence Production and the Defence Industrial Base ».
5. Robert Rodwell. « A resilient, exporting industry », *Flight International*, 31 décembre 1964, p. 1113.
6. Slack et Skynner. « Defence Production and the Defence Industrial Base », p. 367.
7. Canada, ministère de l'Innovation, des Sciences et du Développement économique (ISDE) et Association des industries aérospatiales du Canada (AIAC), État de l'industrie aérospatiale canadienne : Rapport 2018, consulté le 13 août 2018, [https://www.ic.gc.ca/eic/site/ad-ad.nsf/fra/h\\_ad03964.html#p1](https://www.ic.gc.ca/eic/site/ad-ad.nsf/fra/h_ad03964.html#p1).
8. Bruce McGibbon. *Inside DND – Procurements : The Hidden Story*, Victoria, DB McGibbon & Associates, 2011, p. 46.
9. Canada, « Politique des retombées industrielles et technologiques : Guide sur la proposition de valeur », gouvernement du Canada, consulté le 13 août 2018, <https://www.ic.gc.ca/eic/site/086.nsf/fra/00006.html>.
10. Ugurhan Berkok, Christopher Penney et Karl Skogstad. « Defence Industrial Policy Approaches and Instruments », Kingston, Collège militaire royal et University Queen's, juillet 2012, consulté le 13 août 2018, [http://aerospacereview.ca/eic/site/060.nsf/vwapj/Def\\_Ind\\_Pol\\_Approaches\\_-\\_Final\\_Draft\\_-\\_July\\_13.pdf/\\$FILE/Def\\_Ind\\_Pol\\_Approaches\\_-\\_Final\\_Draft\\_-\\_July\\_13.pdf](http://aerospacereview.ca/eic/site/060.nsf/vwapj/Def_Ind_Pol_Approaches_-_Final_Draft_-_July_13.pdf/$FILE/Def_Ind_Pol_Approaches_-_Final_Draft_-_July_13.pdf).
11. « Two additional F-35s in Ministry of Defense Budget Request », *Wall Street Journal Japan*, 7 août 2012.



12. Joe Marcheschi, « Boeing Canada sélectionne AVIOR pour les sous-assemblages du Dreamliner 787 », *Cision Canada*, 28 juin 2011, consulté le 13 août 2018, <https://www.newswire.ca/fr/news-releases/boeing-canada-selectionne-avior-pour-les-sous-assemblages-du-dreamliner-787-508516741.html>.
13. Consulté le 24 janvier 2018, [http://www.edmontonjournal.com/story\\_print.html?id=9473658](http://www.edmontonjournal.com/story_print.html?id=9473658)
14. Voir Jurgen Brauer, « Economic Aspects of Arms Trade Offsets », dans J. Brauer et J.P. Dunne, éd., *Arms Trade and Economic Development: Theory, Policy and Cases in Arms Trade Offsets*, Londres, Routledge, 2004.
15. Canada, *Aerospace Related Public Procurement Working Group Report*, Ottawa, Gouvernement du Canada, 2012, p. 16, consulté le 13 août 2018, [http://aerospacereview.ca/eic/site/060.nsf/vwapj/1-Aerospace\\_Procurement\\_Working\\_Group\\_Final\\_Report-eng.pdf/\\$file/1-Aerospace\\_Procurement\\_Working\\_Group\\_Final\\_Report-eng.pdf](http://aerospacereview.ca/eic/site/060.nsf/vwapj/1-Aerospace_Procurement_Working_Group_Final_Report-eng.pdf/$file/1-Aerospace_Procurement_Working_Group_Final_Report-eng.pdf).
16. Maj Daniel C. Brink, « Acquisition Reform: Why? What? Is it working? », rapport de recherche présenté au Department Air Command and Staff College, 1997, p. 15.
17. Jacques Gansler et William Lucyshyn. *An Evaluation of Performance Based Logistics*, Monterrey, Center For Public Policy And Private Enterprise, 2006, p. 7.
18. Consulté le 24 janvier 2018, [http://www.lockheedmartin.ca/content/dam/lockheed/data/aero/documents/global-sustainment/product-support/2010HOC-Presentations/Wed\\_1445\\_DTADS-Keith\\_Wells.pdf](http://www.lockheedmartin.ca/content/dam/lockheed/data/aero/documents/global-sustainment/product-support/2010HOC-Presentations/Wed_1445_DTADS-Keith_Wells.pdf).
19. Justin Wastnage, « Canada gets USAF slots for August delivery after signing for four Boeing C-17s in 20-year C\$4bn deal, settles provincial workshare squabble », *FlightGlobal*, 5 février 2007, consulté le 13 août 2018, <http://www.flightglobal.com/news/articles/canada-gets-usaf-slots-for-august-delivery-after-signing-for-four-boeing-c-17s-in-20-year-c4bn-211969/>.
20. Consulté le 24 janvier 2018, <http://blogs.ottawacitizen.com/2010/03/22/lockheed-martin-announces-canadian-industrial-team-for-c-130j-maintenance-and-support/>
21. Joetey Attariwala, « IMP Aerospace & Defence », *Canadian Defence Review*, 23 mai 2017, consulté le 13 août 2018, [http://www.canadiandefencereview.com/Featured\\_content?blog/62](http://www.canadiandefencereview.com/Featured_content?blog/62)
22. Consulté le 24 janvier 2018, <http://www.wingsmagazine.com/content/view/5497/>



23. Canada, « Avion canadien de recherche et de sauvetage », gouvernement du Canada, 18 mars 2010, consulté le 13 août 2018, <https://www.canada.ca/fr/nouvelles/archive/2010/03/avion-canadien-recherche-sauvetage.html>.
24. Canada, TPSC, « Examen de l'aérospatiale, Volume 1 : Au-delà de l'horizon : les intérêts et l'avenir du Canada dans l'aérospatiale », novembre 2012, consulté le 13 août 2018, <http://examinaerospatiale.ca/eic/site/060.nsf/fra/00048.html#c3.3>.
25. Canada, TPSC, « Au-delà de l'horizon », p. 53.
26. Canada, ISDE, « Politique des retombées industrielles et technologiques.
27. Canada, MDN, Entrevue officielle du MDN, 8 novembre 2016.
28. Canada, TPSC, « Radar à moyenne portée (MRR) – Appels d'offres », consulté le 13 août 2018, <https://achatsetventes.gc.ca/donnees-sur-l-approvisionnement/appels-d-offres/PW-QD-023-23867>.
29. Canada, ISDE, « Participation de l'industrie canadienne au Programme d'avions de combat interarmées F-35 », printemps 2013, consulté le 13 août 2018, <http://www.ic.gc.ca/eic/site/ad-ad.nsf/fra/ad03963.html>
30. Voir le tableau 2 : MDN, Capacité de la prochaine génération des chasseurs, mise à jour annuelle, août 2013, gouvernement du Canada. On compte parmi les éléments qui nécessitent normalement d'être couverts par les exigences de RIR le sous-total des coûts récurrents de sortie d'usine, les modifications liées à la simultanéité, le système de gestion de données, l'équipement auxiliaire, la logistique autonome, l'équipement de soutien et les pièces de rechange initiales. On compte parmi les éléments nécessitant un volume indéterminé d'achats étrangers les dispositifs d'instruction, l'instruction et la simulation, l'équipement de soutien, l'instruction, etc.
31. Isabelle Fontaine, « L-3 MAS annonce une alliance pour le soutien de la flotte canadienne d'avions d'attaque interarmées F-35 Lightning II MIRABEL », communiqué, L3 Communications, *Cision Canada*, 2 novembre 2010, consulté le 13 août 2018, [http://www.mas.l-3com.com/doc/Press\\_Release/15-F35\\_HQ\\_Approved\\_FR.pdf](http://www.mas.l-3com.com/doc/Press_Release/15-F35_HQ_Approved_FR.pdf).







# CH09

**Gérer les ressources en personnel d'un groupe  
professionnel militaire : prévision de l'attrition  
et planification de la production**

Lynne Serré

---



## CH09 Table des matières

Introduction.....	263
Contexte.....	263
Survol.....	264
Aperçu des modèles de planification.....	264
Modélisation du recrutement et de la production de personnel pour un groupe professionnel..	266
Répartition des recrues selon le programme d'enrôlement.....	266
Taux de réussite à l'instruction.....	268
Capacité des établissements d'instruction et retards en matière d'instruction.....	268
Modélisation de l'attrition dans les groupes professionnels.....	269
Taux d'attrition selon le nombre d'années de service.....	270
Prévision de l'attrition.....	271
Prévision des difficultés et des limites.....	274
Exploitation des modèles et évaluation des résultats.....	275
Analyse.....	277
Conclusion.....	278
Appendice A : Rapports sur les taux d'attrition historiques.....	279
Taux d'attrition global.....	279
Taux d'attrition selon les AS.....	279
Appendice B : Formules de prévision de l'attrition de l'EQA.....	280
Abréviations.....	282
Notes.....	283
Lecture complémentaire.....	284



## Introduction

Dans le cadre de la Stratégie de défense *Le Canada d'abord*, un peu plus de la moitié des dépenses totales de la Défense est allouée au personnel des Forces armées canadiennes (FAC) et du ministère de la Défense nationale (MDN), qui est la plus importante ressource du MDN<sup>1</sup>. Le personnel militaire du Canada est un effectif expérimenté, hautement qualifié et diversifié, et le personnel de la Force régulière est réparti dans un peu plus d'une centaine de groupes professionnels militaires, dont bon nombre existent aussi dans la Force de réserve. L'un des principaux outils utilisés pour veiller au bon état des groupes professionnels au sein des FAC est l'Examen annuel des groupes professionnels militaires (EAGPM). L'état d'un groupe professionnel est adéquat si le groupe dispose de suffisamment de personnel qualifié pour répondre à ses exigences opérationnelles. Il est essentiel d'avoir une bonne connaissance de l'attrition pour surveiller efficacement l'état d'un groupe professionnel, et les prévisions de l'attrition sont nécessaires à la planification du recrutement annuel et de l'instruction des membres des FAC, de même qu'à l'établissement du budget.

## Contexte

L'EAGPM est un outil de gestion du personnel militaire qui fournit aux autorités de groupe professionnel militaire, aux conseillers de groupe professionnel militaire, aux conseillers de branche, aux responsables de l'instruction et à d'autres représentants du MDN et des FAC un forum de discussion permettant d'examiner les questions internes et externes qui pourraient avoir une incidence sur l'état d'un groupe professionnel<sup>2</sup>. Les questions internes qui pourraient influencer sur l'état des groupes professionnels comprennent les stratégies de maintien en poste, les possibilités d'avancement professionnel, les restrictions visant la capacité de recrutement et d'instruction, la rémunération et les avantages sociaux, les possibilités d'instruction de niveau avancé et les possibilités de mutation. Les questions externes comprennent les modifications apportées aux normes d'agrément de l'industrie et les taux de rémunération et les occasions d'emploi dans les groupes professionnels civils comparables.

Pour mesurer l'état d'un groupe professionnel, il faut comparer la taille de son effectif qualifié en activité (EQA) avec son niveau préférentiel de dotation (NPD). L'EQA est le nombre de membres du personnel ayant atteint le niveau opérationnel de compétence (NOC) requis dans leur groupe professionnel. Le NOC est atteint lorsqu'un membre a suivi toute l'instruction et obtenu toutes les qualifications requises dans le cadre du premier emploi occupé dans son groupe professionnel<sup>3</sup>. Le NPD est le nombre de postes autorisés pour chaque groupe professionnel et pour chaque grade; il est utilisé pour établir la taille cible de l'EQA. Ainsi, l'état d'un groupe professionnel est adéquat si la taille de son EQA se rapproche de son NPD<sup>4</sup>.

Le temps et l'instruction requis pour que les recrues atteignent le NOC dépendent de leur groupe professionnel et du programme dans le cadre duquel elles se sont enrôlées. Par exemple, une recrue qui s'enrôle par l'entremise d'un programme de formation universitaire doit d'abord obtenir son diplôme avant d'entreprendre l'instruction professionnelle, et atteint ainsi le NOC jusqu'à quatre années plus tard, ou même davantage, qu'une recrue déjà diplômée au moment de l'enrôlement.



Lorsqu'une recrue atteint le NOC, elle devient un militaire apte au travail, et ce résultat est désigné comme « la production de personnel ». Ainsi, pour qu'un groupe professionnel demeure en bon état, sa production annuelle doit se rapprocher le plus possible du taux d'attrition annuel. Comme une nouvelle recrue peut mettre plusieurs années à atteindre le NOC, les prévisions de l'attrition sont d'autant plus cruciales au maintien en bon état d'un groupe professionnel que les besoins en matière de recrutement doivent être établis bien à l'avance. Des prévisions de l'attrition à l'appui de l'EAGPM sont effectuées chaque année par le Directeur général – Recherche et analyse (Personnel militaire) (DGRAPM), un centre de recherche au sein de Recherche et développement pour la défense Canada (RDDC).

L'un des principaux résultats attendus de l'EAGPM est la recommandation au sujet du nombre de recrues nécessaires pour répondre aux exigences en matière de production de personnel et maintenir ou améliorer l'état d'un groupe professionnel. Les recommandations tirées de chaque EAGPM servent de point de départ à l'élaboration du plan de recrutement stratégique (PRS) des FAC, lequel expose le plan de recrutement pour l'année à venir. Le plan de recrutement stratégique arrime les recommandations formulées dans l'EAGPM aux intérêts stratégiques des FAC, tout en tenant compte des contraintes financières<sup>5</sup>.

## Survol

Le présent chapitre vise à décrire le processus qui consiste à analyser les tendances en matière d'attrition d'un groupe professionnel des FAC pour établir des prévisions sur les volumes d'attrition futurs en vue d'orienter le recrutement annuel et la planification de la production dans le cadre de l'EAGPM. Le chapitre est structuré en sept sections. La deuxième section présente un aperçu des modèles de planification utilisés dans l'EAGPM par l'Aviation royale canadienne (ARC). Les modèles de planification ont deux grands volets. Le premier, traité à la troisième section, se rapporte à la modélisation du recrutement et de la production. Le second, décrit à la quatrième section, concerne les prévisions de l'attrition. La cinquième section explique comment le modèle de planification est utilisé dans le cadre de l'EAGPM, et comment les intervenants devraient interpréter les résultats obtenus et envisager des stratégies de maintien en poste et de recrutement au besoin. La sixième section expose comment, dans certains cas, la procédure actuelle qui consiste à comparer l'EQA d'un groupe professionnel à son NPD ne rend pas nécessairement compte de l'état réel du groupe professionnel. En conclusion, la septième section présente un résumé des principaux éléments du chapitre.

## Aperçu des modèles de planification

Les modèles de planification utilisés dans le cadre de l'EAGPM permettent d'établir le nombre de recrues nécessaires par année pour répondre aux exigences en matière de production de personnel et maintenir ou améliorer l'état d'un groupe professionnel. Les volumes d'attrition prévus jouent un rôle clé dans ces modèles, car l'attrition détermine souvent les exigences de production et de recrutement. Les exigences de production et de recrutement futures peuvent aussi être modélées par une hausse ou une baisse du NPD d'un groupe professionnel, de même que par une pénurie ou un excédent de personnel en place.



Les modèles de planification utilisés par l'ARC ont été conçus et mis au point par le DGRAPM, et adaptés à chacun des groupes professionnels des officiers et des militaires du rang de façon à tenir compte des différences dans leurs programmes d'instruction. Chaque modèle de planification a la même structure d'ensemble formée de deux volets. Le premier volet, sert à établir le nombre de recrues nécessaires pour que les objectifs de production annuels permettent de maintenir ou de rétablir l'état du groupe professionnel. Le second volet sert à prévoir l'attrition de l'EQA ainsi que sa population au moyen de la méthode décrite ci-bas. Les deux volets du modèle sont interdépendants. Les volumes d'attrition influent sur les exigences en matière de production, car les objectifs de production doivent être établis de façon à pourvoir les postes vacants découlant de l'attrition. De même, la production a une incidence sur les volumes d'attrition, car la production annuelle agit sur la taille de l'EQA.

La figure 1 illustre les deux volets du modèle de planification pour un groupe professionnel donné, selon deux programmes d' enrôlement. La colonne des recrues représente le nombre de recrues, et la colonne de production, le nombre de recrues qui atteignent le NOC. Dans cet exemple, la colonne des recrues montre l'arrivée de cinq recrues à l'année 1, et de trois recrues à l'année 2 et à l'année 3 respectivement. Les recrues issues du programme d' enrôlement n° 1 atteignent le NOC la même année, tandis que les recrues issues du programme d' enrôlement n° 2 atteignent au cours de l'année suivant celle de leur recrutement. Les deux programmes d' enrôlement sont sujets à l'attrition, qui peut découler des échecs liés à l' instruction. Lorsqu' une recrue atteint le NOC, elle peut accéder à un poste vacant et se joindre à l' EQA du groupe professionnel. Par exemple, sur les deux recrues provenant du programme d' enrôlement n° 2 la première année, une seule atteint le NOC et s' ajoute à l' EQA la deuxième année; l' autre quitte l' effectif par attrition.

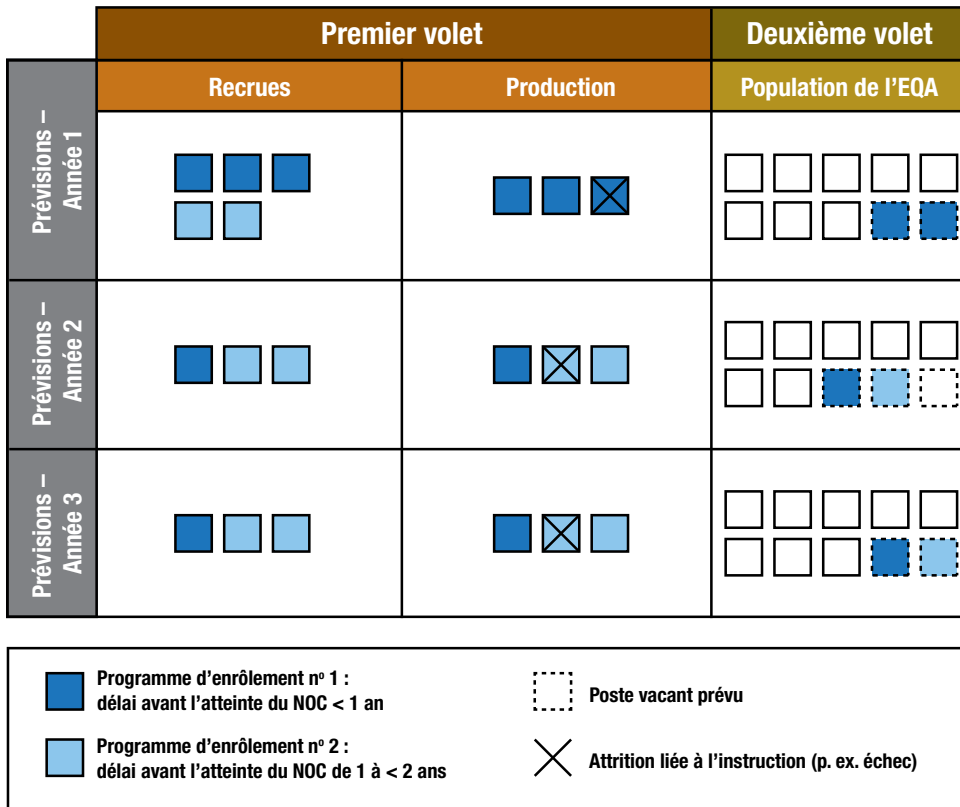


Figure 1. Aperçu des volets du modèle de planification pour un groupe professionnel

## Modélisation du recrutement et de la production de personnel pour un groupe professionnel

Au moment d'établir le nombre de recrues nécessaires pour répondre aux exigences annuelles en matière de production de personnel, il faut prendre plusieurs facteurs en considération, dont la répartition des nouvelles recrues selon le programme d' enrôlement, les taux de réussite à l'instruction, la capacité des établissements d'instruction, et tout retard en matière d'instruction. Chacun de ces facteurs est décrit plus en détail ci-après.

### Répartition des recrues selon le programme d' enrôlement

Comme les niveaux de recrutement recommandés dans le cadre de chaque EAGPM servent de point de départ à l'élaboration du Plan de recrutement stratégique des FAC, ces recommandations doivent être formulées selon le programme d' enrôlement et la source de recrutement, soit interne ou externe. Le recrutement interne s'entend des membres recrutés au sein de la Force régulière, et le recrutement



externe, des membres recrutés à l'extérieur de la Force régulière. Les modèles de planification doivent tenir compte de la source de recrutement et du programme d'enrôlement en raison du temps requis pour atteindre le NOC qui est variable, ce qui a une incidence sur le nombre annuel de membres produits.

En ce qui concerne le recrutement externe, les programmes d'enrôlement peuvent être répartis en deux catégories : l'enrôlement direct et les études payées. Un candidat qui s'enrôle dans le cadre d'un programme d'enrôlement direct aura déjà satisfait aux exigences en matière d'études du groupe professionnel, tandis qu'un candidat s'enrôlant dans le cadre d'un programme d'études payé devra tout de même terminer ses études collégiales ou universitaires. Au sein d'un groupe professionnel donné, les candidats s'étant enrôlés dans le cadre d'un programme d'études payées mettront plus de temps à atteindre le NOC que ceux s'étant enrôlés dans le cadre d'un programme d'enrôlement direct, car ils devront terminer leurs études collégiales ou universitaires en plus de réussir l'instruction propre à leur groupe professionnel. Par ailleurs, si les programmes d'études payées sont associés à une atteinte plus tardive du NOC, les candidats qui s'enrôlent par leur entremise ont une période de service obligatoire plus longue.

La mutation entre éléments depuis la Force de réserve constitue une autre forme de recrutement externe et une source précieuse de personnel militaire formé. Les réservistes déjà formés faisant partie d'un groupe professionnel qui existe aussi dans la Force régulière peuvent être mutés directement à l'EQA, et ils sont ceux qui atteignent le NOC le plus rapidement. Les réservistes n'ayant pas terminé leur formation ou qui choisissent de changer de groupe professionnel peuvent être mutés dans le cadre de l'un des programmes d'enrôlement externes, notamment les programmes d'études payées<sup>6</sup>.

Le recrutement interne est une source précieuse de personnel militaire expérimenté. Il existe une variété de programmes d'enrôlement consacrés au recrutement interne, dont les programmes d'études payées, ainsi que des mécanismes permettant aux militaires du rang d'accéder aux groupes professionnels des officiers. Certains groupes professionnels, par exemple un poste de supervision pour lequel il n'existe pas d'échelon de niveau subalterne, ne sont accessibles que par les voies du recrutement interne, tandis que d'autres sont ouverts aux candidats de l'interne et de l'extérieur. Même si le recrutement interne est une source précieuse de personnel militaire expérimenté, des postes vacants sont créés lorsque des militaires passent d'un groupe professionnel à un autre. Par conséquent, selon l'état du groupe professionnel, le nombre total de militaires autorisés à effectuer une mutation à un autre groupe peut être très limité.

La répartition du recrutement selon les programmes d'enrôlement diffère d'un groupe professionnel à un autre, selon la capacité du groupe professionnel à attirer des candidats de l'interne et de l'extérieur par l'entremise de chaque programme d'enrôlement, et la nécessité d'attirer des candidats qualifiés ou non qualifiés. De plus, la répartition selon les programmes d'enrôlement peut varier d'une année à l'autre, en fonction des objectifs de production et du délai d'atteinte du NOC associé à chaque programme. Par exemple, un groupe professionnel qui se situe sous le NPD peut fixer un objectif de recrutement plus élevé pour un programme d'enrôlement direct que pour un programme d'études payées en raison du délai plus court d'atteinte du NOC. À l'inverse, un groupe professionnel qui se situe au delà du NPD peut accroître l'objectif de recrutement pour un programme d'études payées de façon à diminuer la production à court terme.



## Taux de réussite à l'instruction

Entre le moment de l'enrôlement et l'atteinte du NOC, l'instruction peut être divisée en trois phases : 1) les études collégiales ou universitaires; 2) l'instruction militaire de base; 3) l'instruction professionnelle. La première phase ne s'applique qu'à ceux qui se sont enrôlés dans le cadre d'un programme d'études payées. La deuxième phase, l'instruction militaire de base, s'applique à l'ensemble des militaires, et, pour ceux qui se sont enrôlés dans le cadre d'un programme d'études payées, elle se déroule habituellement parallèlement à la première phase. La troisième phase consiste en un ou plusieurs cours propres au groupe professionnel.

À chacune des phases de l'instruction, des échecs peuvent survenir et donner lieu à la libération du militaire ou à son affectation à un autre groupe professionnel qui lui convient mieux. En outre, comme l'instruction peut s'étendre sur des mois, voire des années, les militaires peuvent échouer à atteindre le NOC pour des raisons autres que l'échec à l'instruction. Par exemple, un militaire pourrait demander une libération volontaire au cours de l'instruction de base, ou obtenir une libération pour raisons médicales par suite d'une blessure subie au cours de l'instruction professionnelle. Les taux de réussite à l'instruction utilisés dans les modèles de planification devraient correspondre à la proportion attendue de recrues qui atteindront le NOC, peu importe la raison.

## Capacité des établissements d'instruction et retards en matière d'instruction

La planification annuelle du recrutement et de la production de personnel doit tenir compte de la capacité de l'établissement d'instruction. C'est entre autres pour cette raison que le rétablissement du NPD d'un groupe professionnel doit être planifié sur plusieurs années. Par ailleurs, il est aussi possible d'accroître la capacité d'instruction d'un établissement à court terme pour contribuer à accélérer le rétablissement du groupe professionnel.

Il faudrait également tenir compte du nombre minimal de stagiaires prévu pour chaque cours de façon à disposer de suffisamment de membres du personnel pour assurer la tenue du cours. Afin d'optimiser l'utilisation des ressources d'instruction, le nombre de recrues devrait être un multiple du nombre de stagiaires prévu pour chaque cours de sorte que les classes soient données à plein rendement. Selon le groupe professionnel, des membres de la Force régulière et de la Force de réserve peuvent assister à un même cours. Pour cette raison, le nombre de réservistes qui pourraient entreprendre l'instruction devrait aussi être pris en compte, car ils réduisent le nombre de places disponibles pour les recrues de la Force régulière. L'instruction des réservistes constitue toutefois une priorité moins grande que l'instruction des membres de la Force régulière.

Le nombre de membres du personnel en attente d'une instruction est un autre facteur à prendre en compte lors de la planification du recrutement et de la production de personnel. Selon le nombre de membres en attente et le délai d'attente prévu, il pourrait être souhaitable de revoir les objectifs de recrutement à la baisse à court terme pour rattraper les retards en matière d'instruction.





## Modélisation de l'attrition dans les groupes professionnels

Dans le contexte de l'ensemble du personnel de la Force régulière des FAC, l'attrition s'entend des libérations de la Force régulière, ce qui comprend les membres dont le départ est volontaire ou motivé par des raisons médicales et les membres ayant achevé leur période de service. Dans le cadre de l'EAGPM, les prévisions de l'attrition sont effectuées à l'échelle des groupes professionnels. Par conséquent, la définition de l'attrition doit être élargie pour inclure les mutations d'un groupe professionnel à un autre, car les militaires ainsi mutés laissent vacants des postes qui devront être pourvus. Cette définition élargie de l'attrition est particulièrement importante pour la modélisation des groupes professionnels touchés par des mouvements de personnel, car le nombre annuel de postes vacants attribuables aux départs risquerait d'être nettement inférieur s'il n'était tenu compte que des libérations.

Le taux d'attrition s'entend de la proportion de militaires d'un effectif donné qui obtient sa libération ou une mutation au cours d'une certaine période. La méthode choisie pour calculer les taux d'attrition et en faire rapport doit être compatible avec le type, le format et la signification des données sur le personnel disponibles. La base de données historiques sur le personnel du DGRAPM est constituée d'instantanés de fin d'exercice de l'effectif de la Force régulière extraits du Système de gestion des ressources humaines du MDN. Pour les besoins de la production de rapports et de l'établissement de prévisions, le DGRAPM calcule les taux d'attrition annuels au moyen d'une méthode qui tient compte du fait que les arrivées de recrues et les mutations au sein du personnel se produisent tout au long de l'année. Les appendices en traitent plus en détail.

Les rapports et les prévisions sur l'attrition produits dans le cadre de l'EAGPM portent sur l'EQA du groupe professionnel. Les prévisions sur les départs futurs au sein de l'EQA du groupe professionnel, soit les libérations et les mutations, servent à établir le nombre de postes qu'il faudra pourvoir, lequel permettra ensuite de définir les exigences annuelles en matière de production de personnel et de recrutement. La figure 2 montre en exemple les taux d'attrition annuels de l'EQA et ses variations d'une année à l'autre sur une décennie pour un groupe professionnel de la Force régulière.

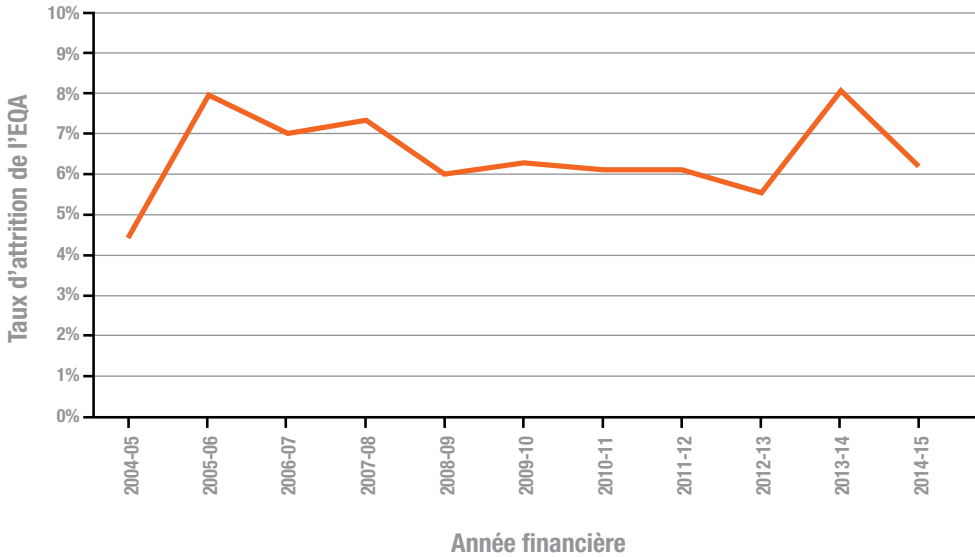


Figure 2. Taux d'attrition annuels de l'EQA d'un groupe professionnel de la Force régulière

### Taux d'attrition selon le nombre d'années de service

Les tendances en matière d'attrition sont souvent examinées en fonction des années de service (AS), étant donné le lien entre les conditions de service (CS) et les AS. Selon la définition figurant dans *Instruction du SMA (RH-Mil) 05/05 – Nouvelles conditions de service de la Force régulière des Forces canadiennes*<sup>7</sup>, les CS désignent un accord conclu entre un militaire et les FAC, selon lequel l'intéressé doit continuer de servir jusqu'à ce qu'il soit légalement libéré. Au cours de leur carrière, les membres des FAC se voient offrir une séquence de CS, qui peut les mener jusqu'à l'âge de la retraite obligatoire. Les CS sont habituellement d'une durée déterminée et mesurées en AS. Même si les militaires peuvent obtenir une libération avant d'avoir terminé le service décrit dans leurs CS, une telle décision peut modifier les prestations de retraite ou les indemnités de déménagement auxquelles ils auraient eu droit s'ils avaient terminé leur service. Il a été montré que ces prestations et indemnités influent sur la décision des membres de demander une libération hâtive ou de terminer leur période de service.

La figure 3 montre les taux d'attrition moyens de l'EQA pondérés sur cinq ans, ventilés selon le nombre d'AS, pour les officiers et les militaires du rang de l'ARC, établis en fonction des données relatives aux libérations et à l'effectif portant sur la période du 1<sup>er</sup> avril 2010 au 1<sup>er</sup> avril 2015. Les CS ont changé au fil du temps, ce qui peut entraîner une variation des tendances en matière d'attrition établies selon les AS de l'effectif des FAC. Une telle évolution se produit souvent sur un certain nombre d'années et parfois de décennies. Par exemple, l'engagement de durée intermédiaire 20 (ED Int 20) porte à 20 AS la période de service du militaire, après quoi il peut quitter les FAC et obtenir une pension immédiate. Par conséquent, l'attrition est à son apogée à 20 AS, comme le montre la figure 3. Cependant, les CS



ont été revues en 2005 et l'ED Int 20 a été remplacé par l'engagement de durée intermédiaire 25 (ED Int 25). Même si les modifications aux CS ont été apportées il y a plus de dix ans, les militaires en service dans le cadre de l'ED Int 20 à l'époque se sont vu offrir le choix de demeurer aux mêmes CS ou de les convertir en un ED Int 25, et la plupart ont choisi de demeurer soumis à l'ED Int 20. De plus, comme la plupart des militaires servant sous le régime ED Int 25 n'ont pas encore atteint 20 AS, l'incidence de ces changements n'a pas encore été observée, et le pic d'attrition à 20 AS demeure bien visible plus de dix années plus tard. Toutefois, celui-ci devrait disparaître dans les dix à quinze prochaines années et laisser la place à un nouveau pic à 25 AS.

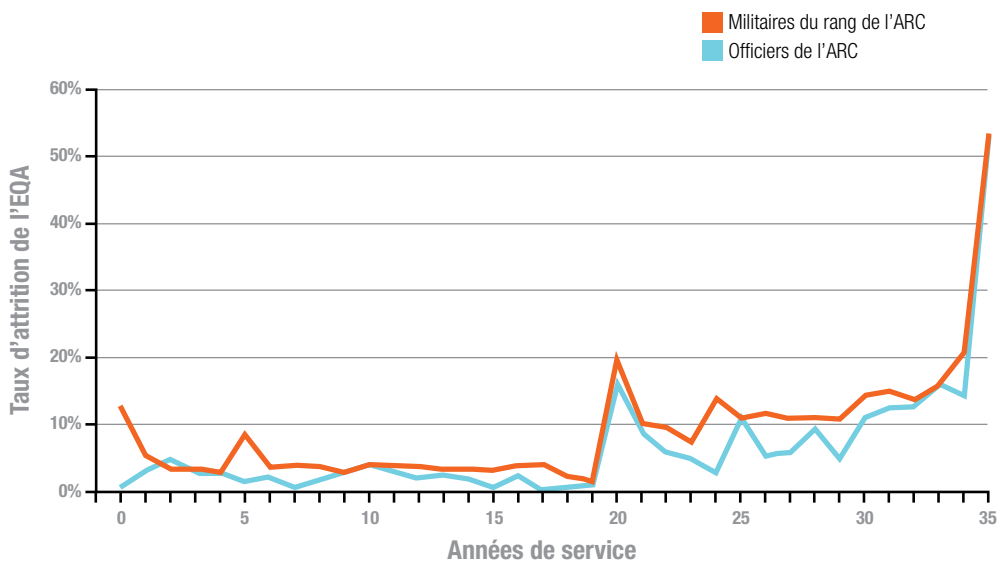


Figure 3. Taux d'attrition moyens de l'EQA pondérés sur cinq ans

## Prévision de l'attrition

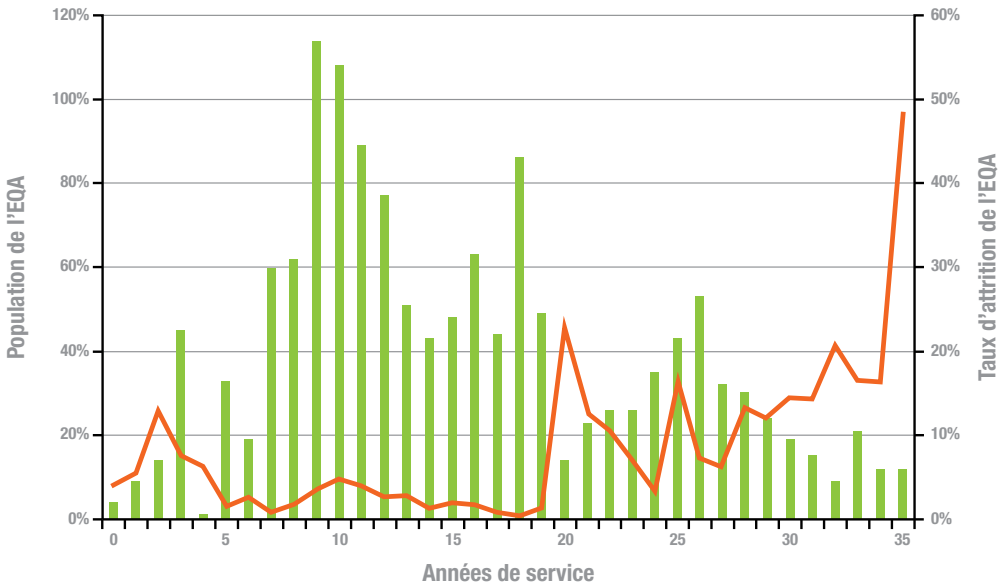
La méthode de prévision de l'attrition appliquée dans le contexte de l'EAGPM repose sur l'utilisation d'un modèle de taux d'attrition établi selon les AS et requiert les données d'entrée sur les trois principaux éléments suivants :

- l'effectif existant du groupe professionnel ventilé selon le nombre d'AS (soit « le profil des AS de l'effectif »);
- les taux d'attrition historiques selon les AS;
- la production annuelle future attendue.



Le profil des AS du groupe professionnel est structuré une année à la fois. Pour chaque nombre d'AS, le taux d'attrition selon les AS correspondant est appliqué à l'effectif et la production estimée est ajoutée. Le processus est répété pour chaque année de la période de prévision; les détails mathématiques figurent à l'appendice B.

La figure 4 montre le profil d'AS et les taux d'attrition établis selon les AS d'un échantillon. La figure permet de voir que même si les taux d'attrition selon les AS demeuraient constants, le volume et le taux d'attrition globaux futurs pourraient varier d'une année à l'autre sous l'effet des changements d'ordre démographique au sein de l'effectif. Prenons l'exemple des membres de l'EQA comptant entre 18 et 20 AS représentés à la figure 4. L'EQA compte beaucoup plus de membres ayant 18 AS que 19 AS, et beaucoup plus de membres ayant 19 AS que 20 AS. Par conséquent, si on suppose que les tendances en matière d'attrition demeurent constantes, le volume d'attrition devrait augmenter dans les deux prochaines années, car l'effectif qui passe le cap des 20 AS, associé à une forte attrition, sera plus nombreux que dans les années précédentes. Ainsi, la méthode de prévision de l'attrition tient compte à la fois des tendances historiques en matière d'attrition d'un groupe professionnel, établies selon les AS, et du profil des AS de son effectif.



**Figure 4. Profil des AS et taux d'attrition de l'échantillon**

Les taux d'attrition historiques établis selon les AS varient selon le nombre d'années de référence utilisées pour calculer le taux d'attrition. Ce choix influe sur les prévisions de l'attrition obtenues, comme l'indique la figure 5, qui présente les mêmes taux d'attrition historiques que la figure 2, mais montre trois prévisions différentes obtenues au moyen de modèles d'attrition fondés sur trois périodes historiques distinctes. Le choix de la période historique utilisée pour dégager les tendances en matière d'attrition d'un groupe professionnel repose sur plusieurs facteurs, dont la taille de l'effectif,



la variabilité des taux d'attrition antérieurs, et l'évolution des tendances antérieures en matière d'attrition. Les travaux de recherche effectués par le DGRAPM<sup>8</sup> sur le choix de la période historique ont fait ressortir un processus de sélection en trois étapes. La première étape consiste à analyser les données historiques d'un point de vue statistique pour déceler les changements, les évolutions ou les tendances se rapportant aux taux d'attrition, tout en tenant compte de la taille de l'échantillon disponible. La deuxième étape est plus subjective et consiste à évaluer s'il y aurait lieu de modifier la période historique définie à la première étape à la lumière d'autres renseignements disponibles, notamment sur les changements apportés aux politiques ou à la structure du groupe professionnel qui pourraient influencer sur l'attrition. Des discussions avec des experts en la matière, comme les gestionnaires de groupes professionnels, peuvent fournir un cadre inestimable aux données historiques en mettant en lumière les changements survenus dans le passé visant les politiques, la structure du groupe professionnel, le moral ou l'économie, qui pourraient avoir joué sur les tendances en matière d'attrition. Les experts en la matière peuvent aussi donner des explications sur des changements qui seront apportés au groupe professionnel ou aux politiques. La troisième étape consiste à mener des analyses de sensibilité pour évaluer l'incidence qu'auront les diverses périodes historiques sur les volumes d'attrition prévus. Les analyses de sensibilité permettent d'établir les meilleurs et les pires scénarios d'attrition fondés sur les tendances historiques en matière d'attrition.



Figure 5. Prévisions de l'attrition pour l'échantillon établies selon diverses périodes historiques



D'après d'autres travaux de recherche du DGRAPM<sup>9</sup>, il faut aussi prendre en considération le nombre d'années comprises dans la période de prévision et la taille de l'effectif au moment de choisir la période de données historiques. En règle générale, les prévisions à court terme (moins de cinq ans) devraient s'appuyer sur des périodes historiques courtes, et les prévisions à long terme, sur des périodes plus longues. Les tendances en matière d'attrition qui seront observées d'ici un à trois ans devraient présenter une similitude plus forte avec les récentes tendances que celles qui émergeront dans cinq à dix ans, car les politiques et les conditions économiques évoluent au fil du temps. Cela dit, pour les petits groupes professionnels, il faudrait allonger la période historique prise en compte de façon à augmenter la quantité de données disponibles pour établir le modèle d'attrition.

Parfois, dans le cas de nouveaux groupes professionnels créés ou de groupes existants faisant l'objet de changements, il est encore trop tôt pour déceler des tendances historiques en matière d'attrition. Prenons l'exemple d'un groupe professionnel qui recrute uniquement du personnel expérimenté au sein des FAC (comptant plus de cinq AS) : dans l'éventualité où son plan de recrutement serait modifié de façon à admettre les recrues issues de l'enrôlement direct, le groupe comprendrait maintenant des membres ayant de zéro à cinq AS dont les tendances en matière d'attrition seraient encore inconnues. Dans un tel cas, il pourrait être nécessaire de regrouper le groupe sélectionné aux fins de l'analyse de l'attrition avec un ou plusieurs groupes professionnels aux caractéristiques similaires pour prévoir la demande en personnel future.

### Prévision des difficultés et des limites

Dans le contexte de l'EAGPM, toutes les formes d'attrition, qu'il s'agisse des départs volontaires, des départs pour raisons médicales ou autres, ou des mutations à un autre groupe professionnel doivent être prévues, car chaque départ laisse un poste vacant au sein de l'EQA du groupe professionnel. À l'échelle des FAC, de 2011 à 2015, les départs volontaires représentaient la forme d'attrition la plus courante au sein du personnel formé de la Force régulière, suivis des départs pour raisons médicales et des départs à l'achèvement de la période de service. Cependant, la répartition et les proportions des motifs de libération varient selon les groupes professionnels. Par exemple, dans certains groupes professionnels gérés par l'ARC, l'achèvement de la période de service était le motif d'attrition le plus fréquent.

Les facteurs internes, comme les changements apportés aux politiques touchant la solde et les avantages sociaux, et les facteurs externes, comme les conditions économiques, peuvent influencer sur une ou plusieurs formes d'attrition, et de manière parfois opposée. Par exemple, une hausse de l'âge de la retraite obligatoire pourrait avoir un effet sur l'achèvement de la période de service et l'attrition volontaire, et possiblement sur les départs pour raisons médicales, parce qu'elle pourrait contribuer au vieillissement de l'effectif. Outre les formes d'attrition touchées, ces facteurs internes et externes peuvent aussi modifier les tendances globales en matière d'attrition du groupe professionnel, et ce, d'une manière souvent difficile à prévoir de façon quantifiable. Comme la méthode de prévision de l'attrition s'appuie sur les tendances passées en matière d'attrition, si l'attrition future se met à différer significativement de ce qui a été observé auparavant, l'exactitude des prévisions sera compromise. L'exactitude des prévisions sera aussi touchée par les écarts par rapport à la production attendue dans les années à venir, qui dépendent souvent de l'atteinte ou non des objectifs de recrutement par le groupe professionnel.



Une difficulté inhérente à l'établissement de prévision à l'échelle des groupes professionnels des FAC est la taille des effectifs étudiés : de 2011 à 2015, dans 80 % des groupes professionnels de l'ARC, le nombre annuel moyen de libérations au sein de l'EQA était inférieur à 50, et dans 95 % des groupes professionnels, il était inférieur à 100. En raison des faibles nombres de libérations, il est difficile de déceler et de quantifier les tendances entre l'attrition dans les groupes professionnels et les facteurs économiques externes, comme les taux de chômage, et les liens entre les changements économiques et l'évolution des tendances en matière d'attrition. Vu la nature unique du travail effectué dans certains groupes professionnels militaires, il est probable que les effets produits par les facteurs économiques varient selon le groupe professionnel, et soient éventuellement minimales ou même négligeables dans certains cas.

## Exploitation des modèles et évaluation des résultats

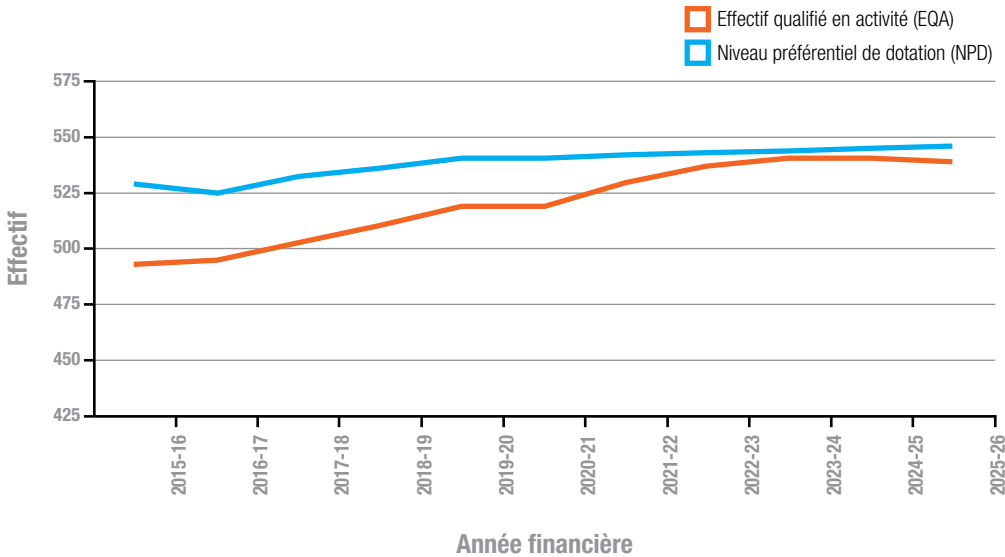
Les modèles de planification prennent la forme de tableurs conçus pour permettre l'analyse interactive et instantanée de scénarios hypothétiques au cours de la réunion sur l'EAGPM en présence de tous les intervenants. Chaque année, en prévision de la réunion, le DGRAPM entre dans le modèle de planification les données historiques et les données sur l'EQA actuel requises pour chaque groupe professionnel et effectue les prévisions de l'attrition. Les intrants du modèle, comme la répartition du recrutement selon le programme d'enrôlement et les taux de réussites à l'instruction, sont validés par les gestionnaires de groupes professionnels militaires et mis à jour au besoin.

Les modèles de planification produisent les trois principaux extraits suivants :

- les prévisions de l'attrition pour les cinq à dix prochaines années;
- l'écart projeté entre l'EQA et le NPD au cours des cinq à dix prochaines années;
- le nombre annuel de recrues nécessaires, pour chaque programme d'enrôlement, afin de répondre aux exigences en matière de production de personnel dans les cinq à dix prochaines années.

Le troisième extrait est l'un des principaux résultats attendus de l'EAGPM et il sert de point de départ à l'élaboration du Plan de recrutement stratégique des FAC.

Généralement, les modèles de planification sont réglés pour fournir des perspectives pour les cinq à dix prochaines années sur l'état du groupe professionnel. Lorsqu'un groupe professionnel se trouve sous le NPD, le gestionnaire de groupe professionnel militaire fixe les niveaux de production annuels dans le modèle de planification de façon à ce que l'EQA du groupe professionnel remonte au NPD, ce qui se produit souvent de manière progressive sur un certain nombre d'années, comme le montre la figure 6. Une fois les niveaux de production annuels établis, le modèle calcule le nombre annuel de recrues nécessaires en tenant compte des facteurs traités à la troisième section, comme la répartition du recrutement selon le programme d'enrôlement, le temps requis pour la formation et le taux de réussite à l'instruction. Au moment d'examiner le plan de recrutement proposé par le modèle, il est important d'évaluer si les objectifs de recrutement sont atteignables, en cherchant à voir si le groupe professionnel a réussi à atteindre les objectifs de recrutement dans le passé. Par exemple, si le nombre de recrues proposé pour un groupe professionnel est de 50, mais que le groupe n'a atteint qu'à moitié l'objectif de 40 recrues établi l'année précédente, un objectif de 50 pourrait être inatteignable.



**Figure 6. Exemple de graphique tiré de l'interface utilisateur du modèle de planification montrant l'écart entre l'EQA et le NPD projetés**

Le processus d'établissement des objectifs de production est souvent itératif. Si le nombre de recrues proposé ne semble pas atteignable, l'utilisateur du modèle, habituellement le gestionnaire de groupe professionnel militaire, peut modifier les objectifs annuels de production pour revoir le nombre de recrues à la baisse. Les intervenants à l'EAGPM peuvent constater aussitôt quels seront les effets de la diminution des objectifs de recrutement sur l'état à long terme du groupe professionnel. L'information ainsi obtenue pourra servir à alimenter ou à lancer des discussions sur les stratégies qu'il conviendrait d'adopter pour stimuler le recrutement annuel, comme des campagnes de publicité ou le recours à des recruteurs spécialisés.

Si les intervenants à la réunion sur l'EAGPM ont des raisons de s'attendre à ce que l'attrition future soit plus élevée ou plus faible que les prévisions du modèle, le modèle de planification permet à l'utilisateur de revoir à la hausse ou à la baisse les prévisions sur l'attrition, au moyen d'un pourcentage fixe, et de constater l'effet que pourraient avoir les objectifs de production revus sur l'état à long terme du groupe professionnel. Si l'on s'attend à ce que l'attrition soit plus élevée que dans les dernières années, l'EAGPM peut être l'occasion pour tous les intervenants réunis de discuter des nouvelles initiatives de maintien en poste ou de celles qui sont en cours, entre autres les primes de maintien en poste, les occasions de formation avancée et les modifications de la séquence des CS. En outre, les intervenants pourraient envisager d'augmenter leurs objectifs de production pour compenser une hausse attendue de l'attrition.

Il est important que les responsables de l'instruction examinent les recommandations en matière de recrutement en vue de s'assurer que les établissements d'instruction ont la capacité nécessaire pour





répondre aux besoins en matière d'instruction. Une augmentation du recrutement n'est possible que si les établissements peuvent accueillir le nombre de recrues supplémentaires, et il pourrait être nécessaire d'obtenir des approbations et du financement pour embaucher des instructeurs additionnels et élargir l'infrastructure d'instruction, ou pour recourir à des ressources de l'extérieur des FAC pour combler certains besoins de formation, par exemple des fournisseurs de cours. Une augmentation du recrutement peut être la voie préconisée par le modèle et recommandée par les intervenants, cependant il sera fait en sorte dans l'élaboration du Plan de recrutement stratégique d'arrimer les recommandations de chaque EAGPM aux intérêts stratégiques des FAC, tout en tenant compte des contraintes financières. Plus précisément, l'objectif de recrutement global pour les FAC doit respecter la capacité annuelle de celles-ci à traiter le dossier et procéder à l'enrôlement des postulants. Par conséquent, dans certains groupes professionnels, il pourrait y avoir lieu de revoir à la baisse le nombre de recrues recommandé de façon à ce que l'objectif de recrutement global ne dépasse pas la capacité.

## Analyse

L'état d'un groupe professionnel est adéquat si le groupe dispose de suffisamment de personnel qualifié pour répondre à ses exigences opérationnelles. Pour évaluer l'état d'un groupe professionnel, il faut comparer son EQA à son NPD. Cependant, si le NPD est demeuré inchangé pendant des années alors que les exigences opérationnelles du groupe se sont accrues, le NPD pourrait n'être plus à jour, auquel cas il devrait être revu. En effet, l'état du groupe serait inadéquat quand bien même l'EQA correspondrait au NPD.

Pour revoir le NPD d'un groupe professionnel et ses besoins en personnel, les points à considérer sont les exigences opérationnelles et la charge de travail du groupe professionnel. Si le nombre de postes est jugé insuffisant, plutôt que de rehausser le NPD, il pourrait être possible d'alléger les pressions exercées sur le groupe professionnel en optimisant l'efficacité des tâches administratives ou en confiant certaines tâches administratives ou de formation à des employés civils ou des réservistes. Il serait aussi possible de réaménager l'effectif d'un groupe professionnel, d'un point de vue géographique, par exemple en affectant le personnel à des bases militaires où la cadence opérationnelle est plus élevée, ou en convertissant des postes à fonctions institutionnelles en postes à fonctions opérationnelles. Si l'augmentation de l'effectif est la seule solution, il pourrait être difficile de rehausser le NPD du groupe professionnel sans compromettre l'état d'un autre, car le nombre total de postes rémunérés dans l'ensemble des groupes professionnels des FAC est assujéti à des contraintes financières.

Un autre aspect relatif à l'état des groupes professionnels est la question de savoir s'il y a suffisamment de personnel qualifié aux grades inférieurs pour pourvoir les postes qui se libèrent aux grades supérieurs en raison de l'attrition. Dans une situation où l'attrition serait exceptionnellement élevée à un échelon, il pourrait n'y avoir pas suffisamment de personnel qualifié à promouvoir aux postes vacants à l'échelon supérieur. Des lacunes en expérience peuvent aussi être observées à la suite de périodes de faible recrutement ou de programmes de réduction des effectifs, qui rétrécissent le bassin de personnel qualifié admissible à une promotion à l'échelon supérieur. Bien qu'il ne soit pas pris en compte dans les modèles de planification, cet aspect de l'état des groupes professionnels pourrait être traité dans le cadre de l'EAGPM.



## Conclusion

L'EAGPM est un outil de gestion du personnel militaire conçu pour veiller au bon état des groupes professionnels militaires des FAC. L'un des principaux résultats attendus des réunions sur l'EAGPM est le niveau de recrutement recommandé selon le programme d'enrôlement pour chaque groupe professionnel, qui sert de point de départ à l'élaboration du Plan de recrutement stratégique des FAC. Les prévisions de l'attrition jouent un rôle essentiel dans l'établissement des objectifs annuels de recrutement et de production de personnel qui permettront de rétablir ou de maintenir l'état d'un groupe professionnel. Il est nécessaire de planifier les exigences en matière de production pour doter en personnel les postes qui se libéreront en raison de l'attrition, et pour voir à l'augmentation ou à la réduction délibérée du NPD d'un groupe professionnel.

Le présent chapitre décrit le processus utilisé par le DGRAPM, à l'appui de l'EAGPM, pour mesurer les tendances historiques en matière d'attrition, prévoir les volumes d'attrition futurs et planifier les exigences de production et de recrutement pour les groupes professionnels gérés par l'ARC. Ce processus ne garantit pas nécessairement le bon état de tous les groupes professionnels de l'ARC, car une multitude de facteurs complexes peuvent conduire à des déséquilibres au sein des groupes. Toutefois, grâce à lui, la prise de décisions liées à la planification de personnel repose sur de l'information objective sur l'état du groupe professionnel et sur une connaissance de l'issue probable des plans d'action possibles. De façon générale, il favorise la prise de décisions de planification judicieuses en matière de personnel, qui auront pour effet de maintenir les groupes professionnels des FAC dans le meilleur état possible dans un contexte où s'enchaînent les défis et les changements d'ordre économique, budgétaire et stratégique.



## Appendice A : Rapports sur les taux d'attrition historiques

### Taux d'attrition global

Avant d'effectuer l'examen de la méthode, mentionnons que le DGRAPM et ses prédécesseurs, suivant la notation utilisée dans l'étude d'Okazawa<sup>10</sup>, calculaient le taux d'attrition annuel d'une année donnée  $n$ , représenté par  $\alpha(n)$ , comme suit :

$$\alpha(n) = \frac{a[n]}{p[n] + a[n]}$$

où  $a[n]$  représente l'attrition totale entre les années  $n - 1$  et  $n$ , et  $p[n]$  représente la population à la fin de l'année  $n$ . Dans le cas présent,  $p[n]$  comprend toutes les recrues comme si elles s'étaient enrôlées au début de l'année  $n$ . Toutefois, comme les recrues s'enrôlent au fur et à mesure de l'année, la population au dénominateur est surestimée et le taux d'attrition obtenu est sous-estimé.

La nouvelle méthode tient pour acquis que les recrues s'enrôlent tout au long de l'année et ne sont ainsi présentes que pendant la moitié de l'année en moyenne. Conformément à cette hypothèse (se reporter à l'étude d'Okazawa<sup>11</sup> pour obtenir tous les détails), la formule suivante doit être utilisée pour calculer le taux d'attrition annuel pour une année donnée  $n$  :

$$\alpha(n) = \frac{a[n]}{p[n - 1] + \frac{1}{2} r[n]}$$

où  $r[n]$  représente le recrutement total entre les années  $n - 1$  et  $n$ .

Souvent, les taux d'attrition sont calculés sur une période de plusieurs années et non d'une seule année, particulièrement lorsque les populations sont petites et que l'attrition fluctue grandement d'une année à l'autre. Pour calculer le taux d'attrition au cours d'une période de  $N$  années, la formule suivante est adaptée à un taux d'attrition moyen pondéré (*weighted average attrition rate* [WAAR]), représenté par  $WAAR(\alpha)$  :

$$WAAR(\alpha) = \frac{\sum_{n=1}^N a[n]}{\sum_{n=1}^N (p[n - 1] + \frac{1}{2} r[n])}$$

### Taux d'attrition selon les AS

L'étude d'Okazawa<sup>12</sup> a aussi établi de nouvelles formules pour obtenir les taux d'attrition selon les AS. Lorsqu'un groupe professionnel est ventilé selon les AS, les recrues admises dans le groupe comptent généralement moins d'une AS, ce qui correspond au point zéro. Toutefois, les militaires mutés depuis d'autres groupes professionnels qui se joignent au groupe professionnel peuvent avoir un nombre d'AS supérieur à zéro. Conformément à la notation exposée dans l'étude d'Okazawa<sup>13</sup>,  $p_m[n]$  représente la



population comptant  $m$  AS au moment de l'instantané  $n$ ,  $T_m[n]$  représente le nombre de militaires mutés entre les années  $n - 1$  et  $n$  qui auraient eu  $m$  AS au moment de l'instantané  $n$ , et  $a'_m[n]$  représente l'attrition totale entre les années  $n - 1$  et  $n$  selon le nombre  $m$  d'AS à la date de la libération ou de la mutation hors du groupe professionnel. Le taux d'attrition moyen pondéré selon les AS est

$$WAAR(\alpha_0) = \frac{\sum_{n=1}^N a'_0[n]}{\sum_{n=1}^N (\frac{1}{2} p_0[n-1] + \frac{1}{2} r[n] + \frac{1}{6} T_1[n])}$$

pour  $m = 0$ , où  $r[n] = T_0[n]$  représente les recrues, et

$$WAAR(\alpha_m) = \frac{\sum_{n=1}^N a'_m[n]}{\sum_{n=1}^N (\frac{1}{2} p_{m-1}[n-1] + \frac{1}{2} p_m[n-1] + \frac{1}{3} T_m[n] + \frac{1}{6} T_{m+1}[n])}$$

pour  $m > 0$ .

## Appendice B : Formules de prévision de l'attrition de l'EQA

La méthode de prévision du DGRAPM répartit la population de l'EQA en segments échelonnés selon le nombre d'AS et établit des projections dans le temps pour chacun de ces segments. Étant donné que de nouveaux membres de l'effectif sont recrutés tout au long de l'année, chacun d'eux compte  $m$  AS la première moitié de l'année et  $m + 1$  AS le reste de l'année. Comme la base de données sur le personnel du DGRAPM est constituée d'instantanés de fin d'exercice, le nombre d'AS sera établi à la date de l'instantané  $n$ .

Conformément à la notation utilisée dans l'étude d'Okazawa<sup>14</sup>,  $a_m[n]$  représente l'attrition totale de l'EQA entre les années  $n - 1$  et  $n$  attribuable aux membres qui auraient eu  $m$  AS au moment de l'instantané  $n$ ,  $p_m[n]$  représente la population de l'EQA ayant  $m$  AS au moment de l'instantané  $n$ , et  $T_m[n]$  représente la production attendue entre les années  $n - 1$  et  $n$  selon le nombre  $m$  d'AS au moment de l'instantané  $n$ . La population future de l'EQA pour l'année  $n$  selon un nombre  $m$  d'AS peut ensuite être calculée comme suit :

$$p_m[n] = (1 - WAAR(\alpha_{m-1,m}))p_{m-1}[n-1] + (1 - \frac{1}{2} WAAR(\alpha_{m-1,m}))T_m[n]$$

où, pour  $m > 0$ ,

$$WAAR(\alpha_{m-1,m}) = \frac{\sum_{n=1}^N a_m[n]}{\sum_{n=1}^N (p_{m-1}[n-1] + \frac{1}{2} T_m[n])}$$

et, pour  $m = 0$ ,

$$WAAR(\alpha_0) = \frac{\sum_{n=1}^N a_0[n]}{\sum_{n=1}^N (\frac{1}{2} T_0[n])}$$



Les volumes annuels futurs de libérations au sein de l'EQA peuvent ensuite être prévus. La démarche consiste à appliquer le taux d'attrition moyen pondéré, ou WAAR( $\alpha_m$ ), défini à l'appendice A, à la population de l'EQA prévue, comme suit :

$$a_m[n] = \text{WAAR}(\alpha_m) \times (\frac{1}{2} p_{m-1}[n-1] + \frac{1}{2} p_m[n-1] + \frac{1}{3} T_m[n] + \frac{1}{6} T_{m+1}[n])$$

pour  $m > 0$ , et

$$a_0[n] = \text{WAAR}(\alpha_0) \times (\frac{1}{2} p_m[n-1] + \frac{1}{2} T_0[n] + \frac{1}{6} T_1[n])$$

pour  $m = 0$ .

L'attrition totale de l'EQA pour l'année  $n$  peut ensuite être calculée. Pour ce faire, il faut additionner le volume de libérations prévu pour chaque nombre  $m$  d'AS [YOS] :

$$a[n] = \sum_{m=0}^{\max YOS} a_m[n]$$

---

Lynne Serré est scientifique de la défense du Directeur – Recherche sur l'analyse de l'effectif, sous l'égide du Directeur général – Recherche et analyse (Personnel militaire) au ministère de la Défense nationale. Ses recherches sur la modélisation des effectifs, la simulation et l'analyse sont axées sur la population de la Force régulière des Forces armées canadiennes. Mme Serré est titulaire d'une maîtrise en mathématiques appliquées à l'informatique de l'Université de Waterloo, au Canada.



## Abréviations

<b>ARC</b>	Aviation royale canadienne
<b>AS</b>	années de service
<b>CS</b>	conditions de service
<b>DGRAPM</b>	Directeur général - Recherche et analyse (Personnel militaire)
<b>EAGPM</b>	Examen annuel des groupes professionnels militaires
<b>EQA</b>	effectif qualifié en activité
<b>FAC</b>	Forces armées canadiennes
<b>MDN</b>	ministère de la Défense nationale
<b>NOC</b>	niveau opérationnel de compétence
<b>NPD</b>	niveau préféré de dotation
<b>PRS</b>	plan de recrutement stratégique
<b>RDDC</b>	Recherche et développement pour la défense Canada



## Notes

1. Canada, ministère de la Défense nationale (MDN), Stratégie de défense *Le Canada d'abord*, Ottawa, MDN, 2008.
2. Canada, MDN, *Instruction du personnel militaire des FAC 01/08 – Examen annuel des groupes professionnels militaires (EAGPM)*, modifiée le 25 septembre 2013, Ottawa, MDN, 2008.
3. Canada, MDN, *Structure des emplois militaires des Forces armées canadiennes*, volume 1 de 4. A-PD-055-001/AG-001, Ottawa, MDN, 2015.
4. Selon le seuil normalisé utilisé à l'échelle du MDN, un groupe professionnel est dans un état adéquat si son niveau d'EQA est inférieur au NPD d'au plus 5 %. L'état d'un groupe professionnel est critique si son niveau d'EQA est inférieur au NPD d'au moins 10 %.
5. Canada, MDN, *Instruction du personnel militaire des FAC 01/08*.
6. Canada, MDN, *Instruction du personnel militaire des FAC 01/08*.
7. Canada, MDN, *Instruction du SMA(RH-Mil) 05/05 – Nouvelles conditions de service de la Force régulière des Forces canadiennes*, modifiée le 17 janvier 2008, Ottawa, MDN, 2005.
8. M. Fang, *Systematic Review on Attrition*, présenté au TTCP Workforce Modelling and Analysis Working Group, Ottawa, 6 mai 2008, Ottawa, Recherche et développement pour la défense Canada, 2008.
9. S. Okazawa, *Determining the Optimal Volume of Historical Data to Use in Attrition Models*, document technique 2008-02 RDDC CARO, Ottawa, Recherche et développement pour la défense Canada, 2008.
10. S. Okazawa, *Measuring Attrition Rates and Forecasting Attrition Volume*, document technique 2007-02 RDDC CARO, Ottawa, Recherche et développement pour la défense Canada, 2007.
11. Okazawa, *Measuring Attrition Rates and Forecasting Attrition Volume*.
12. Okazawa, *Measuring Attrition Rates and Forecasting Attrition Volume*.
13. Okazawa, *Measuring Attrition Rates and Forecasting Attrition Volume*.
14. Okazawa, *Measuring Attrition Rates and Forecasting Attrition Volume*.



## Lecture complémentaire

CANADA. MINISTÈRE DE LA DÉFENSE NATIONALE. *Rapport sur les plans et priorités 2016*.  
Ministère de la Défense nationale et les Forces armées canadiennes. Consulté le 21 novembre  
2018, [http://www.forces.gc.ca/fr/a-propos-rapports-pubs-rapport-plans-priorities/2016-in-  
dex.page](http://www.forces.gc.ca/fr/a-propos-rapports-pubs-rapport-plans-priorities/2016-in-<br/>dex.page).





## **Entraînement du personnel navigant au vol simulé : évaluation des avantages**

Stuart Grant

---



# CH10 Table des matières

Introduction.....	287
Investir dans l'entraînement du personnel navigant .....	287
Évaluation du coût des intrants .....	288
Évaluation des avantages.....	289
Évaluer l'efficacité de l'instruction .....	289
Hypothèse de l'instruction en milieu réel comme étalon de référence .....	291
Avantages financiers .....	292
Avantages non financiers .....	293
Efficacité opérationnelle .....	293
Disponibilité .....	294
Santé et sécurité .....	294
Environnement .....	295
Sécurité .....	295
Retombées industrielles et techniques.....	296
Analyse des options et prise de décision sur les investissements .....	296
Méthodes utilisées pour prendre les décisions financières.....	297
Calcul du prix fictif.....	297
Processus décisionnel fondé sur de multiples critères .....	299
Facteurs propres à l'entraînement et pertinents pour l'évaluation des avantages .....	302
Exemples.....	303
Système avancé d'entraînement à distance pour le combat .....	303
Priorisation des dispositifs d'instruction pour le CC130.....	303
Simulateurs de tir aux armes légères .....	305
Conclusion.....	306
Abréviations .....	308
Notes .....	309



## Introduction

Les ressources humaines de l'Aviation royale canadienne (ARC) en constituent un élément fondamental; l'ARC a donc un besoin essentiel d'un personnel bien instruit et très compétent pour atteindre ses objectifs<sup>1</sup>. Par conséquent, l'ARC affecte beaucoup de temps et de fonds à l'instruction du personnel navigant et au maintien de ses compétences. Comme d'autres éléments clés contribuant à la puissance aérienne nécessitent du temps et des fonds, une gestion judicieuse s'impose pour établir combien de ressources il convient d'attribuer à l'instruction et comment ces ressources doivent être employées. Par conséquent, même au tout début de l'ère du vol motorisé, on s'est servi de la simulation comme d'un outil pour entraîner le personnel navigant<sup>2</sup>. Si l'on examine les ouvrages scientifiques sur l'entraînement du personnel navigant sur simulateur de vol et d'autres appareils d'instruction, on constate qu'à partir des années 1960 et 1970<sup>3</sup>, les preuves attestant que l'instruction sur simulateurs est efficace sont de plus en plus nombreuses. Les forces armées, les compagnies aériennes et les écoles d'entraînement au vol continuent d'acheter et d'utiliser des simulateurs de vol, ce qui confirme la valeur de la simulation des vols aux fins de l'entraînement du personnel navigant.

Les simulateurs de vol<sup>4</sup> peuvent être des dispositifs d'instruction efficaces, mais leur acquisition et l'instruction axée sur eux nécessitent du temps, des fonds et du personnel. Afin de décider quand, où, pourquoi et comment il y a lieu de recourir à la simulation de vol aux fins de l'entraînement, il faut en comprendre les avantages par rapport au coût. Le présent chapitre passe en revue les décisions concernant l'investissement dans l'entraînement du personnel navigant, un accent étant mis sur les méthodes d'instruction qui reposent sur la simulation des vols. Puisque l'évaluation des intrants dans cette simulation date d'assez longtemps, les estimations sont précises; or, ce n'est pas le cas de l'évaluation des avantages de l'instruction. Par conséquent, nous examinerons en profondeur ce dernier aspect. Plus loin, nous nous pencherons sur les méthodes employées pour comprendre et mesurer les coûts et les avantages. Nous donnerons ensuite trois exemples de ces méthodes, tel que l'ARC les applique à l'entraînement sur simulateur de vol, pour illustrer les méthodes et étudier leurs points forts et leurs faiblesses. Le chapitre se termine par une discussion sur certaines des difficultés que comporte l'utilisation de ces méthodes dans le cadre de l'instruction et sur la façon dont les recherches à venir pourraient atténuer ces difficultés.

## Investir dans l'entraînement du personnel navigant

Les décisions concernant les investissements dans l'instruction du personnel navigant peuvent entraîner l'engagement de ressources considérables. Par exemple, l'acquisition, par le fournisseur de systèmes d'entraînement opérationnel, d'équipement de simulation pour le personnel navigant des CC130J et des CH147 de l'ARC a coûté 348 M\$ et 235 M\$, respectivement<sup>5</sup>. Le libellé de la *Loi sur la gestion des finances publiques*<sup>6</sup> et la déclaration<sup>7</sup> de Cicéron (43 BC) selon laquelle une abondance d'argent est le nerf de la guerre rendent impérieuse la nécessité que ces décisions soient justifiables.

Les volets du processus que les gouvernements emploient pour prendre des décisions sur les investissements ont été décrits de diverses façons, mais le gouvernement du Royaume-Uni nous donne la description simple et adaptable suivante de ce que le processus comporte<sup>8</sup> :



- définir les objectifs;
- définir diverses façons d'atteindre les objectifs;
- définir les critères à employer pour comparer les options;
- analyser les options;
- faire des choix;
- fournir une rétroaction.

En ce qui concerne l'investissement dans l'instruction du personnel navigant et dans la simulation de vol, il va de soi qu'un des objectifs consiste à obtenir un personnel navigant qualifié et que les options comprendront la simulation de vol comme étant au moins un aspect d'une approche mixte de l'apprentissage. D'autres objectifs, tels que l'effet sur l'industrie et l'économie nationales, importent particulièrement dans le cas des gros investissements du gouvernement. Dans le cadre de la Stratégie d'approvisionnement en matière de défense du Canada, la Politique sur les retombées industrielles et technologiques (PRIT)<sup>9</sup> comprend les objectifs suivants relativement à tous les achats de défense dont la valeur dépasse 100 M\$:

- Favoriser la croissance et la viabilité du secteur de la défense au Canada;
- Promouvoir la croissance des entrepreneurs principaux et des fournisseurs au Canada;
- Stimuler l'innovation grâce à la recherche et à l'évolution technologique au Canada;
- Accroître le potentiel d'exportation des entreprises canadiennes.

Des critères sont nécessaires pour comparer les options d'investissement, y compris les frais d'investissement et les retombées obtenues. Enfin, il faut un processus décisionnel pour qu'un choix soit fait à la lumière des comparaisons ainsi faites.

## Évaluation du coût des intrants

Les critères qui décrivent les ressources investies sont les coûts de l'investissement. L'analyse des coûts peut être exigeante, mais il existe des méthodes bien établies pour la faire. Une structure de coûts décrit les coûts prévus, et il y a de nombreux exemples qui aident à comprendre les circonstances particulières et les différents intervenants. Il y a notamment une structure détaillée des éléments de coût pour la modélisation et la simulation<sup>10</sup>, pour l'instruction militaire en général<sup>11</sup> et pour l'entraînement du personnel navigant en particulier<sup>12</sup>.

Afin d'obtenir des données sur les coûts cernés, il convient de consulter les manuels des coûts standard du ministère de la Défense nationale (MDN) qui sont des sources de données utiles et dignes de foi sur le coût du personnel<sup>13</sup>, de l'équipement et des installations<sup>14</sup>. Les manuels comprennent des exercices bien conçus pour estimer le coût de fonctionnement de navires, de véhicules et d'aéronefs d'importance, entre autres. Le Directeur – Gestion du programme de l'équipement aérospatial (Aviation tactique et simulation) possède une expérience particulière du calcul des coûts des projets



d'entraînement au simulateur de vol du personnel navigant de l'ARC. Dans le cas de l'instruction fournie par l'entrepreneur, les documents contractuels doivent fournir les données nécessaires sur les coûts pour analyser les programmes en cours, données qui peuvent aussi aider à réfléchir à l'instruction à confier à des entrepreneurs dans l'avenir. Enfin, le Ministère offre aussi une méthode normalisée pour gérer les risques liés à l'établissement des coûts dans le cadre des projets<sup>15</sup>. Pour illustrer diverses situations, les manuels contiennent des exemples détaillés relativement récents<sup>16</sup>. La gestion des intrants autres que l'argent, le personnel, les installations et l'équipement risque de comporter des difficultés s'il ne s'agit pas de biens vendus sur le marché. En pareil cas, on peut se servir du calcul du prix fictif, comme nous en parlerons plus loin dans les paragraphes sur l'évaluation des avantages.

## Évaluation des avantages

Les résultats souhaités de l'investissement, comme nous l'avons décrit dans la définition des critères, sont les avantages ou les retombées. De nombreux avantages peuvent être attribués à l'utilisation d'un simulateur de vol par le personnel navigant, et ils s'ajoutent à ceux liés à l'entraînement général. Les méthodes que le MDN emploie pour comprendre et évaluer ces avantages sont beaucoup moins au point que celles utilisées pour l'établissement des coûts. Dès 1994, le premier Chef – Services d'examen a reconnu l'efficacité de la simulation des vols, mais il a eu du mal à quantifier les avantages<sup>17</sup>, notamment vu la capacité insuffisante des systèmes de comptabilité du Ministère à saisir les coûts, le manque de données sur l'efficacité de l'entraînement et le manque de méthode pour analyser le problème. Le MDN n'est pas le seul à faire face à cette difficulté. Le United States Department of Defence (DoD) - département de la Défense des États-Unis (É.-U.) a lui aussi du mal à calculer la valeur « d'une livre d'instruction »<sup>18</sup>. Les résultats prenant la forme de retombées financières pures et simples sont plus faciles à analyser que ceux n'ayant fondamentalement aucune dimension financière.

## Évaluer l'efficacité de l'instruction

Afin d'évaluer les avantages de l'instruction et de la simulation de vol, une étape de base consiste à cerner le type d'instruction offert par une option donnée. Bien que l'instruction produise en général de bons résultats et que la viabilité du recours aux technologies de simulation des vols pour procurer une instruction fructueuse soit bien établie, l'efficacité de solutions particulières peut varier, de sorte qu'il convient d'obtenir des preuves de leur efficacité aux fins envisagées.

Certaines sortes de données sur l'efficacité de l'instruction sont meilleures que d'autres, et le modèle à quatre niveaux proposé par Kirkpatrick pour évaluer l'instruction est utile à cet égard<sup>19</sup>. Le premier niveau d'évaluation – la réaction des apprenants – s'avère d'une valeur limitée. Demander aux instructeurs et aux stagiaires s'ils aiment le système ou s'ils veulent s'en servir revêt une faible valeur prédictive quant à savoir s'ils profiteront de son utilisation. Néanmoins, il est utile de noter s'ils manifestent ou non une aversion pour le système, car cela peut indiquer qu'il est effectivement inefficace, ou, à tout le moins, qu'il ne contribuera pas à l'instruction si les utilisateurs refusent de s'en servir. Le deuxième niveau consiste à établir si les stagiaires apprennent quelque chose dans le contexte de l'instruction. Cela doit être considéré comme étant une condition nécessaire, mais insuffisante, pour confirmer l'efficacité de l'instruction. Si les stagiaires ne peuvent démontrer qu'ils ont appris quelque chose à la faveur de l'instruction, il est très peu probable qu'ils manifestent les avantages de ce qu'ils auront



appris, une fois qu'ils seront de retour dans leur poste. Le troisième niveau de l'évaluation de l'efficacité consiste à établir si les compétences acquises pendant l'instruction seront appliquées au travail et s'il faut mener des opérations aux fins du système d'instruction. Des signes faisant voir que tel est le cas montrent que le système d'instruction sert les fins auxquelles il est destiné. Le quatrième niveau de l'efficacité de l'instruction consiste à établir si l'effet de l'instruction sur l'organisation peut valider l'objectif initial de l'entraînement du personnel navigant.

Lorsqu'il y a des signes de transfert d'instruction, il faut les examiner d'un œil critique, car les évaluations faites alors sont souvent susceptibles de comporter diverses erreurs<sup>20</sup>. Une erreur particulièrement commune, qui revêt une pertinence spéciale aux fins de la comparaison des options d'instruction avec le scénario de référence, consiste à mal interpréter un résultat scientifique en concluant qu'il ne révèle aucune différence statistique entre les extrants. Une constatation selon laquelle il n'existe aucune différence statistiquement significative entre les extrants de méthodes d'instruction concurrentielles signifie uniquement qu'il n'est pas possible de faire la différence entre eux avec les données fournies. Ce résultat peut transpirer parce que les méthodes en question sont aussi efficaces ou inefficaces les unes que les autres, mais il est plus probable que la quantité ou la qualité des données ne soit pas suffisante pour pouvoir détecter une différence. Une meilleure approche consiste à cerner l'effet de chaque méthode d'instruction possible, notamment en définissant un intervalle de confiance. Cela donnera une estimation de l'efficacité de la méthode d'instruction et de la fiabilité de l'estimation. L'existence de données insuffisantes ou de mauvaise qualité sera mise au jour si la valeur estimative de l'effet d'instruction varie considérablement.

Une façon d'obtenir de meilleures estimations de l'efficacité de l'instruction consiste à réunir plus de données. Cependant, la collecte d'une plus grande quantité de données suscite au moins deux problèmes. D'abord, on doit avoir l'occasion de réunir les données pertinentes, ce qui ne sera pas possible si le système en question n'existe pas encore, ou si l'activité d'instruction dont il s'agit est trop dangereuse pour que l'on puisse la mettre à l'essai. Le second problème se rapporte au coût. Accroître le nombre d'observations risque de rendre le prix de la tâche inabordable. Étant donné ces problèmes, il vaudra sans doute mieux admettre que le comportement en question ne peut pas être mesuré de façon fiable, et chercher une autre approche. Boldovici<sup>21</sup> fournit une explication détaillée des difficultés que comportent l'analyse statistique et la conception expérimentale quand on veut mesurer l'efficacité de l'instruction.

Dans le contexte des évaluations des systèmes d'instruction, on emploie parfois des ratios pour exprimer l'efficacité de l'instruction. Les ratios d'efficacité de l'instruction, les ratios d'efficacité de l'instruction progressive et le pourcentage de transfert sont des calculs par lesquels on tente d'établir un rapport entre l'avantage obtenu d'un système sur le plan de l'instruction (typiquement, un simulateur) et l'avantage obtenu et exigé d'un autre (par exemple un vol réel). Bien que ces ratios soient exacts en eux-mêmes, ils peuvent aboutir à au moins deux erreurs. Tout d'abord, quand on s'en sert de façon isolée, ils cachent des données critiques. Boldovici<sup>22</sup> fournit l'exemple suivant d'un ratio d'efficacité de l'instruction (REI),

$$REI = \frac{L_c - L_s}{S_s}$$



où  $L_c$  correspond au nombre de vols d'entraînement réels qu'un groupe de contrôle doit faire pour parvenir à la norme;  $L_s$  est le nombre de vols d'entraînement réels qu'un groupe s'étant entraîné sur simulateur doit faire pour parvenir à la norme, et  $S_s$  correspond au nombre de séances sur simulateur effectuées par ce dernier groupe. Prenons le cas où le groupe de contrôle a besoin de dix vols réels pour parvenir à la norme et le groupe entraîné sur simulateur, de cinq vols réels pour ce faire après avoir effectué cinq séances sur simulateur. Le REI est égal à 1,0 et il est interprété comme montrant que les séances sur simulateur sont aussi efficaces que les vols réels. Cependant, n'importe quel système qui emploie un total combiné de dix vols/séances pour parvenir à la norme aboutit au même ratio. Un système exigeant neuf vols simulés et un vol réel est identique à un autre qui demande un vol simulé et neuf vols réels.

Une deuxième préoccupation liée à l'emploi de ratios réside dans le fait qu'ils suppriment le contexte des données et invitent les utilisateurs à faire des extrapolations en dehors des conditions ayant donné lieu au ratio en question. Un simulateur qui produit des résultats d'instruction aussi bons que ceux d'un système réel avec un groupe de stagiaires, ou à un stade particulier de l'entraînement, risque de ne pas être aussi efficace avec d'autres groupes, ou à des stades différents de l'instruction. Boldovici<sup>23</sup> affirme que la communication des résultats bruts de l'instruction est le moyen le plus informatif de faire connaître l'efficacité de l'instruction. Si l'on doit utiliser des ratios, il faut les accompagner d'explications détaillées sur la façon de les interpréter et de ne pas les interpréter.

## Hypothèse de l'instruction en milieu réel comme étalon de référence

On suppose parfois sans réserve que l'instruction en milieu réel constitue « l'étalon de référence », même s'il valait sans doute mieux y voir tout simplement la méthode de base. Par conséquent, ceux qui préconisent la simulation de vol sont souvent mis au défi d'en démontrer l'efficacité, même quand ceux qui favorisent le recours aux vols réels ne le sont pas<sup>24</sup>, ce qui risque de compromettre la possibilité d'évaluer les options. Il faut aussi obtenir des données diagnostiques fiables sur la méthode d'instruction de base, de manière à permettre des comparaisons informatives. Cependant, cela peut nécessiter du travail supplémentaire de la part de l'analyste, parce que les programmes d'instruction actuels n'enregistrent souvent que les données sur les résultats (Par exemple, déterminer si le stagiaire a répondu ou non aux exigences de la norme?). Les dossiers des unités sur l'entraînement au tir avec armes légères dans l'Armée canadienne (AC) contiennent généralement des renseignements indiquant si le soldat a réussi à l'épreuve de tir avec son arme personnelle. D'autres renseignements peuvent être conservés sur la question de savoir si une seconde épreuve a été nécessaire, car cela importe pour suivre la consommation de munitions. De meilleures données, telles que des détails sur la difficulté inhérente à l'exécution de types particuliers de tirs (p. ex. tirs méthodiques ou tirs au jugé), pourraient être utiles pour cerner le type particulier d'instruction qui pourrait favoriser les meilleurs taux de qualification.

Un autre aspect présent quand on considère l'entraînement en milieu réel ou le scénario de base comme étant l'étalon de référence est que l'avantage obtenu sur le plan de l'instruction devient l'objectif du nouveau système. Avant d'accepter le niveau de compétence inhérent à cet entraînement comme étant l'objectif poursuivi, il convient de se demander s'il n'y aurait pas lieu de rechercher un différent niveau de compétence. La compétence obtenue grâce au système de base est peut-être justifiée du point de vue opérationnel, mais c'est peut-être aussi, tout simplement, ce que ce système peut produire de mieux.





Avec de pareilles approches, on risque de sous-estimer les possibilités que des technologies d'instruction plus nouvelles peuvent offrir. Cela se produit, par exemple, quand la réduction des coûts est le facteur prédominant de l'évaluation<sup>25</sup>. Par conséquent, l'option d'instruction est évaluée à l'extrémité de la gamme des compromis entre le coût et les capacités offerte par le système dont il s'agit.

## Avantages financiers

Un avantage – et c'est, semble-t-il, l'avantage dominant – de la simulation des vols réside dans l'évitement des coûts. La fongibilité de l'argent place l'entraînement du personnel navigant en concurrence directe et indirecte avec d'autres priorités du gouvernement (p. ex. les vols opérationnels et les soins de santé). Les méthodes d'instruction permettant d'éviter des coûts revêtent un attrait puissant par rapport aux autres méthodes à chaque niveau d'un tel régime concurrentiel. C'est pourquoi diverses parties ont exploité les chocs chroniques que les finances gouvernementales subissent — depuis l'embargo sur le pétrole imposé par l'Organisation des pays exportateurs de pétrole, dans les années 1970 jusqu'à la crise financière de 2008 — pour vendre des simulateurs de vol. Les résultats produits par les méthodes d'évitement des coûts sont attrayants aux yeux des analystes, car ils sont mesurés avec les mêmes unités que les coûts, ce qui permet de calculer les gains, les pertes et les ratios.

Le coût le plus évident – et sans doute le plus considérable – que la simulation permet d'éviter en réduisant le nombre des sorties d'entraînement est énorme. Le coût des produits pétroliers d'aviation et des opérations et de la maintenance et les coûts liés à l'approvisionnement national sont très élevés : une heure supplémentaire de vol d'un CF18 ou d'un CT142 coûte 8 700 \$ et 1 400 \$, respectivement<sup>26</sup>. On peut aussi connaître les coûts liés au personnel navigant et aux équipes d'entretien et de soutien et les autres coûts de chaque heure de vol.

Souvent, les systèmes de simulation mêmes fournissent facilement les données permettant d'analyser les coûts évités<sup>27</sup>. Cooley et ses collaborateurs<sup>28</sup> ont comparé les mêmes tâches d'instruction exécutées dans un simulateur de vol et dans un environnement réel, et l'expérience a vigoureusement démontré que la simulation permet vraiment d'éviter des coûts. Toutefois, si l'on élimine la contrainte des tâches identiques, il est possible de produire des données qui feront voir un évitement très élevé de coûts. Par exemple, Worley et ses collaborateurs<sup>29</sup> ont fait rapport sur un programme d'essais de missiles avec des composantes matérielles dans la boucle de simulation ayant comporté 8 400 lancements simulés d'AIM-120 par année. Cela semble avoir permis d'éviter des coûts supérieurs à 2,4 G\$. Voilà qui est inconcevable compte tenu des paramètres d'un programme d'essai avec munitions réelles : le rapport mentionnait 12 lancements comme étant une option plus réaliste en pareil cas. De même, dans le contexte d'un cours élémentaire expérimental de canonier axé sur une simulation avec le char Leopard L1A1 de l'AC, plus de 9 400 obus simulés ont été tirés, soit beaucoup plus que le nombre de tirs faits dans le cours standard avec munitions réelles<sup>30</sup>. Ici encore, en comptant ce que les obus simulés auraient coûté si on les avait remplacés par des engins réels, on obtiendrait des économies totales qui seraient irréalistes. Les véritables avantages ont résidé dans le temps que le cours expérimental a permis d'épargner et dans le nombre d'obus réels non utilisés par rapport à ceux qu'aurait nécessités le cours original. En formulant cette mise en garde, on ne cherche pas à écarter l'utilité d'effectuer de nombreuses autres tâches d'instruction simulées que l'on ne pourrait se permettre en contexte réel. En effet, c'est là un des aspects attrayants de la simulation de vol. Le mot d'avertissement est le suivant :





afin d'éviter des estimations irréalistes des coûts évités, il convient de fixer une limite supérieure de ces coûts, en se fondant sur des solutions de remplacement plausibles. Il faut cerner au moyen d'autres critères l'avantage que procurent les activités supplémentaires rendues possibles par la simulation : parmi eux, signalons l'accroissement de la compétence, l'enrichissement de l'expérience, ou la réduction du nombre d'oublis.

En utilisant une structure de coûts simple comprenant les frais de personnel et les coûts de fonctionnement, Orlansky et ses collaborateurs<sup>31</sup> ont constaté qu'une mission d'appui aérien rapproché simulée coûtait dix fois moins que son exécution en milieu réel. Toutefois, ces frais et coûts ne sont pas les seuls à prendre en compte. De nombreux autres peuvent et doivent être calculés relativement à tout l'entraînement en vol envisagé, y compris tous les moyens d'instruction (p. ex. les aéronefs, les simulateurs et les salles de classe) et le coût du cycle de vie de tout le système (p. ex. frais de recherche et développement, acquisition initiale et liquidation, coûts de fonctionnement directs et indirects)<sup>32</sup>. Jolley et Caro<sup>33</sup> ont fourni une analyse périmée, mais particulièrement détaillée selon laquelle, outre les coûts plus évidents, la simulation de vol avait permis d'éviter chaque mois une dépense de 10 \$ en services de concierge et près de 1 000 \$ au titre du salaire des chauffeurs. On peut s'attendre à ce que ces frais non liés aux vols deviennent de plus en plus importants dans le calcul du coût de l'entraînement du personnel navigant, à mesure que les options d'entraînement de référence pures axées sur des vols réels deviendront moins courantes et que les options mixtes combinant l'instruction en milieu réel, la simulation et l'instruction automatisée deviendront la norme.

## Avantages non financiers

La mission de l'ARC n'est pas de réaliser un profit, mais de fournir aux Forces canadiennes une puissance aérienne pertinente, adaptée aux besoins et efficace pour relever les défis de la défense d'aujourd'hui et de demain<sup>34</sup>. La mission n'a pas de caractère financier; il s'ensuit donc qu'il ne faut pas passer outre aux contributions non financières à cette mission. La prochaine section examine certains des avantages non financiers découlant du recours à la simulation dans l'entraînement du personnel navigant.

## Efficacité opérationnelle

L'avantage non monétaire prépondérant de la simulation appliquée à l'entraînement du personnel navigant se rapporte sans doute à l'efficacité opérationnelle. L'ARC a pour rôle de fournir une puissance aérienne, et l'entraînement est essentiel pour atteindre cet objectif. Il est difficile de l'intégrer dans le processus décisionnel formel, mais je le présente néanmoins en premier, parce que cet aspect est directement lié à la raison pour laquelle on forme le personnel navigant et qu'il a à voir avec la mesure la plus déterminante des résultats. Les données définitives sous la forme de données sur les causes et les effets relatives à l'incidence de l'entraînement sur la performance au combat sont très rares et elles dépendent des expériences naturelles. Weis<sup>35</sup>, qui a analysé les combats aériens des deux guerres mondiales, a constaté qu'un pilote exécutant sa première mission de combat aérien avait de très fortes chances d'être abattu, mais qu'un pilote qui avait descendu cinq appareils ennemis n'avait que 5 % des chances d'être abattu au cours d'un engagement avec un ennemi dans les airs, et moins de 1 % après 30 victoires. Ces constatations peuvent servir à confirmer le puissant effet de l'expérience sur la performance, mais l'entraînement ou la simulation ne sont pas pris en compte dans ces calculs.



L'expérience des États-Unis au cours de la guerre du Viet Nam offre un cas encore plus saisissant des avantages opérationnels de l'entraînement avec simulation des vols. Au cours des quatre premières années de la guerre aérienne, les pilotes de l'United States Air Force (USAF) et de l'United States Navy (USN) ont enregistré un taux de victoires d'environ 2,5 : 1 aux dépens de leurs adversaires nord-vietnamiens. Pendant une accalmie dans la guerre aérienne, l'USN a ouvert son école TOP GUN pour ses pilotes de chasse; l'école faisait appel à des simulations réelles pour former ses pilotes au combat air-air. Après ce hiatus, l'USN a atteint un taux de victoires supérieur à 12 contre 1, tandis que celui de l'USAF n'a à peu près pas changé<sup>36</sup>.

Les données issues de la simulation peuvent être utiles pour évaluer les avantages de l'entraînement avec simulateur de vol aux fins de la performance au combat. Cependant, les données informatives et objectives résultent d'une planification éclairée et délibérée, et l'on ne les a pas toujours obtenues au cours des toutes premières études<sup>37</sup>. Plus tard, des études soigneusement planifiées sur l'instruction collective faisant appel à la simulation des vols ont fourni des données quantitatives qui ont révélé l'amélioration de nombreuses composantes des combats menés par les chasseurs, y compris les communications, la connaissance de la situation et l'emploi des capteurs<sup>38</sup>. Deitchman<sup>39</sup> s'est servi de la simulation des vols pour évaluer l'incidence de l'entraînement sur l'issue d'une guerre entre les forces de l'Organisation du Traité de l'Atlantique Nord (OTAN) et celles du Pacte de Varsovie. Il a fait varier la probabilité d'acquiescer une cible, la probabilité de la détruire et les taux de sorties afin de représenter différents niveaux d'instruction du personnel navigant. La probabilité de destruction, le taux d'engagement et la vulnérabilité des chars ont servi à représenter différents niveaux d'instruction des unités de chars. L'effet ou l'avantage se manifestait dans le changement de l'étendue du territoire conservé par l'OTAN pendant la guerre. Cette approche offre une mesure quantitative et approfondie de l'amélioration du rendement opérationnel due à l'effet de l'entraînement, bien que le lien entre l'avantage lié à l'instruction et l'issue de la guerre implique une chaîne causale dont la justification nécessiterait un effort considérable.

## Disponibilité

La disponibilité est le coût d'option de l'utilisation d'aéronefs pour l'instruction. Les aéronefs employés pour l'entraînement ne sont pas disponibles pour les opérations. Cela comprend les aéronefs d'entraînement, car le nombre de ces derniers dépend du nombre de sorties à exécuter. L'avantage inhérent à la disponibilité accrue d'aéronefs pour exécuter des opérations peut facilement être mesuré en aéronefs-jours par année, par exemple.

## Santé et sécurité

L'emploi de simulateurs de vol, plutôt que de vols réels, offre l'avantage d'une sécurité accrue, car il y a dès lors moins de possibilités que des accidents se produisent en vol et causent des dommages aux aéronefs et aux biens et des blessures. L'entraînement avec simulateur de vol peut aussi renforcer la sécurité en modifiant les types de vols réels qui sont exécutés. On peut offrir l'instruction liée à des manœuvres de vol particulièrement risquées et à des procédures d'urgence, et les pilotes peuvent s'exercer à les exécuter dans un milieu simulé seulement, sans mettre en danger l'aéronef et le pilote. C'est là un véritable avantage, car plus d'aéronefs peuvent être endommagés pendant l'entraînement



aux situations d'urgence que quand de telles situations se produisent effectivement<sup>40</sup>. Les manœuvres d'autorotation des hélicoptères-écoles en sont un parfait exemple. Au cours d'une enquête sur les accidents d'hélicoptère civil, on a constaté que 7 % des accidents étaient dus à des erreurs commises pendant l'autorotation. Cependant, l'autorotation n'est pas une situation d'urgence; c'est une procédure exécutée pour faire face à une urgence<sup>41</sup>.

Cependant, l'entraînement avec simulation des vols a donné lieu à un effet négatif sur la santé, à savoir le mal du virtuel<sup>42</sup>. L'expression désigne les troubles oculomoteurs, la nausée et la désorientation que les stagiaires éprouvent parfois après une simulation immersive. Son incidence varie selon les personnes, les simulateurs et les circonstances. La bonne construction des simulateurs et leur utilisation judicieuse réduisent la probabilité du mal du virtuel, mais il risque tout de même de se produire. C'est pourquoi certaines organisations limitent la durée de l'entraînement avec simulateur de vol et interdisent aux stagiaires de voler pendant des périodes définies après une session en simulateur de vol.

On peut adopter diverses approches pour mesurer l'amélioration quantitative de la sécurité. Le nombre de sorties nécessaires, le nombre de procédures d'urgence appliquées pendant la simulation de vol, ou le nombre d'accidents prévus qui ont été évités<sup>43</sup> pourraient servir. Étant donné le nombre faible et très variable d'accidents aériens dans l'ARC (entre quatre et treize par année pour toutes les flottes et toutes les causes, entre 2004 et 2014)<sup>44</sup>, on risque d'avoir du mal à produire des estimations fiables des changements attribuables à un investissement particulier dans l'entraînement. De même, toute instruction ou toute restriction de vol nécessaire pour prévenir ou atténuer les effets du mal du virtuel peut aussi constituer une mesure quantitative qui produira une large gamme de valeurs, à cause de la variabilité du mal du virtuel.

## Environnement

L'entraînement du personnel navigant au moyen de simulateurs de vol plutôt que de vols réels peut offrir des avantages pour l'environnement<sup>45</sup>. Si moins de vols ont lieu, moins de pollution chimique est engendrée. Les effets du bruit causé par les aéronefs sur les populations civiles et ceux des bouées sonores sur les mammifères marins, par exemple, seront moindres également. Le fait que les émissions électroniques issues des radars, des radios et des systèmes de brouillage gêneront moins les autres utilisateurs du spectre électromagnétique pourrait aussi être considéré comme un genre d'avantage environnemental, tout comme le non-recours à des fusées éclairantes, des plaquettes de brouillage et des armes<sup>46</sup>.

Des mesures quantitatives pourraient être produites si ces émissions étaient réduites de façon absolue, par exemple s'il y avait une réduction des polluants chimiques et des niveaux d'exposition, ou si des dédommagements étaient payés aux populations touchées.

## Sécurité

L'entraînement au moyen de simulateurs de vol comporte un dernier avantage qui se rapporte à la sécurité. Il est plus facile d'observer l'entraînement effectué avec des aéronefs réels que l'entraînement exécuté dans des simulateurs convenablement protégés. Ce dernier type d'entraînement élimine la



possibilité qu'offrent les vols réels d'observer les manœuvres en vol et la performance des armes. Si cette possibilité était éliminée pendant les exercices réels, le personnel navigant pourrait être instruit de modifier ou d'omettre des tactiques opérationnelles, ce qui compromettrait la valeur de l'entraînement. Cela est plus communément vrai dans le cas des éléments pouvant être surveillés depuis une certaine distance, par exemple l'emploi de capteurs actifs et de systèmes de brouillage. Même les aspects qui sont faciles à observer, par exemple les taux de sortie ainsi que le nombre et les types d'aéronefs disponibles, peuvent revêtir une valeur pour un adversaire au chapitre du renseignement. On peut comprendre l'avantage fourni sur le plan de la sécurité par l'entraînement simulé en examinant une étude faite par l'USAF sur les éléments-surprises de l'entraînement<sup>47</sup>. En s'entraînant au moyen de simulations, un adversaire peut mettre au point des capacités d'un niveau nettement plus élevé que celles pouvant par ailleurs être observées, et s'exercer à fond à exécuter une mission sans révéler ses intentions. Certes, il est parfois souhaitable de faire publiquement la démonstration de ses capacités et de ses intentions. On peut toujours le faire en utilisant la capacité opérationnelle en question. La simulation offre l'avantage de rendre ces démonstrations facultatives.

On pourrait mesurer les avantages pour la sécurité en comptant le nombre de sorties d'entraînement ou de tâches d'instruction pouvant être exécutées sans en compromettre la qualité. Si l'on accroît les coûts de l'entraînement en vol pour préserver la confidentialité, par exemple en se rendant dans des zones d'entraînement éloignées, il serait possible de les calculer.

## Retombées industrielles et techniques

La PRIT<sup>48</sup> présente quatre retombées précises à prendre en considération dans les approvisionnements applicables en matière de défense : le travail accompli dans l'industrie canadienne de la défense; le développement des sources d'approvisionnement canadiennes; les travaux de recherche et développement exécutés au Canada; les contributions aux exportations canadiennes. La Politique permet aussi que soient pris en compte les investissements de haute qualité dans l'industrie canadienne. On peut s'attendre à ce que l'accent soit mis sur ces critères dans les investissements liés à l'entraînement simulé, parce que l'objectif de la PRIT consiste à mettre en œuvre les recommandations du rapport Jenkins<sup>49</sup>, dont l'auteur a désigné les systèmes d'instruction comme étant une capacité industrielle clé à renforcer à la faveur des approvisionnements en matière de défense.

## Analyse des options et prise de décision sur les investissements

Quand on envisage d'investir dans une capacité d'instruction, on le fait en prévoyant en tirer des avantages, qui pourraient comporter des retombées financières et non financières. Certaines décisions peuvent être relativement simples, par exemple s'il s'agit de savoir si un investissement particulier dans l'instruction en vaut la peine. Par ailleurs, il est plus difficile de choisir parmi une gamme de systèmes d'instruction proposés par des fournisseurs avertis. Cela nécessite non seulement une décision sur la question de savoir si l'investissement en vaut la peine, mais aussi une décision sur le mérite relatif du système retenu parmi la gamme des solutions proposées. Si la portée de l'investissement dans l'instruction ne se limite pas à un petit jeu de solutions, une décision relative à la conception est proposée, l'objectif étant de choisir un modèle qui sera le meilleur possible, d'une façon ou d'une autre.



Toutes les démarches adoptées pour prendre ces décisions font la part des choses entre les avantages et les coûts. Le coût financier est inclus dans toutes les décisions, mais celles-ci peuvent se diviser en deux catégories, en fonction de la façon dont sont prises en compte les retombées non financières. Dans le contexte des démarches axées sur les retombées financières, l'argent constitue le critère de comparaison commun, tandis que les démarches axées sur de multiples critères préservent les mesures intrinsèques des retombées non financières.

## Méthodes utilisées pour prendre les décisions financières

Ces méthodes s'en tiennent à une approche purement financière du processus décisionnel. La méthode la plus élémentaire consiste à comparer directement les coûts : on compare les coûts des solutions possibles satisfaisant les objectifs, et l'on opte pour le coût le moins élevé. Une méthode semblable consiste à examiner les économies : les économies inhérentes à chaque solution ou option par rapport à un scénario de référence déterminent la décision prise. Au MDN, la Direction – Finances et établissement des coûts (Stratégie)<sup>50</sup> produit un *Manuel d'établissement des coûts* qui décrit plusieurs méthodes employées dont se servent le gouvernement et l'industrie pour prendre de telles décisions et qui fournit des conseils sur leur utilisation par le Ministère. Parmi ces méthodes, l'analyse coûts-avantages, la comptabilité par activités, le rendement de l'investissement et la période de remboursement sont autant de critères qui peuvent servir à évaluer les investissements dans l'entraînement au moyen de simulations de vol.

Dans certains cas, des critères purement financiers peuvent offrir un fondement suffisant pour choisir parmi les solutions possibles en matière d'instruction, à supposer que les résultats de l'instruction soient comparables (sujet abordé plus loin). Cooley et Gordon<sup>51</sup> font valoir que, quand on sait que les coûts évités constituent l'avantage le plus considérable et que des données fiables sur les coûts subis et évités existent, il n'est peut-être pas nécessaire de prendre d'autres retombées en considération. L'évaluation des coûts évités à la faveur de diverses solutions en concurrence entre elles est simple : il suffit de choisir le chiffre le plus élevé.

## Calcul du prix fictif

Les méthodes présentées pour prendre les décisions financières sont attrayantes, mais il est difficile pour l'analyste d'omettre explicitement les retombées non financières parce que, par définition, les retombées sont des éléments qu'évalue l'institution qui investit. L'analyste en comprend l'importance et aimerait les intégrer dans son étude. Toutefois, les législateurs et les cadres supérieurs des ministères ne se laisseront pas persuader par des « arguments s'accompagnant de grands gestes » : il leur faut des données objectives<sup>52</sup>. Les retombées non financières décrites plus haut montrent clairement qu'il n'existe malheureusement pas de moyen simple pour ces intervenants d'influer ensemble et objectivement sur la décision concernant l'investissement.

Une façon d'intégrer les avantages non financiers dans les méthodes utilisées pour prendre les décisions financières consiste à calculer le prix fictif : on attribue par là le prix du marché aux éléments incorporels pour lesquels il n'existe aucun marché permettant de leur attribuer un prix. Ainsi, on peut faire l'analyse en employant une seule mesure du mérite, c'est-à-dire le dollar.



Pour établir le prix fictif d'une vie humaine, comme il faut le faire pour l'analyse financière des avantages pour la sécurité, on peut combiner la probabilité du décès avec la valeur financière de la vie en question afin de produire un avantage financier ou une économie de fonds. On peut calculer la valeur de la vie en adoptant différentes perspectives. L'approche axée sur le capital humain repose sur le calcul du prix des possibilités économiques et non économiques qu'offrent les journées vécues en bonne santé<sup>53</sup>. Dans leur analyse portant sur les exercices d'entraînement du personnel navigant de l'USAF auquel participent plusieurs aéronefs, Moor et Andrews<sup>54</sup> ont intégré l'avantage de la sécurité dans leur équation en supposant que deux aéronefs seraient détruits et que quatre pilotes seraient tués pendant les opérations d'entraînement en deux ans. Ils ont utilisé les données figurant dans le budget de l'USAF pour calculer le coût de ces aéronefs, et les données de l'US General Accounting Office pour trouver le coût de l'entraînement d'un pilote de l'USAF, afin d'obtenir la valeur de l'avantage de la sécurité, exprimée sous la forme de coûts évités évalués en dollars. Cela leur a permis de calculer la valeur en dollars des avantages de l'entraînement simulé, valeur qui, une fois combinée aux données sur les coûts, a produit un résultat transparent pour évaluer l'investissement dans ce type d'entraînement. Cette méthode employée pour donner une valeur financière aux avantages inhérents à la sécurité pourrait aussi être appliquée à d'autres avantages non financiers, mais elle comporte au moins deux lacunes. Tout d'abord, elle dépend de l'estimation de la fréquence d'incidents relativement rares mais ayant de grandes conséquences, par exemple des accidents d'aéronefs, ce qui risque d'introduire une variabilité considérable dans les estimations subséquentes des coûts. Ensuite, si cette méthode est employée pour cerner la seule influence de la sécurité sur le processus décisionnel, elle se limite à évaluer la vie humaine uniquement du point de vue financier, ce qui est contraire aux valeurs de l'ARC. Le Conseil du Trésor du Canada emploie une méthode appelée « valeur monétaire d'une vie statistique » (VMVS), et il s'attend à ce que les autres ministères fédéraux s'en servent<sup>55</sup>. Selon cette méthode, on demande aux personnes combien elles seraient prêtes à payer pour réduire la probabilité de leur décès, ou à l'inverse, combien il faudrait leur offrir pour qu'elles acceptent un accroissement de la probabilité qu'elles soient tuées. Ces valeurs sont ensuite employées pour calculer la VMVS aux yeux de la personne concernée<sup>56</sup>. Le Conseil du Trésor estime cette valeur à 5,2 M\$ en dollars de 1996<sup>57</sup>, d'après une étude de Chestnut et de ses collaborateurs<sup>58</sup>.

On peut aussi obtenir le prix fictif d'autres avantages ou retombées à l'aide de méthodes axées sur les préférences déclarées et révélées. Selon ces méthodes, on attribue des valeurs financières à des ressources non financières en observant les décisions que les personnes prennent à l'égard de ces ressources. La somme qu'une personne est prête à payer pour obtenir une telle ressource, ou pour éviter une situation, en indique la valeur financière à ses yeux. Le prix que des personnes sont disposées à payer pour se rendre dans un lieu sauvage éloigné révèle la valeur qu'elles accordent à ce dernier, tout comme la réduction du prix d'une propriété foncière due à la proximité des aéroports montre la valeur financière liée au bruit produit par les avions. De Bruyn et ses collaborateurs<sup>59</sup> fournissent une étude approfondie sur les prix fictifs attribués aux avantages et aux coûts environnementaux.

Sokri<sup>60</sup> a proposé une application particulière de la méthode axée sur la volonté de payer pour fixer la valeur de l'entraînement militaire, en menant une enquête auprès des militaires pour savoir combien ils seraient disposés à payer pour leur entraînement. L'hypothèse est que l'entraînement militaire est un bien public n'appartenant pas au marché et qu'il se prêterait à l'application de la méthode



susmentionnée dont on s'est servi pour évaluer des ressources publiques telles que des régions sauvages et des mesures de réduction du bruit. L'inconvénient de cette proposition réside dans le fait que les répondants ne paient pas l'entraînement militaire, ou qu'ils ne sont pas nécessairement représentatifs de ceux qui le paient. Bien qu'ils reçoivent l'entraînement, ils n'en sont pas les seuls ou même les principaux bénéficiaires, car, en fin de compte, l'entraînement est fourni au profit du pays, et non du stagiaire. La méthode n'est pas entièrement transparente, car les réponses fournies par le stagiaire risquent d'être influencées par les avantages qu'il en retire à titre individuel aux fins de ses loisirs ou quant à l'effet que l'entraînement aura sur ses perspectives de carrière futures. Ces influences risquent de donner lieu à une valeur artificiellement élevée, dans le cas de l'entraînement de tireur d'élite et de pilote d'avions multimoteurs, et une valeur artificiellement faible, dans ceux de la défense nucléaire, biologique et chimique et de la survie en mer.

On pourrait aussi calculer un prix fictif en prenant le prix du marché établi avec une autre méthode choisie pour atteindre un objectif. En l'espèce, l'avantage obtenu grâce à l'entraînement peut être comparé à celui produit par la mise à niveau d'un système d'arme<sup>61</sup>. Dans des études, on a comparé le coût des mises à niveau de systèmes d'armes équipant des chars et des avions de combat avec le coût de l'entraînement nécessaire pour fournir une performance équivalente avec le système, tout au long de la durée de vie escomptée du matériel mis à niveau. La comparaison entre les coûts pourrait ensuite servir à orienter la décision sur les investissements à faire, ou autrement à calculer la valeur de l'entraînement. Cette approche serait sans doute la plus indiquée quand il serait possible de fonder la décision sur un petit nombre d'avantages pouvant être évalués pour chaque solution possible.

### Processus décisionnel fondé sur de multiples critères

Au lieu d'employer la valeur financière comme fondement du processus décisionnel, les méthodes de prise de décisions à critères multiples (MCDM) favorisent un processus décisionnel qui préserve les éléments mesurant les avantages individuels. Ce sont des méthodes plus compliquées, mais elles permettent de conserver l'important critère du coût et les puissantes techniques d'analyse et de les combiner avec les données et les techniques d'analyse correspondant le mieux aux retombées non financières. Une branche de cette famille de méthodes, qui consistent à choisir parmi diverses solutions établies, est celle des méthodes de prise de décisions axées sur de multiples attributs (MADM). L'autre branche, qui permet de faire un choix parmi de nombreuses solutions éventuelles, est celle des méthodes de prise de décisions à objectifs multiples (MODM)<sup>62</sup>. Les deux méthodes peuvent servir aussi bien en période de certitude que d'incertitude<sup>63</sup>.

Pour utiliser les méthodes MCDM, il faut établir une échelle de mesure pour chaque critère. Bien sûr, les critères financiers sont facilement mesurés avec une monnaie, et une échelle proportionnelle est fournie qui sert à tous les types d'opérations mathématiques. Les critères non financiers nécessitent au moins une échelle ordinale, dans laquelle différents scores indiquent qu'un score est meilleur qu'un autre (comme, par exemple, les notes alphabétiques attribuées à la fin d'un cours), et, idéalement, ils servent de fondement à une échelle proportionnelle (p. ex. le temps nécessaire à l'exécution d'une tâche). Worley et ses collaborateurs<sup>64</sup> offrent une approche heuristique utile pour dresser des échelles et mesurer les avantages de la modélisation et de la simulation : faites les tâches plus vite et



mieux, faites-les à moindre coût et faites-les toutes. Pour ce qui est de « les faire plus vite », l'avantage repose sur l'épargne de temps, ce qui mène à des mesures quantitatives telles que la durée du cours ou le temps nécessaire pour se préparer à la mission. Quant à « les faire mieux », la consigne implique un meilleur résultat de l'entraînement, par exemple une compétence accrue, ce qui peut être exprimé quantitativement par la vitesse et le degré d'exactitude. Nous avons déjà parlé de ce que l'on entend par « faire la tâche à moindre coût ». « Les faire toutes » renvoie aux possibilités de contrôle qu'offre la simulation de vol. Dans certains cas, on peut réunir et utiliser plus de types de données au cours de vols simulés que pendant des vols réels. Le personnel navigant peut s'entraîner dans beaucoup plus de types de conditions météorologiques, de situations d'urgence et de milieux géographiques dans un simulateur que pendant un vol réel. Le tableau 1 fournit des exemples de mesures d'avantages non financiers décrits dans le présent chapitre.

Avantage	Barème de mesure
Efficacité opérationnelle	Différence entre le temps prévu et le temps réel passé sur l'objectif
Disponibilité	Nombre de jours par année où l'aéronef ne sert pas l'entraînement
Sécurité	Nombre de consignes d'urgence que l'on peut appliquer en milieu simulé
Environnement	Livres de carburant utilisées par cours d'instruction
Sûreté	Nombre de tâches d'instruction compromises pour préserver la confidentialité des données
Travail fait au Canada en matière de défense	Nombre de matériels de défense fournis par des entreprises canadiennes du secteur de la défense
Travail accompli au Canada par les fournisseurs	Pourcentage de la valeur du contrat gagnée par des entreprises canadiennes
Travaux de recherche et développement faits au Canada	Nombre de chercheurs scientifiques employés à temps plein au Canada
Contributions aux exportations canadiennes	Maturité de la stratégie d'exportation

**Tableau 1. Exemple d'échelle de mesure des avantages non financiers**

Une analyse axée sur les méthodes MADM a été conçue pour évaluer l'entraînement sur simulateur dans l'USAF et a été appliquée à l'instruction sur le T-38<sup>65</sup>. Au cœur de l'analyse se trouvait une structure de coûts qui pouvait servir à cerner les coûts du cycle de vie des dispositifs d'instruction du personnel navigant. Huit autres aspects de haut niveau concernant la valeur, qui sont présentés dans le tableau 2, ont été cernés et ils résumaient 66 aspects de bas niveau.





<b>Avantage</b>
Gestion/Administration
Gestion des ressources
Opérations/Tactiques
Instruction
Aspects politiques
Personnel
Efficacité de l'instruction
Technologie des dispositifs d'instruction du personnel navigant

**Tableau 2. Aspects de haut niveau concernant la valeur – Facteurs liés à la propriété<sup>66</sup>**

Il s'agissait ensuite de convoquer une réunion d'un conseil d'intervenants représentatifs afin de coter chaque aspect ou critère au moyen d'une échelle allant des avantages faibles aux avantages élevés. Une moyenne des cotes attribuées par les divers intervenants a été établie et on s'en est servi pour la prise de décisions. Or, il ne conviendrait pas d'employer des facteurs de pondération pour combiner les critères, car, tout d'abord, les cotes ordinales ne possèdent pas les propriétés proportionnelles nécessaires pour la multiplication et, ensuite, la pondération procure aux décideurs une occasion d'importer leur parti pris dans l'analyse.

Plus récemment, le Comité directeur de la modélisation et de la simulation au DoD des É.-U. a parrainé une étude afin d'élaborer un jeu de mesures, qui allaient servir à évaluer les avantages des investissements faits dans la modélisation et la simulation, et des méthodes pour évaluer les mesures<sup>67</sup>. Afin d'exécuter cette tâche, les responsables de l'étude ont examiné sous cinq perspectives différentes le problème décisionnel qui se posait aux intervenants. La perspective axée sur le programme se rapportait aux coûts, aux échéanciers d'exécution, à l'abordabilité et à l'efficacité de la solution retenue. La perspective communautaire a mis l'accent sur la gestion de la capacité de modélisation et de simulation (M&S) comme étant une capacité parmi plusieurs (p. ex. l'entraînement, les essais et l'analyse) dans le même domaine de pratique. La perspective organisationnelle concernait le rôle et l'effet de la capacité de M&S dans l'ensemble du DoD. La perspective fédérale était semblable, mais elle reposait sur les influences présentes dans les divers départements. Enfin, la perspective sociale regroupait des points de vue obtenus auprès des universitaires, de l'industrie et de la société civile. L'étude a conclu que la perspective axée sur les programmes et les perspectives communautaire et organisationnelle étaient essentielles au processus décisionnel, tandis que les perspectives fédérale et sociale étaient importantes, mais secondaires<sup>68</sup>.

En se fondant sur ce qui précède, on a élaboré des structures d'éléments de coût pour les perspectives communautaire et organisationnelle, structures qui pouvaient engendrer des données sur le coût des investissements, lesquelles n'avaient pas été recueillies au niveau du programme. Des objectifs ou des



avantages ont aussi été définis pour chaque perspective. Le rapport propose des ensembles détaillés d'objectifs pour chaque perspective et souligne qu'ils ne sont pas identiques les uns aux autres. Afin de rendre possible l'évaluation des avantages, il faut des échelles de mesure distinctes pour chacun.

En se fondant sur des données considérables et l'analyse, les auteurs de l'étude ont recommandé d'asseoir les décisions sur un type de mesure du rendement des investissements. On peut effectuer la mesure en adoptant la perspective du programme ou la perspective communautaire ou organisationnelle, mais en fin de compte, c'est la perspective du DoD qui doit dominer. Afin d'intégrer les mesures des coûts et les divers critères, le rapport recommande d'utiliser une méthode MADM. Le rendement de l'investissement et les avantages non financiers sont calculés pour la perspective du programme, pour la perspective communautaire pertinente et pour la perspective organisationnelle. Contrairement à la recommandation d'Allbee et de Semple<sup>69</sup>, la méthode suppose l'emploi de facteurs de pondération pour combiner les évaluations issues de toutes les perspectives en un seul score polyvalent. L'occasion qu'ont les décideurs d'ajuster les facteurs de pondération est perçue comme étant avantageuse, en ce sens qu'elle leur donne un moyen d'introduire explicitement des priorités d'un plus haut niveau dans le processus décisionnel<sup>70</sup>.

Cette méthode est remarquable par son traitement approfondi des intervenants, des perspectives, des objectifs et des avantages. Cela engendre la souplesse qui rend la méthode adaptable par les utilisateurs extérieurs au DoD. Par exemple, l'ARC pourrait mettre davantage l'accent sur la perspective fédérale et s'en servir pour intégrer les objectifs de la PRIT. La méthode fait de la reconnaissance des grandes conséquences d'un seul projet de M&S pour l'ensemble de l'organisation une procédure normalisée plutôt que l'exception. Cette approche pourrait être précieuse pour faciliter l'interopérabilité et la soutenabilité des simulateurs de vol achetés par l'ARC dans l'avenir; dans le passé, l'ARC a été critiquée, dans le cadre d'achats de ce genre, pour avoir adopté un point de vue borné et pour ne s'être préoccupée que d'une seule collectivité opérationnelle. Cependant, la minutie de la méthode suppose une énorme quantité de travail. L'exécution de l'analyse est sans doute gérable avec les ressources fournies pour les projets d'acquisition, mais les analystes risquent d'avoir du mal à obtenir une participation efficace de tous les intervenants concernés au sein de l'organisation de la défense ainsi que des intervenants fédéraux. Ces intervenants pourraient bien ne pas pouvoir obtenir le temps, l'expertise ou l'autorité voulus pour exercer leur rôle lorsqu'il s'agira de mettre la méthode promptement en œuvre.

## Facteurs propres à l'entraînement et pertinents pour l'évaluation des avantages

Les personnes prenant les décisions sur les investissements à faire dans l'entraînement du personnel navigant peuvent recourir aux méthodes d'évaluation et aux techniques d'aide à la prise de décisions employées pour d'autres investissements du gouvernement. Néanmoins, il existe des considérations propres à la simulation des vols et à l'entraînement au vol qui peuvent influencer sur la façon dont les analyses sont menées. La présente section contient des observations sur la mesure et l'évaluation de l'entraînement qui pourraient être utiles aux analystes travaillant dans ce domaine.



## Exemples

Trois exemples tirés du programme d'acquisition de simulateurs de vol de l'ARC illustrent la nature multidimensionnelle des avantages de l'entraînement et certaines des techniques employées pour les évaluer.

### Système avancé d'entraînement à distance pour le combat

Le projet du Système avancé d'entraînement à distance pour le combat (SAEDC) a été lancé par l'ARC, qui cherchait à acquérir une capacité de simulation à distance pour entraîner les pilotes de CF18<sup>71</sup>. Ce projet montre l'importance des avantages non financiers dans le contexte de l'entraînement simulé au vol fourni au personnel navigant. Les personnes ayant pris part au projet ont souligné l'importance des contraintes économiques touchant l'entraînement au vol comme étant un aspect de l'acquisition. Toutefois, même dans le cas de l'entraînement des pilotes d'aéronefs dont le coût horaire total est le plus élevé, les avantages non financiers ont également été désignés comme constituant des aspects essentiels du projet. La prolongation de la durée de vie des cellules en raison de la réduction du nombre d'heures de vol, l'amélioration de l'entraînement des équipes et la réduction des effets des vols réels sur l'habitat naturel et culturel ont également été mentionnées.

Le projet du SAEDC est aussi un exemple de désignation du système d'instruction classique comme étant la référence standard de l'instruction. L'évaluation a reposé sur des calculs méticuleux du nombre d'heures de vol simulé que les dispositifs d'instruction allaient devoir fournir. Pour chaque tâche du programme d'instruction actuel, par exemple le vol aux instruments, les manœuvres de base de l'avion de chasse et la guerre électronique, le nombre d'heures à passer dans le simulateur a été précisé. Cette approche a procuré au fournisseur des renseignements importants pour estimer son coût. Elle a aussi semblé fournir des données utiles pour calculer les économies financières de l'ARC, en fonction de l'hypothèse que les heures passées dans le simulateur pourraient être soustraites du nombre d'heures de vol réel. Cependant, cette approche a conservé les heures de vol réel comme moyen de compenser tout manque d'efficacité du simulateur. À l'inverse, si le simulateur est plus efficace que le vol réel, il se peut que l'on demande aux stagiaires de passer trop d'heures dans le simulateur, ou que celles-ci soient mal réparties entre les tâches des divers types.

### Priorisation des dispositifs d'instruction pour le CC130

Un exercice mené pour cerner et prioriser les besoins du personnel navigant des appareils CC130 de l'ARC en matière de dispositifs d'instruction fournit un exemple d'une méthode MADM employée pour mettre sur pied un projet d'entraînement simulé<sup>72</sup>. Le Centre de guerre aérospatiale des Forces canadiennes (CGAFC) planifiait un projet en vue de renforcer la capacité d'entraînement simulé du personnel navigant du CC130, et il avait besoin de cerner et de prioriser les options. La technique du groupe nominal (TGN)<sup>73</sup> a été employée de concert avec la méthode de hiérarchie multicritère (MHM)<sup>74</sup>. La TGN fait intervenir un groupe de participants qui formulent des idées ou des options indépendamment, puis qui les mettent en commun pour procéder à une évaluation ultérieure en les cotant et en leur attribuant un ordre de classement. En l'occurrence, la TGN a été employée auprès



de représentants du personnel navigant du CC130 pour cerner les lacunes de l'instruction observées dans les capacités de simulation du CC130, déterminer les dispositifs d'instruction éventuels nécessaires pour remédier à ces lacunes et élaborer des critères d'évaluation des dispositifs. La MHM est un système de mesure reposant sur des choix à faire parmi diverses solutions afin de produire des scores proportionnels à l'égard de ces dernières. Elle a été utilisée afin de fournir un score prioritaire pour les dispositifs d'instruction envisagés, en fonction des cotes de mérite attribuées par le groupe aux dispositifs par rapport aux critères. Les tableaux 3, 4 et 5, respectivement, montrent les dispositifs d'instruction en lice, les lacunes de l'instruction et les critères d'évaluation.

Simulateur de vol de niveau D avec champ de vision embrassant tout le tableau de bord
Dispositif d'entraînement au vol apte à la mission – Capacité complète, champ de vision complet
Dispositif d'entraînement au vol apte à la mission – Niveau avancé, polyvalence, champ de vision complet
Dispositif d'entraînement au vol apte à la mission – Niveau élémentaire, polyvalence
Simulateur du compartiment de l'équipage avec intégration du pont d'envol
Modélisation haute fidélité d'opérations aériennes
Dispositif d'instruction de la reconnaissance visuelle et de l'évitement des menaces et observateur de la recherche et sauvetage)
Modernisation du simulateur de missions complètes
Dispositif de rétrovision – Simulation visuelle
Point d'inspection du Hercules sur ordinateur de bureau
Statu quo

**Tableau 3. Dispositifs d'instruction envisagés**

Conditions météorologiques extrêmes
Aérodrome rudimentaire
Objets au sol pour vol à basse altitude
Opérations en montagne et terrain montagneux
Opérations de nuit
Menaces aériennes et terrestres
Effets de radioralliement électronique
Effets des échos indésirables sur le ralliement et la recherche
Ressources multiples
Ravitaillement air-air

**Tableau 4. Lacunes dans l'entraînement simulé**



Avantage pour la compétence du personnel navigant
Coût initial
Coût – Opérations et maintenance
Temps d'acquisition
Traitement de l'instruction relative à la mission
Avantage pour le maintien à jour des compétences du personnel navigant
Impact du plan d'instruction
Changement dans le contingent annuel d'heures de vol
Soutien – Performance humaine dans l'aviation militaire

**Tableau 5. Critères d'évaluation**

Dans une analyse de sensibilité, on a constaté que les résultats étaient stables, et les participants ont estimé que ceux-ci correspondaient bien à leurs délibérations. Cet exercice a montré qu'une méthode MADM pouvait être mise en œuvre et utilisée rapidement auprès de la collectivité opérationnelle de l'ARC, après une préparation limitée, afin d'en arriver à une entente sur les avantages non financiers de la simulation pour remédier aux lacunes dans l'entraînement. Le CGAFC s'est servi des résultats de l'exercice pour choisir le projet classé le plus haut sur la liste des priorités qu'il pouvait réaliser avec ses ressources. Cependant, cette application montre aussi qu'un processus MADM peut se dérouler harmonieusement même si les données risquent de ne pas toujours être utiles. Les évaluations ont reposé sur le volume considérable des connaissances de la communauté opérationnelle du CC130, dont on peut s'attendre à ce qu'elle fournisse des points de vue importants sur les lacunes de l'entraînement et sur les avantages. Cependant, ce contexte ne se prêtait pas nécessairement à la prise de décisions sur l'efficacité des simulateurs, et les évaluations des participants ont par ailleurs été grandement influencées par les préoccupations de leurs communautés. Le contingent annuel d'heures de vol et le maintien à jour des compétences du personnel navigant ont été des critères importants, mais les coûts initiaux et continus ont finalement peu compté relativement aux résultats définitifs.

### Simulateurs de tir aux armes légères

On a employé un outil MCDM<sup>75</sup> pour déterminer l'emplacement et le nombre des simulateurs de tir aux armes légères (STAL) servant à l'entraînement de l'ARC. Le modèle d'estimation des dispositifs d'instruction (TraDE) correspond à une méthode MODM pouvant servir à proposer et à évaluer des parcs de dispositifs d'instruction<sup>76</sup>. Le modèle TraDE utilise des descriptions de nombreux types de dispositifs d'instruction, y compris les critères pertinents tels que les coûts, le nombre de stagiaires formés et l'efficacité à l'égard de chaque objectif d'instruction dans l'ensemble du programme de cours. À partir des descriptions ainsi que des emplacements et des tailles des cohortes de stagiaires, le modèle TraDE produit au hasard un grand nombre de solutions d'instruction éventuelles comprenant les quantités, les types et les emplacements des dispositifs d'instruction à même de fournir l'entraînement nécessaire. Chacune de ces solutions est ensuite évaluée par rapport à de multiples objectifs tels que le coût d'acquisition, les frais et les heures de déplacement et la durée de l'instruction.



Les meilleures solutions sont choisies, et l'on emploie un algorithme générique pour formuler d'autres solutions éventuelles en vue de l'évaluation. Le processus d'évaluation ne combine pas les critères avec des facteurs de pondération ou d'autres méthodes, mais il choisit le rendement par rapport à chaque critère aux fins d'une inspection indépendante. Le modèle TraDE en arrive finalement à un jeu de solutions éventuelles axées sur l'optimum de Pareto, en ce sens qu'une solution ne peut être trouvée qui améliore les choses à l'égard d'un critère sans avoir un effet négatif sur un autre<sup>77</sup>. Ce dernier jeu de solutions peut ensuite être examiné de près ou présenté aux décideurs pour qu'ils réfléchissent aux compromis possibles entre les critères.

Cette application du modèle TraDE est un exemple prospectif de la façon dont la méthode MCDM peut permettre d'exploiter la puissance informatique pour optimiser les avantages financiers et non financiers découlant de l'entraînement sur simulateur. Cependant, le modèle mise sur de vastes données proportionnelles sur l'efficacité des dispositifs d'instruction des stagiaires. La façon dont il se comporte quand il emploie des données d'intervalle ou ordinales pour mesurer l'efficacité de l'instruction n'est pas connue. Chaque fois que l'on utilisera le modèle TraDE pour prendre des décisions sur les investissements dans l'instruction, il faudra le faire parallèlement à d'autres méthodes, tant que ce modèle n'aura pas été perfectionné.

## Conclusion

Investir dans la simulation pour entraîner le personnel navigant peut être un moyen efficace pour l'ARC de gérer soigneusement les ressources dont elle dispose. En effet, les pressions dues conjointement aux compressions budgétaires et au coût élevé des vols réels rendent très importantes, sinon essentielles, les économies réalisées grâce à l'entraînement sur simulateur pour maintenir en puissance les forces aériennes modernes. Toutefois, les économies n'expliquent pas pourquoi les pays maintiennent une force aérienne. Les avantages tirés des sommes engagées revêtent une importance vitale, et c'est pourquoi la prudence s'impose. Les avantages financiers et non financiers de l'entraînement sur simulateur doivent être évalués par rapport au coût de l'investissement. Les grandes décisions liées à l'investissement dans l'entraînement sont prises par des personnes se trouvant loin des milieux d'instruction et des opérations de l'ARC; par conséquent, il faut une chaîne logique transparente et stable reliant les avantages du système d'instruction à la décision.

Les coûts de l'entraînement du personnel navigant sur simulateur peuvent être réduits à un calcul financier unidimensionnel, au besoin, mais tel n'est pas le cas pour les avantages. Par conséquent, il existe des méthodes MCDM pour évaluer efficacement les avantages financiers et non financiers. La solution adoptée par le DoD des É.-U.<sup>78</sup> est un exemple d'une méthode détaillée et bien construite. Deux avantages particuliers de cette méthode résident dans la souplesse et la portée. En raison de sa souplesse, il est possible d'adapter cette méthode conçue pour l'environnement du DoD à celui du MDN, où l'intervention d'autres ministères fédéraux peut influencer grandement sur les grandes acquisitions. L'ampleur de l'effort du DoD montre aussi comment coordonner le recours à l'entraînement simulé dans tout le MDN. Cela pourrait être un avantage de taille, en ce sens qu'il aide à atteindre les objectifs de l'interopérabilité et de la réutilisation de la simulation dans les Forces armées canadiennes (FAC)<sup>79</sup> et l'ARC<sup>80</sup>.



Les démarches autres que la méthode MCDM qui comportent l'utilisation du calcul du coût fictif pour représenter les avantages non financiers rendent tous ces avantages interchangeables et risquent donc d'entraîner la perte de renseignements importants. Si l'on exclut entièrement les avantages non financiers, il convient d'indiquer expressément aux décideurs les avantages qui ne sont pas pris en considération dans le processus décisionnel, de manière à favoriser la compréhension et le suivi de ce dernier.

Le plus grand obstacle à l'évaluation des avantages de l'instruction du personnel navigant sur simulateur réside sans doute dans le petit nombre de preuves solides qui confirmeraient l'efficacité des solutions de simulation prises en considération. On peut éviter les données et les analyses de piètre qualité sur l'efficacité de l'instruction en demandant à des experts de cette dernière d'examiner les données. L'absence de données pose une difficulté plus grande. Il n'existe pas de grandes quantités de données de qualité sur l'efficacité des nouvelles options en matière d'instruction et même de certains systèmes d'instruction employés depuis des années. La première étape doit être de réunir ces données pour les évaluer, mais cette tâche risque d'avoir un prix exorbitant à cause du temps et des sommes à investir. On a fait plusieurs tentatives pour élaborer des outils d'analyse afin de prédire l'efficacité des systèmes d'instruction<sup>81</sup>. Malheureusement, ces modèles n'ont pas été validés suffisamment<sup>82</sup>. L'exécution de recherches sur la validation des modèles d'analyse afin de prédire l'efficacité de l'instruction pourrait être une façon de compenser l'absence de données à cet égard et d'améliorer ainsi la qualité des décisions sur les investissements dans les systèmes d'instruction.

---

Stuart Grant travaille à titre de scientifique de la défense à Recherche et développement pour la défense Canada (RDDC). Il a une longue expérience dans l'offre de recherche et de conseils liés à l'instruction aux forces armées du Canada et dans la collaboration avec des organismes de science de la défense de forces alliées. Ses projets passés comprennent l'instruction de l'adresse au tir avec des armes de petit calibre, de tir au véhicule blindé de combat, des avions-chasseurs, des systèmes aériens sans pilote et des systèmes de simulation répartis. Il est actuellement à la tête de la Section de la santé opérationnelle et du rendement au Centre de recherches de Toronto de RDDC, qui travaille sur le rendement et le bien-être des membres des Forces armées canadiennes aux prises avec les difficultés que posent les opérations militaires. M. Grant a obtenu un doctorat en psychologie cognitive de l'Université de Toronto.



## Abréviations

<b>AC</b>	Armée canadienne
<b>CGAFC</b>	Centre de guerre aérospatiale des Forces canadiennes
<b>DoD</b>	Department of National Defence (US)
<b>M&amp;S</b>	modélisation et simulation
<b>MADM</b>	prise de décisions axée sur de multiples attributs
<b>MCDM</b>	prise de décisions axée sur de multiples critères
<b>MDN</b>	ministère de la Défense nationale
<b>MHM</b>	méthode de hiérarchie multicritère
<b>MODM</b>	prise de décisions à multiples objectifs
<b>PRIT</b>	politique des retombées industrielles et technologiques
<b>REI</b>	ratio d'efficacité de l'instruction
<b>SAEDC</b>	système avancé d'entraînement à distance pour le combat
<b>TGN</b>	technique du groupe nominal
<b>TraDE</b>	modèle d'estimation des dispositifs d'instruction
<b>USAF</b>	United States Air Force
<b>USN</b>	United States Navy





## Notes

1. Canada, Directeur général – Développement de la Force (Air), A-GA-007-000/AF-008, *Vecteurs de la Force aérienne* (1<sup>re</sup> éd.), Ottawa, Quartier général de la Défense nationale, 2014.
2. R. L. Page, *Brief History of Flight Simulation*. Exposé présenté à la SimTecT, à Sydney (Australie), 2000.
3. H. H. Bell et W. L. Waag, « Evaluating the Effectiveness of Flight Simulators for Training Combat Skills: A Review », *International Journal of Aviation Psychology*, vol. 8, n° 3, 2011, p. 223-242; A. E. Diehl et L. E. Ryan, *Current Simulator Substitution Practices in Flight Training*, Orlando (Floride), Training Analysis and Evaluation Group, 1977, p. 40; J. E. Orlansky et J. String, *The Cost-Effectiveness of Flight Simulators for Military Training*, vol. 1, Arlington (Virginie), Institute for Defence Analyses, 1977; H. H. Valverde, « Flight Simulators: A Review of the Research and Development », Wright-Patterson Air Force Base (Ohio), Aerospace Medical Research Laboratory, 1968, p. 158 et H. H. Valverde, « A Review of Flight Simulator Transfer of Training Studies », *Human Factors*, vol. 15, n° 6, 1973, p. 510-523.
4. Le présent chapitre s'applique à toutes les façons dont le personnel navigant se sert de la simulation pour accroître les connaissances et les compétences dont il a besoin pour remplir ses fonctions. Nous ne prendrons pas en considération ici les autres applications de la simulation de vol, par exemple la recherche sur les vols, l'analyse opérationnelle et les loisirs, non plus que leurs avantages. Nous ne ferons pas non plus la distinction entre les simulateurs de vol, les dispositifs d'entraînement au vol, les dispositifs d'instruction du personnel navigant et la simulation de vol dans le cadre de l'apprentissage mixte, distinction qui est parfois faite dans le domaine de l'entraînement au vol, car les questions abordées dans le présent chapitre valent pour tous ces éléments.
5. Canada, Industrie Canada, « Fournisseur d'un système d'entraînement opérationnel – C130J », 6 janvier 2016, document consulté le 28 juin 2016; Canada, Industrie Canada, « Fournisseur d'un système d'entraînement opérationnel – CH-147 », 11 janvier 2016, document consulté le 28 juin 2016.
6. Canada, Conseil du Trésor, *Loi sur la gestion des finances publiques*, 1985, consulté le 28 août 2018, <http://laws-lois.justice.gc.ca/eng/acts/F-11/page-30.html>.
7. M. T. Cicéron, « Cinquième Philippique, 43 av. J.-C. », dans C. D. Yonge, traduction, *Les discours de Marcus Tullius* [Londres (R.-U.), George Bell & Sons].
8. R.-U., Department for Communities and Local Government, *Multi-Criteria Analysis: A Manual*, Londres, Department for Communities and Local Government, 2009, p. 10.



9. Canada, Industrie Canada, « Politique des retombées industrielles et technologiques : Guide sur la proposition de valeur », Ottawa, Industrie Canada, 2014, p. 33.
10. Aegis Technologies, « Metrics for Modeling and Simulation (M&S) Investments », Huntsville (Alabama), Aegis Technologies, 2008, p. 314.
11. M. I. Knapp et J. E. Orlansky, « A Cost Element Structure for Defense Training », Alexandria (Virginie), Institute for Defence Analyses, 1983, p. 85.
12. K. E. Allbee et C. A. Semple, « Aircrew Training Devices: Life Cycle Cost and Worth of Ownership », Wright-Patterson Air Force Base (Ohio), Air Force Human Resources Laboratory, 1981, p. 243; M. E. Rench et S. Johnson, « Cost Benefit Analysis: Cost Benefit Analysis for Human Effectiveness Research: Distributed Mission Training-Aircrew », HSIAC-TR-2001-016, Wright-Patterson Air Force Base (Ohio), HSIAC Program Office, 2001.
13. Canada, Ministère de la Défense nationale (MDN), *Manuel des coûts standard*, AF 2015-2016, Ottawa, MDN, 2015.
14. Canada, MDN, *Manuel des coûts standard*, AF 2014-2015, Ottawa, MDN, 2014.
15. A. Ghanmi, M. Rempel, A. Sokri, B. Solomon et V. Ghergari, « Cadre sur les risques liés aux coûts », Ottawa, Recherche et développement pour la défense Canada et Directeur – Service d'établissement des coûts, SMA(Fin SM), 2014, p. 121.
16. J. E. Orlansky, H. L. Taylor, D. B. Levine et J. G. Honig, « The Cost and Effectiveness of the Multi-Service Distributed Training Testbed (MDT2) for Training Close Air Support », Alexandria (Virginie), Institute for Defense Analyses, 1997, p. 68.
17. M. Glustein, Q. Graham, B. Jones, I. Lewis et P. J. Child and Associates, « Final Report on NDHQ Program Evaluation E3/94 – The Use of Simulation in Training », Ottawa, Chef – Services d'examen, 1996.
18. É.-U., General Accountability Office, « Army and Marine Corps Training: Better Performance and Cost Data Needed to More Fully Assess Simulation-Based Efforts », Washington (D.C.), General Accountability Office, 2013; J. E. Morrison, F. L. Moses, J. D. Fletcher, E. J. Roberts et K. A. Quinkert, « A Cost-Benefit Analysis Applied to Example Proposals for Army Training and Education Research », Alexandria (Virginie), Institute for Defense Analyses, 2007, p. 89; A. R. Shaffer, « The Value of Modeling and Simulation for the Department of Defense », M&S Journal, automne 2012, p. 2-3; D. R. Worley et coll., « Utility of Modeling and Simulation in the Department of Defense: Initial Data Collection », Alexandria, (VA), Institute for Defense Analyses, 1996, p. 134.



19. D. L. Kirkpatrick, « Techniques for Evaluating Training Programs », *Journal of the American Society of Training Directors*, vol. 13, 1959, p. 3-9; D. L. Kirkpatrick, « Techniques for Evaluating Training Programs », *Training and Development Journal*, vol. 33, n° 6, 1979, p. 78-92.
20. G. Galanis, A. Stephens et P. Temby, « What is Transfer of Training, and What Does it Have to do with Simulators? », dans C. Best, G. Galanis, J. Kerry et R. Sottolare (sous la dir. de), *Fundamental Issues in Defense Training and Simulation*, Surrey (R.-U.), Ashgate, 2013.
21. J. A. Boldovici et E. M. Kolasinski, « How to Make Decisions About the Effectiveness of Device-Based Training: Elaborations on What Everybody Knows », *Military Psychology*, vol. 9, n° 2, 1997, p. 121-135.
22. J. A. Boldovici, D. W. Bessemer et A. E. Bolton, *Elements of Training Evaluation*, Alexandria (Virginie), The U.S. Army Research Institute for the Behavioral and Social Sciences, 2001.
23. Boldovici et coll., *Elements of Training Evaluation*.
24. Orlansky et coll., « The Cost and Effectiveness ».
25. T. Cooley et I. Oswald, « Current Trends in M&S ROI Calculation: An Addendum to Calculating ROI Investment for US DoD M&S », *M&S Journal*, automne 2012, p. 16-18.
26. Canada, MDN, *Manuel des coûts standard, AF 2014-2015*.
27. Calytrix Technologies, « Counting the Costs of Simulation: Measuring What You Are Not Spending », Canberra (Australie), 2012, p. 9.
28. T. Cooley, G. Seavers, S. Gordon, J. Roth et J. Rodriguez, « Calculating Simulation-Based Training Value: Cost Avoidance and Proficiency ». Exposé présenté à l'occasion de l'Interservice / Industry Training Simulation and Education Conference, Orlando (Floride), 2015.
29. Worley et coll., « Utility of Modeling and Simulation ».
30. H. A. Angel et P.G. Vilhena, « Validation of the Leopard Crew Gunnery Training (LCGT) Simulator », Guelph (Ontario), Humansystems Inc., 2002, p. 74.
31. Orlansky et coll., « The Cost and Effectiveness ».
32. M. I. Knapp et J. E. Orlansky, « A Cost Element Structure for Defense Training », Alexandria (Virginie), Institute for Defence Analyses, 1983, p. 85.



33. O. B. Jolley et P. W. Caro, « A Determination of Selected Costs of Flight and Synthetic Flight Training », Fort Rucker (Alabama), Human Resources Research Organization, 1970, p. 45.
34. Canada, Directeur général – Développement de la Force (Air), *Vecteurs de la Force aérienne*.
35. H. K. Weiss, « Systems Analysis Problems of Limited War ». Exposé présenté au Symposium on Deep Submergence Propulsion and Marine Systems, Forest Park (IL), 1966.
36. P. F. Gorman, « The Military Value of Training », Alexandria (Virginie), Institute for Defense Analyses, 1990, p. 72.
37. H. H. Bell et W. L. Waag, « Evaluating the Effectiveness of Flight Simulators for Training Combat Skills: A Review », *The International Journal of Aviation Psychology*, vol. 8, n° 3, 1998, p. 223-242. doi: 10.1207/s15327108ijap0803\_4.
38. P. Crane, R. Robbins et W. Bennett, Using Distributed Simulation to Upgrade Flight Lead Upgrade Training. Exposé présenté à l'Interservice Industry Training, Simulation and Education Conference, Orlando (Floride), 2000; P. M. Crane, S. G. Schifflett et R. L. Oser, « Roadrunner '98: Training Effectiveness in a Distributed Mission Training Exercise », Mesa (Arizona), United States Air Force Research Laboratory, 2000, p. 109; Orlansky et coll., « The Cost and Effectiveness »; B. T. Schreiber, L. J. Rowe et W. Bennett Jr, « Distributed Mission Operations Within-Simulator Training Effectiveness Baseline Study: Participant Utility and Effectiveness Opinions and Ratings », Mesa (Arizona), United States Air Force Research Laboratory, 2006; B. T. Schreiber, L. J. Rowe et W. Bennett Jr, « Distributed Mission Operations Within-Simulator Training Effectiveness Baseline Study: Real-Time and Blind Expert Subjective Assessments of Learning », Mesa (Arizona), United States Air Force Research Laboratory, 2006.
39. S. J. Deitchman, « Preliminary Exploration of the Use of a Warfare Simulation Model to Examine the Value of Military Training », Alexandria (Virginie), Institute for Defense Analyses, 1988, p. 62.
40. J. M. Rolfé et K. J. Staples, *Flight Simulation*, Cambridge (R.-U.), Cambridge University Press, 1986.
41. S. Hart, Analysis of Civil Helicopter Accidents. Exposé présenté à l'HeliExpo '98, Anaheim (CA), 1998; S.P. Rogers et C.N. Asbury, « A Flight Training Simulator For Instructing the Helicopter Autorotation Maneuver », version améliorée, Santa Barbara (CA), NASA-Ames Research Center, 2000, p. 81.
42. J. Drexler, R. Kennedy et L. Malone, « Virtual Environment Sickness and Implications for Training », dans J. Cohn, D. Nicholson et D. Schmorrow (sous la dir. de), *The PSI Handbook of Virtual Environments for Training and Education: Developments for the*



- Military and Beyond, volume 2 : VE Components and Training Technologies, Westport (CT), Praeger Security International, 2009.
43. W. C. Moor et D. H. Andrews, « Benefit-Cost Model for the Evaluation of Simulator-Based Multi-Ship Training Alternatives », Mesa (Arizona), Armstrong Laboratory, 1992, p. 57.
  44. Canada, Directeur de la sécurité des vols, « Rapport annuel de 2014 – Activités de l'autorité des enquêtes sur la navigabilité et du Programme de sécurité des vols », Ottawa, Directeur de la sécurité des vols, 2015, p. 56.
  45. H. D. Marohn, Benefits of Flight Simulation – The Environmentalist's View. Exposé présenté à la Royal Aeronautical Society Spring Convention – Flight Simulation Assessing the Benefits and Economics, 1989; J. M. Rolfe et K. J. Staples, *Flight Simulation*.
  46. W. F. Maroney et B. W. Maroney, « Flight Simulation », dans J. A. Wise, V. D. Hopkin et D. J. Garland (sous la dir. de), *Handbook of Aviation Human Factors*, 2<sup>e</sup> éd., Boca Raton (Floride), CRC Press, 2010.
  47. J. Braddock et R. Chatham, « Report of the Defense Science Board Task Force on Training Superiority & Training Surprise », Washington (D.C.), Defence Science Board, 2001, p. 44; R. Chatham et J. Braddock, *Training for Future Conflicts*, Washington (D.C.), Defence Science Board, 2003, p. 110.
  48. Canada, Industrie Canada, « Politique des retombées industrielles et technologiques : Guide sur la proposition de valeur », 2014.
  49. T. Jenkins, *Le Canada d'abord - Exploiter l'approvisionnement militaire en s'appuyant sur les capacités industrielles clés*, Ottawa, 2013.
  50. Canada, MDN, *Manuel sur l'établissement des coûts* (A-FN-007-000/AF-002), Ottawa, MDN, 2006.
  51. T. Cooley et S. Gordon, « Cost Avoidance for M&S Training Systems: A Subset of Return on Investment », *M&S Journal*, automne, 2012, p. 35-40.
  52. Shaffer, « The Value of Modeling and Simulation ».
  53. M. Grossman, « The Human Capital Model », dans A. J. Cluyer et J. P. Newhouse (sous la dir. de), *Handbook of Health Economics*, vol. 1, Amsterdam, Elsevier Science, 2000.
  54. Moor et Andrews, « Benefit-Cost Model ».



55. Canada, Conseil du Trésor du Canada, « Guide d'analyse coûts-avantages pour le Canada : propositions de réglementation », Ottawa (Ont.), Conseil du Trésor du Canada, 2007, p. 56.
56. C. Rohlfs, R. Sullivan et T. Kniesner, « New Estimates of the Value of a Statistical Life Using Air Bag Regulations as a Quasi-Experiment », *American Economic Journal: Economic Policy*, vol. 7, n° 1, 2015, p. 331-359. doi: 10.1257/pol.20110309; R. Thaler et S. Rosen, « The Value of Saving a Life: Evidence from the Labor Market », dans N. E. Terleckyj (sous la dir. de), *Household Production and Consumption*, Cambridge (MA), National Bureau of Economic Research, 1976, p. 265-302.
57. Canada, Conseil du Trésor du Canada, « Guide d'analyse coûts-avantages pour le Canada : propositions de réglementation ».
58. L. G. Chestnut, D. Mills et R. D. Rowe, « Air Quality Valuation Model Version 3.0 (AQVM 3.0), Report 2: Methodology », Boulder (CO), Stratus Consulting, 1999.
59. S. de Bruyn, M. Korteland, A. Markowska, M. Davidson, F. de Jong, M. Bles et M. Seventer, *Shadow Price Handbook: Valuation and Weighting of Emissions and Environmental Impacts*, Delft (Pays-Bas), CE-Publications, 2010.
60. A. Sokri, « Valuation of Military Training Benefit: A Contingent Valuation Method Approach », Ottawa, Centre d'analyse et de recherche opérationnelle de Recherche et développement pour la défense Canada, 2012, p. 36.
61. Deitchman, « Preliminary Exploration ».
62. Umm-e-Habiba et S. Asghar, *A Survey on Multi-Criteria Decision Making Approaches*. Exposé présenté à l'International Conference on Emerging Technologies, Islamabad, 2009.
63. R. V. Rao, « Introduction to Multiple Attribute Decision-making (MADM) Methods », dans R. V. Rao (sous la dir.), *Decision Making in the Manufacturing Environment: Using Graph Theory and Fuzzy Multiple Attribute Decision Making Methods*, Londres (R.-U.), Springer-Verlag, 2007.
64. Worley et coll., « Utility of Modeling and Simulation ».
65. Allbee et Semple, « Aircrew Training Devices ».
66. Allbee et Semple, « Aircrew Training Devices ».
67. Aegis Technologies, « Metrics for Modeling and Simulation »; Cooley et Oswald, « Current Trends in M&S ROI Calculation »; I. Oswald, T. Cooley, W. Waite, S. Gordon, R. Severinghaus, J. Feinberg et G. Lightner, « Calculating Return on Investment for U.S.



- Department of Defense Modeling and Simulation », *Defense Acquisition Research Journal*, vol. 18, n° 2, 2011, p. 123-143.
68. Cooley et Oswald, « Current Trends in M&S ROI Calculation ».
  69. Allbee et Semple, « Aircrew Training Devices ».
  70. Cooley et Oswald, « Current Trends in M&S ROI Calculation ».
  71. Canada, Directeur – Besoins aérospatiaux, « Projet du Système avancé d’entraînement à distance pour le combat du CF18 (SAEDC) » (Ébauche rév.), Ottawa, Aviation royale canadienne, 2000, p. 79.
  72. S. C. Grant, « Identification and Prioritization of CC-130 Training Device Requirements », Toronto, Recherche et développement pour la défense Canada (RDDC) Toronto, 2006, p. 46.
  73. E. W. Duggan, « Generating Systems Requirements with Facilitated Group Techniques », *Human - Computer Interaction*, vol. 18, 2003, p. 373-394.
  74. R. W. Saaty, « The Analytic Hierarchy Process – What It Is and How It Is Used », *Mathematical Modelling*, vol. 9, n° 3, 1987, p. 161-176.
  75. S. Wesolkowski, N. Francetic, N. Horvath et S. C. Grant, Outline of Multi-Objective Model for Training Device Selection (TraDE). Exposé présenté au cours des délibérations de la 14<sup>e</sup> Conférence internationale sur la gestion et l’établissement du calendrier des projets, Munich (Allemagne), du 30 mars au 2 avril 2014.
  76. S. C. Grant et S. Wesolkowski, *A Multi-Objective Optimization Approach to Selecting Sets of Training Devices*. Exposé présenté au Summer Simulation Multi Conference, Toronto (ON), 2013.
  77. S. Wesolkowski, N. Francetic et S. C. Grant, « TraDE: Training Device Selection via Multi-Objective Optimization ». Exposé présenté au IEEE Congress on Evolutionary Computation, Beijing, Chine, du 6 au 11 juillet 2014); Wesolkowski et coll., « Outline of Multi-Objective Model for Training Device Selection (TraDE) ».
  78. Aegis Technologies, « Metrics for Modeling and Simulation (M&S) Investments ».
  79. Canada, MDN, Vice-chef d’état major de la Défense, DOAD 2010-1, *Gestion de la modélisation et simulation*, Ottawa, vice-chef d’état major de la Défense, 2006.



80. Canada, Aviation royale canadienne, *Royal Canadian Air Force Modeling & Simulation Strategy and Roadmap 2025*, Ottawa, Aviation royale canadienne, 2014.
81. I. Goldberg, « Training Effectiveness and Cost Iterative Technique (TECIT), Volume I: Training Effectiveness Analysis », Alexandria (VA), US Army Research Institute for the Behavioral and Social Sciences, 1988, p. 188; M. Jones, L. E. Bourne et A. F. Healy, « A Compact Mathematical Model for Predicting the Effectiveness of Training », dans A. F. Healy et L. E. Bourne (sous la dir. de), *Training Cognition: Optimizing Efficiency, Durability, and Generalizability*, New York, Psychology Press, 2012, p. 247-266; L. M. Milham, M. B. Carrol, D. L. Jones, S. E. Dean et D. Chang, Cue Fidelity Evaluation: A Requirements-driven Approach to Training Effectiveness Evaluation. Exposé présenté à l'Interservice / Industry Training, Simulation, and Education Conference, Orlando (FL), 2008; A. M. Rose, A. W. Martin et L. G. Yates, « Forecasting Device Effectiveness: Volume III. Analytic Assessment of Device Effectiveness Forecasting Technique », United States Army Research Institute for the Behavioral and Social Sciences, 1985, p. 84.
82. F. A. Muckler et D. L. Finley, « Applying Training System Estimation Models to Army Training Volume 2: An Annotated Bibliography 1970–1990 », Alexandria (VA), Army Research Laboratory, 1994; F. A. Muckler et D. L. Finley, « Applying Training System Estimation Models to Army Training Volume I: Analysis of the Literature », Alexandria (VA), Army Research Laboratory, 1994.





**Gestion des ressources de l'ARC : efficacité et  
efficience du transport aérien stratégique et des  
capacités de recherche et sauvetage**

Ross Fetterly et Christopher Penney

---



# CH11 Table des matières

Introduction .....	320
Principal objectif du présent chapitre .....	320
Caractéristiques distinctives des organisations militaires .....	321
L'ARC et la gestion des ressources de la Force aérienne .....	322
Contingent annuel d'heures de vol de la Force aérienne du Canada.....	325
Composantes fixes et variables de la gestion des ressources au sein de l'ARC.....	329
Facteurs péculniaires ayant une incidence sur les coûts d'exploitation militaires.....	330
Réagir aux changements à long terme des inducteurs de coûts militaires.....	332
Efficience et efficacité de la Défense.....	333
Étude de cas : Le lien entre les heures de vol et le prix du carburant aviation .....	333
Données en bref.....	334
Modèle.....	338
Saisonnalité et différence d'ordre 1 .....	338
Résultats.....	339
CC130H .....	339
CC177.....	340
Discussion.....	341
La solution : modifier les pratiques à moyen et long termes .....	342
Conclusion.....	343
Appendice .....	345
Résultats de l'ARV.....	345
CC130H .....	345
CC177.....	348
Test de causalité à la Granger.....	351
Tests de causalité à la Granger pour le CC130H .....	351
Tests de causalité à la Granger pour le CC177.....	352
Diagnostics pour les ruptures structurales.....	353



Tests d'interférence.....	354
Dépistage des erreurs d'interférence pour le CC130H.....	355
Dépistage des erreurs d'interférence du CC177.....	355
Abréviations .....	356
Notes .....	357
Lectures complémentaires.....	360



## Introduction

Dans une période d'austérité budgétaire, il est primordial que la gestion des ressources soit efficace et efficiente dans toutes les organisations de défense puisque « les contraintes financières et économiques redéfinissent la capacité de l'Organisation du Traité de l'Atlantique Nord (OTAN) à fournir des services de sécurité au cours de la prochaine décennie »<sup>1</sup>. Face aux déficits budgétaires, le gouvernement du Canada et ses alliés en matière de défense ont considérablement réduit leur budget de défense. Bien qu'en général le financement se soit stabilisé, la mesure dans laquelle l'établissement de défense peut s'adapter aux changements majeurs dans les domaines des finances et de la sécurité déterminera le niveau de la capacité militaire utile qui pourra être fournie à l'avenir. Un facteur important de la maximisation des extrants sera la capacité des organisations militaires à établir et à maintenir une vision à long terme.

Bien que les établissements de défense évoluent dans un environnement où des changements fréquents, soudains et irréguliers surviennent, la nature imprévue des conflits émergents « force l'ensemble de l'entreprise de défense à réorienter et à restructurer des institutions, à employer des capacités d'une manière inattendue et à faire face à des défis qui sont fondamentalement différents des défis à relever habituellement qui sont pris en compte dans les calculs de défense »<sup>2</sup>. Malgré que l'environnement de sécurité international soit en constante évolution, les gouvernements ont réduit les budgets de défense en raison des déficits qui s'accumulent d'année en année. La principale différence entre la transformation militaire de 2017, la révolution militaire technique des années 1980, la révolution des affaires militaires des années 1990<sup>3</sup> et la transformation militaire au tournant du siècle est que les premières transformations portaient sur les percées quant aux technologies militaires et la combinaison de ces technologies, des doctrines et des organisations militaires pour « modifier la façon dont les guerres étaient menées »<sup>4</sup> tandis qu'aujourd'hui, la transformation imposée par les restrictions budgétaires est axée sur la gestion efficace et efficiente des ressources de défense.

## Principal objectif du présent chapitre

Le principal objectif du chapitre est d'examiner les caractéristiques distinctives de la gestion des ressources dans une organisation de la Force aérienne. Étant donné que l'Aviation royale canadienne (ARC) doit trouver un équilibre entre la disponibilité opérationnelle, l'adaptabilité et la nécessité prépondérante en matière d'efficacité militaire avec les contraintes budgétaires, il est primordial de mettre l'accent sur l'efficacité des opérations et de l'affectation des ressources. La problématique dans le monde de la défense est que l'efficacité et l'efficacité militaires peuvent être touchées différemment, selon les circonstances. De plus, l'importance relative de ces deux variables peut également varier selon les circonstances. La démarche utilisée dans le présent chapitre est unique puisqu'il offre une perspective militaire interne quant au processus décisionnel et l'affectation des ressources au sein de l'ARC.

Comme la fonction publique (particulièrement la Défense nationale) n'est pas assujettie aux pressions concurrentielles du marché, il est difficile d'assurer une gestion efficiente des ressources de défense. Les difficultés comprennent la définition et la mesure de l'efficacité et l'efficacité ainsi que l'explication des facteurs déterminants de l'efficacité et l'efficacité des dépenses publiques<sup>5</sup>. De ce point de



vue, il est donc nécessaire d'améliorer la sensibilisation aux décisions économiques militaires à l'échelle institutionnelle. Conséquemment, il est primordial d'effectuer une analyse appropriée et de choisir des options adéquates aux fins de comparaison et ainsi être en mesure de déterminer l'utilisation la plus efficiente des ressources militaires<sup>6</sup>. L'amélioration des processus et des procédures de la Défense visant à trouver les façons les plus efficaces d'affecter les ressources devra donc être un aspect fondamental de la gestion des ressources dans l'environnement de sécurité actuel. Cela signifie qu'il faut mettre davantage l'accent sur les liens entre les intrants, les extrants et les résultats (ou la gestion des ressources de défense). Le présent chapitre comprend d'ailleurs des renvois à des ouvrages de référence dans le domaine.

Le chapitre est organisé comme suit : La première section décrit les caractéristiques distinctives des organisations militaires ainsi que le processus d'affectation des ressources dans l'ARC, des capacités de la Force aérienne aux allocations budgétaires directes de la Force aérienne. La deuxième section explique comment l'ARC répartit les heures de vol au cours d'une année financière, entre la mise sur pied de la force (MPF) et l'emploi de la force (EF). La troisième section porte sur les coûts fixes et variables, et illustre la flexibilité limitée en cours d'exercice de la Force aérienne pour composer avec les augmentations de prix considérables ainsi que d'autres facteurs financiers qui ont une incidence sur les coûts d'exploitation militaires. La quatrième section explique comment les organisations de défense réagissent à l'évolution des inducteurs de coûts dans le domaine de la défense. La cinquième section présente une étude de cas qui compare les heures de vol et le coût du carburant pour un Hercules CC130H et un Globemaster III CC177. La sixième section expose deux stratégies appliquées par l'ARC pour maximiser l'utilisation des intrants. Enfin, le chapitre se termine par une conclusion.

## Caractéristiques distinctives des organisations militaires

Les forces militaires fournissent aux gouvernements plusieurs capacités, notamment le soutien des autorités civiles à la suite d'une catastrophe naturelle, le soutien des pays outre-mer à la suite d'un tremblement de terre ou d'un tsunami en offrant de l'eau potable, en construisant des écoles, des routes et des ponts ainsi qu'en déployant des hôpitaux de campagne, l'adhésion à des coalitions multinationales et l'engagement dans des opérations de combat. Bien que des entreprises et organisations civiles spécialisées puissent être plus efficaces pour effectuer certaines de ces tâches, elles n'ont pas toutes les capacités des forces militaires. De plus, les organisations militaires peuvent déployer un grand nombre de personnes rapidement et sont autosuffisantes en territoire étranger.

L'environnement dans lequel les ressources de défense sont gérées est très différent de celui du secteur privé. Dans le secteur privé, les coûts d'exploitation sont un facteur déterminant dans les décisions relatives à la réparation ou au remplacement de l'équipement, et l'innovation continue permet de proposer des options à moindre coût ou des méthodes moins coûteuses pour offrir les produits et services. Ce processus est axé sur les signaux de prix du marché, ce qui entraîne généralement une réaffectation efficiente des ressources. Dans le domaine de la défense, les organisations militaires sont limitées par la disponibilité du personnel et des plateformes ainsi que la nature urgente des opérations. De plus, le mécanisme des prix n'est habituellement pas accessible pour assurer l'affectation efficiente des ressources. En ce qui concerne les capacités de recherche et sauvetage ainsi que de transport aérien militaire, il s'agit



de fonctions spécialisées assumées par la Force aérienne du Canada. Cela illustre bien les demandes conflictuelles liées à l'efficacité militaire comparativement à l'efficacité économique. Elles sont d'ailleurs communes à tous les pays et peuvent entraîner un manque d'options à court terme pour les capacités militaires existantes fournies grâce à l'équipement de défense et les systèmes d'armes actuels.

Les organisations de défense sont potentiellement assujetties à l'inefficacité économique inhérente au gouvernement. En ce qui concerne l'affectation des ressources dans la fonction publique, il est impossible d'obtenir les résultats efficaces du marché libre en raison de l'absence de prix et du souci de la rentabilité. Selon les prévisions obtenues au moyen des modèles sur la théorie des choix politiques, les bureaucrates cherchent plutôt à dépenser les budgets et tentent d'obtenir toujours davantage de ressources, ce qui peut contribuer à l'inefficacité du processus<sup>7</sup>. Le profil de menace stratégique international actuel est différent de celui du possible conflit entre les signataires du Pacte de Varsovie et l'OTAN ainsi que de la confrontation nucléaire qui régnait pendant la Guerre froide. Le profil est maintenant caractérisé par les conflits internes qui sévissent dans les pays, les actes de terrorisme commis par des groupes subétatiques, les États voyous et les conflits visant les ressources et les terres. En 2017, on constate clairement les conséquences des forces militaires occidentales puisque « l'actualisation violente prolongée des conflits »<sup>8</sup> est devenue la norme. Le Canada participe activement à la coalition internationale contre l'État islamique en Iraq et au Levant dans la République d'Iraq, par l'intermédiaire de l'opération IMPACT, ainsi qu'en Europe centrale et de l'Est, en appui aux mesures d'assurance de l'OTAN dans le cadre de l'opération REASSURANCE<sup>9</sup>. L'incidence du spectre de menaces élargi sur les forces de défense est une demande accrue pour l'utilisation des ressources de défense pour réagir aux diverses menaces. Dans une période de restrictions budgétaires, cette situation impose des difficultés considérables aux gouvernements et aux planificateurs de la Défense.

Tandis qu'auparavant le différentiateur des opérations militaires pouvait être mesuré (en termes d'échelle et d'efficacité), celui d'aujourd'hui est plutôt axé sur l'agilité et la capacité à créer un effet militaire approprié. La Force aérienne du Canada, comme toute autre organisation militaire, peut être considérée comme un système à plusieurs facettes qui convertit les intrants de ressource en forces disponibles sur le plan opérationnel. Étant donné que cette transformation déclenche un ensemble d'interactions parmi les intrants, dont bon nombre peuvent être non linéaires, l'extrait peut sembler, parfois, aléatoire et inattendu<sup>10</sup>. La complexité est amplifiée par la nature dynamique du système, les incontournables percées technologiques, la constante évolution de l'environnement stratégique international, la nécessité d'adapter les concepts opérationnels à cet environnement et d'autres facteurs plus abstraits comme le leadership. Une fois combinés, ils transforment les forces militaires au fil du temps.

## L'ARC et la gestion des ressources de la Force aérienne

Le défi à long terme pour le budget de l'ARC est que, malgré que la flexibilité soit minimale pour l'année financière actuelle, les décisions à court terme au sujet des activités ou des programmes peuvent avoir une grande incidence sur les prochaines années financières. Conséquemment, il faut établir une stratégie de gestion des ressources pluriannuelle, selon laquelle le gouvernement n'intègre pas explicitement l'asymétrie temporelle entre le ministère de la Défense nationale (MDN) (qui gère le budget discrétionnaire et les mises de fonds les plus élevés) et les autres ministères (qui mettent l'accent sur les



paiements de transfert et les activités récurrentes). Au ministère de la Défense nationale, on effectue la planification à moyen terme au moyen d'un processus de planification des activités structuré et exhaustif.

Dans l'ARC, la fonction économique (mandats et priorités découlant de la politique de défense) demeure habituellement la même : les missions peuvent être modifiées selon l'orientation du gouvernement, les contraintes augmentent, les prix de la main-d'œuvre relatifs et le capital sont axés sur la demande (comme les missions de recherche et sauvetage ou les missions de transport aérien stratégique qui découlaient des besoins opérationnels). Les contraintes sont traitées au moyen de solutions ingénieuses et d'une réaffectation interne au sein de l'ARC et du ministère de la Défense nationale.

La planification des activités et l'affectation des ressources au sein de la Force aérienne du Canada sont déterminées en utilisant le processus de gestion globale des ressources aériennes (GGRA). La GGRA, qui repose sur les réalités budgétaires, est le processus servant à colliger les besoins des utilisateurs et à les pondérer au regard de la capacité, d'établir un ordre de priorité, d'allouer des ressources suffisantes et de produire une planification et une utilisation à long terme des capacités aérospatiales au sein de l'ARC tout en offrant une visibilité aux commandants pris en charge<sup>11</sup>. Le principal inducteur de coût de l'ARC, ainsi que le fondement des plans d'instruction et d'opération de la Force aérienne pour une année financière, est le contingent annuel d'heures de vol (CAHV). Le défi unique que doit relever la Force aérienne est que, malgré que l'environnement fiscal ait totalement changé, les missions principales et l'orientation à long terme de la Force aérienne sont demeurées essentiellement les mêmes. Étant donné que les coûts de base et les coûts d'exploitation de l'équipement, les priorités de financement restent axées sur les opérations et les opérations d'appui. Par contre, cela peut changer en fonction de la politique gouvernementale ou des modifications apportées aux priorités en matière d'affectation des ressources.

Éléments de capacité de la Force aérienne	Financement
SMA(Mat) – Approvisionnement national	1,107 M\$
Solde de la Force régulière	1,286 M\$
Allocation de fonds pour l'ARC	961 M\$
SMA(IE)	196 M\$
<b>Financement total pour les capacités de la Force aérienne</b>	<b>3,550 M\$</b>

**Tableau 1. Financement des capacités de l'ARC pour l'AF 2016-2017**

Les ressources affectées pour financer la capacité de l'ARC au cours de l'AF 2016-2017 sont énumérées dans le tableau 1<sup>12</sup> et proviennent de l'allocation de 3,550 M\$ du MDN. Ce financement représente une combinaison des leviers de dépense fixes et pluriannuels de la Force aérienne. La capacité de la Force aérienne peut être définie comme étant « la puissance pour atteindre un effet opérationnel visé »<sup>13</sup>. Le premier élément de la capacité de l'ARC est un montant de 1,107 M\$ pour l'acquisition



des pièces de rechange des aéronefs et les marchés d'entretien de la flotte. Il est alloué au sous-ministre adjoint (Matériels) [SMA(Mat)]. Le deuxième élément de la capacité de l'ARC est alloué au Chef du personnel militaire (CPM), afin de financer la solde et les avantages sociaux du personnel de la Force régulière (1,286 M\$). Le troisième élément est un montant de 961 M\$, alloué directement à la Force aérienne afin qu'elle puisse gérer ses bases (escadres), financer l'instruction et mener des opérations. Le dernier élément de la capacité de l'ARC (196 M\$) est alloué au sous-ministre adjoint (Infrastructure et environnement) [SMA(IE)].

Les éléments de l'allocation budgétaire de l'ARC de 961 M\$ pour l'AF 2016-2017 sont indiqués dans le tableau 2<sup>14</sup>. Cette allocation est composée des montants suivants : 45 M\$ pour les biens d'équipement mineurs; 79 M\$ pour la solde et les indemnités de la Réserve; 79 M\$ pour le salaire du personnel civil; 84 M\$ pour le soutien de l'instruction en vol à forfait, qui comprend la formation élémentaire au pilotage ainsi que les programmes d'instruction pour les pilotes d'hélicoptères et d'aéronefs multi-moteurs offerts au Southport Aerospace Centre (Manitoba); marché de 46 M\$ pour la gestion de la 5<sup>e</sup> Escadre Goose Bay; marché de 158 M\$ pour gérer le marché pour l'instruction en vol de l'OTAN au Canada à la 15<sup>e</sup> Escadre Moose Jaw; 470 M\$ alloué aux opérations et à l'entretien. Cette allocation budgétaire en cours d'exercice a une flexibilité à court terme limitée. L'instruction en vol est fournie au moyen de marchés pluriannuels, tout comme le marché visant la gestion de la 5<sup>e</sup> Escadre Goose Bay. Le nombre d'employés civils et de réservistes sur les bases est déterminé par les besoins opérationnels et d'appui. La réduction des niveaux de dotation sur les bases a commencé en 2010-2011, lorsque le budget opérationnel a été gelé, et s'est poursuivie jusqu'au récent plan d'action pour la réduction du déficit (PARD) du gouvernement canadien, qui avait pour but de réduire le déficit du budget fédéral<sup>15</sup>.

Catégories de dépenses	Financement
Immobilisations mineures	45 M\$
Solde et indemnités de la Réserve	79 M\$
Salaire du personnel civil	79 M\$
Soutien de l'instruction en vol à forfait	84 M\$
Marché pour la 5 <sup>e</sup> Escadre Goose Bay	46 M\$
Marché pour l'instruction en vol de l'OTAN au Canada	158 M\$
Opérations et entretien de la Force aérienne	470 M\$
<b>Allocation totale de fonds pour la Force aérienne</b>	<b>961 M\$</b>

Tableau 2. Allocation de fonds pour l'ARC pour l'AF 2016-2017

La flexibilité en cours d'exercice dont dispose l'ARC est de 470 M\$ pour l'AF 2016-2017 est illustrée au tableau 3<sup>16</sup>. Elle représente environ 13 % des fonds alloués à la capacité de la Force aérienne par le MDN. Cette allocation est composée de 57 M\$ pour les déplacements administratifs, opérationnels





et pour l'instruction, de 19 M\$ pour la machinerie, de 59 M\$ pour les fournitures, de 13 M\$ pour les réparations, de 11 M\$ pour les locations, de 88 M\$ pour les services et de 5 M\$ pour les communications. L'élément clé des dépenses directes de l'ARC est le carburant aviation. Ce financement est divisé comme suit : 132 M\$ pour la MPF et 86 M\$ pour l'EF. La MPF est le fondement des activités de l'ARC et consiste en la formation d'équipages (pilotes, officiers de systèmes de combat aérien, mécaniciens de bord, chefs arrimeurs et autres), ainsi qu'en l'intégration et le maintien en puissance des capacités. L'EF fait référence à l'emploi des aéronefs de la Force aérienne du Canada dans le cadre des opérations. Au cours des années financières précédentes, les réductions budgétaires imposées à la Force aérienne, découlant de l'examen stratégique et du PARD fédéral, avaient pour but de préserver le budget de carburant aviation et de réduire les dépenses dans des catégories comme la solde des réservistes et le salaire des employés civils, les déplacements, l'entretien et la passation de marchés. Conséquemment, la future flexibilité dans ces catégories est maintenant limitée. Les niveaux de financement actuels restreindront la capacité de l'ARC à moyen et long termes. Si cet environnement où les ressources sont limitées persiste, la Force aérienne aura de la difficulté à maintenir ses niveaux opérationnels actuels.

Catégories de dépenses	Financement
Administration, opérations et déplacement pour instruction	57 M\$
Machinerie	19 M\$
Fournitures	59 M\$
Réparations	13 M\$
Locations	11 M\$
Services	88 M\$
Communications	5 M\$
Carburant aviation (MPF)	132 M\$
Carburant aviation (EF)	86 M\$
<b>Flexibilité en cours d'exercice de la Force aérienne du Canada</b>	<b>470 M\$</b>

Tableau 3. Flexibilité en cours d'exercice de l'ARC pour l'AF 2016-2017

## Contingent annuel d'heures de vol de la Force aérienne du Canada

Le contingent annuel d'heures de vol (CAHV) de chaque flotte est suivi de près et est constitué de deux éléments principaux : la MPF et l'EF. Il existe un lien entre la MPF et l'EF en raison des missions qui combinent leurs objectifs respectifs. Cette relation est illustrée à la figure 4. Lorsque la Force aérienne du Canada passe de la MPF à l'EF, les niveaux de disponibilité opérationnelle augmentent.

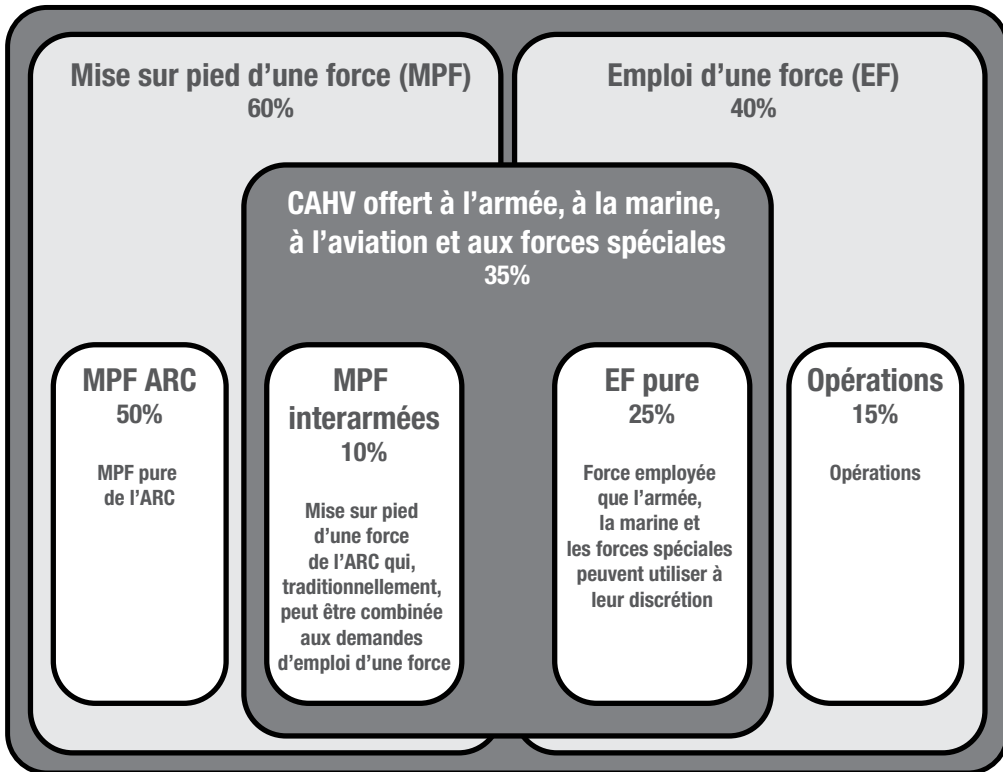


Figure 1. Répartition simplifiée du CAHV (distribution approximative)

Le plan annuel de CAHV pour les 16 flottes est établi au moyen du processus de GGRA, et respecte généralement la répartition des ressources indiquée à la figure 1. Bien qu'il ne s'agisse que d'une ligne directrice de planification, la répartition réelle des ressources peut varier chaque année, en fonction des exigences de formation ou des demandes opérationnelles. Une importance primordiale est accordée aux heures de vol pour la MPF. Les heures pour la MPF assurent l'avenir de la force. Ces heures de vol servent à former et à perfectionner des pilotes et des membres d'équipage afin de leur permettre d'obtenir et de maintenir leurs qualifications, mais aussi de les améliorer afin de réussir à obtenir des postes comme commandant d'aéronef. L'EF peut également entraîner un besoin supplémentaire de MPF, lorsque les pilotes déployés reviennent au Canada et doivent réacquérir les qualifications qui ne leur ont pas servi durant les déploiements à l'étranger prolongés.



Le maintien des niveaux de qualification de pilote figure parmi les principaux objectifs des heures pour la MPF. Les niveaux institutionnels des membres d'équipage qualifiés ne peuvent qu'augmenter ou baisser à un rythme relativement lent; par conséquent, la capacité institutionnelle des membres d'équipage de la Force aérienne peut prendre bien des années à baisser. En revanche, la capacité de récupération est une activité à moyen terme. Durant les récents exercices, une corrélation a été constatée entre la réduction du nombre d'heures de vol et la baisse des niveaux d'expérience. D'ailleurs, la nature périssable des compétences avancées des membres d'équipage devient un défi de plus en plus grand. Un des objectifs principaux de l'exercice 2016-2017 est donc la formation et le perfectionnement des nouveaux membres d'équipage et des techniciens.

L'EF soutient la force actuelle. L'EF, déterminé au moyen du processus de GGRA, représente environ 25 % du CAHV. Il s'agit d'un processus du ministère et des FAC dirigé par l'État-major interarmées stratégique (EMIS), qui conçoit un plan d'EF pour le prochain exercice dans lequel les priorités sont établies et les heures disponibles sont réparties à la marine, à l'armée, à l'aviation et aux forces spéciales.

Pour maximiser les résultats, environ 10 % des heures de vol annuelles sont attribuées à la MPF *interarmées*, ce qui sert à la fois aux objectifs d'entraînement de l'ARC et à ceux de la marine, de l'armée et des forces spéciales. Durant certaines missions, la Force aérienne a la flexibilité d'utiliser des heures de MPF durant les formations afin d'accomplir simultanément des tâches d'EF. Finalement, les opérations représentent généralement 15 % des heures de vol annuelles. Les heures réservées aux missions de MPF peuvent également servir pour préparer les équipages aux déploiements. Les heures d'EF pour les opérations, selon les circonstances, peuvent dépasser le CAHV prévu; cette situation peut se produire lorsque certaines flottes, comme celle des chasseurs CF18 ou des avions de transport stratégique CC177, utilisent un nombre considérable d'heures de vol imprévues durant des opérations expéditionnaires dirigées par le gouvernement, durant un exercice.

Les activités du programme théorique de l'ARC illustrées à la figure 2 confirment la nature fondamentale des activités du programme de la Force aérienne, et mettent en évidence la flexibilité inhérente de la formation et des opérations de l'aviation tout en liant étroitement la capacité et la disponibilité opérationnelle. Les organisations de la Force aérienne préfèrent souvent la MPF à l'EF, lorsque les exigences opérationnelles le permettent, car la MPF est un prérequis de l'EF. L'objectif de cette approche consiste à assurer le maintien des capacités actuelles. Annuellement, la formation de nouveaux pilotes et l'intégration des membres d'équipage aux escadrons opérationnels, ainsi que le maintien des capacités, demeurent les fondements des capacités ultérieures. Cette perspective crée une communauté de pratique tout en améliorant la formation et le perfectionnement des jeunes membres d'équipage et des techniciens. Cet aspect est particulièrement important au sein d'une organisation qui doit recruter à l'interne pour remplacer le personnel qui quitte la Force aérienne afin de poursuivre une carrière dans l'industrie de l'aviation civile.

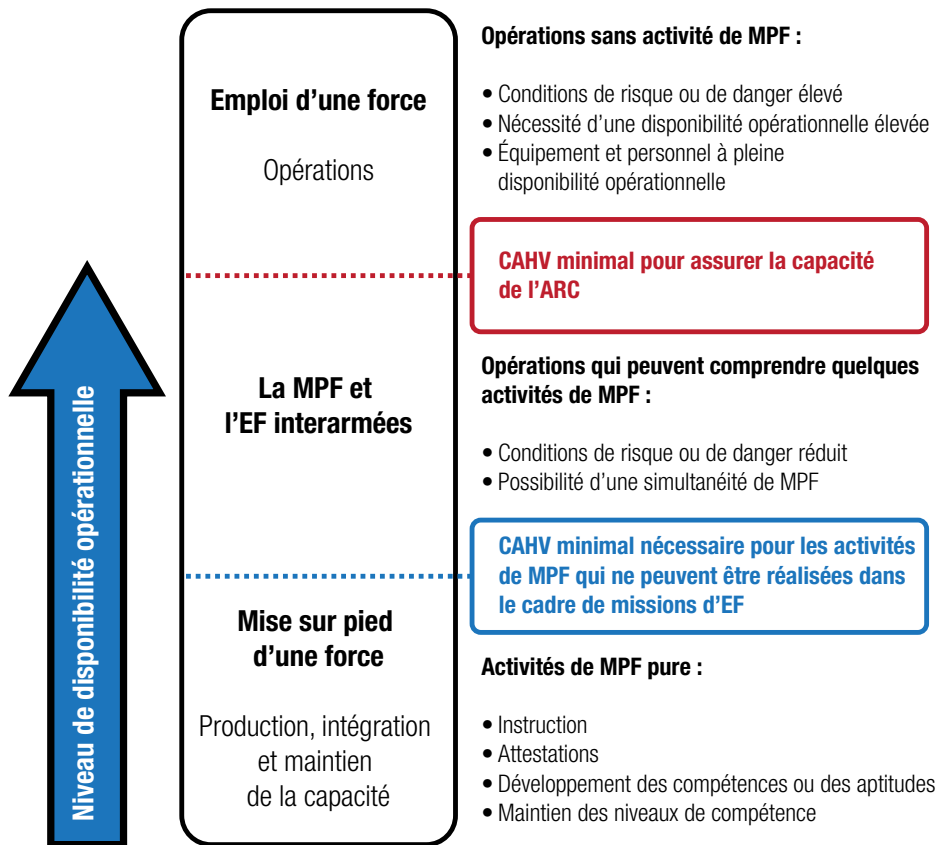


Figure 2. Activités du programme théorique de l'ARC

La disponibilité opérationnelle demeure un objectif continu pour une organisation qui assure les capacités de la Force aérienne d'un gouvernement. En effet, puisque l'ARC a soutenu simultanément plusieurs missions outre-mer en 2017, le concept de disponibilité opérationnelle de la Force aérienne est une question très récente. Le défi provient du fait que les gouvernements doivent décider s'ils attribuent des ressources pour maximiser la capacité immédiate ou s'ils attribuent des ressources à long terme pour augmenter la capacité<sup>17</sup>. Ce choix nécessite implicitement une substitution intertemporelle : les planificateurs de la défense doivent choisir un taux de MPF afin d'obtenir le niveau souhaité d'EF à l'avenir. Le maintien d'une disponibilité opérationnelle continue demande une quantité considérable de ressources militaires. Le maintien de la disponibilité opérationnelle sur une longue période, bien que peut-être efficace d'un point de vue militaire, coûte cher. Puisque les dépenses militaires sont fongibles et proviennent en grande partie d'un budget annuel fixe, les sommes consacrées à la disponibilité opérationnelle peuvent réduire les allocations pour l'entretien des infrastructures ou pour l'acquisition de biens d'équipement. À un certain moment, le maintien des niveaux élevés de disponibilité opérationnelle peut compromettre les capacités militaires futures.

## Composantes fixes et variables de la gestion des ressources au sein de l'ARC

La figure 3 illustre sommairement les facteurs ayant une incidence sur le CAHV et met en lumière les composantes fixes qui déterminent les coûts associés aux heures de vol à long terme. Comme la politique gouvernementale oriente les décisions relatives à la structure de la force, les coûts fixes à long terme relatifs à l'infrastructure découlant de cette politique dépendent du nombre de bases aériennes dans l'ensemble du Canada. Les coûts liés à l'entretien et à la réparation des bâtiments, les employés civils travaillant sur les bases et les coûts d'exploitation courants des installations limitent la flexibilité à court terme de la Force aérienne. De la même façon, la deuxième composante de la capacité de la Force aérienne est le nombre d'aéronefs en service dans les flottes, la quantité d'aéronefs dans chaque flotte et l'âge de chaque flotte. Elle limite encore davantage la flexibilité ainsi que la possibilité, pour le MDN et la Force aérienne, d'évoluer au même rythme auquel évolue l'environnement de sécurité international. Cela fait en sorte que les équipages doivent voler avec ces aéronefs et que le personnel d'entretien doit réparer et entretenir ces aéronefs. Les coûts fixes à moyen terme encourus pour appuyer la Force aérienne sont aussi assumés par l'organisation du SMA(Mat), qui traite les services contractuels, les cycles des gros travaux d'entretien et les mises à niveau en milieu de vie.

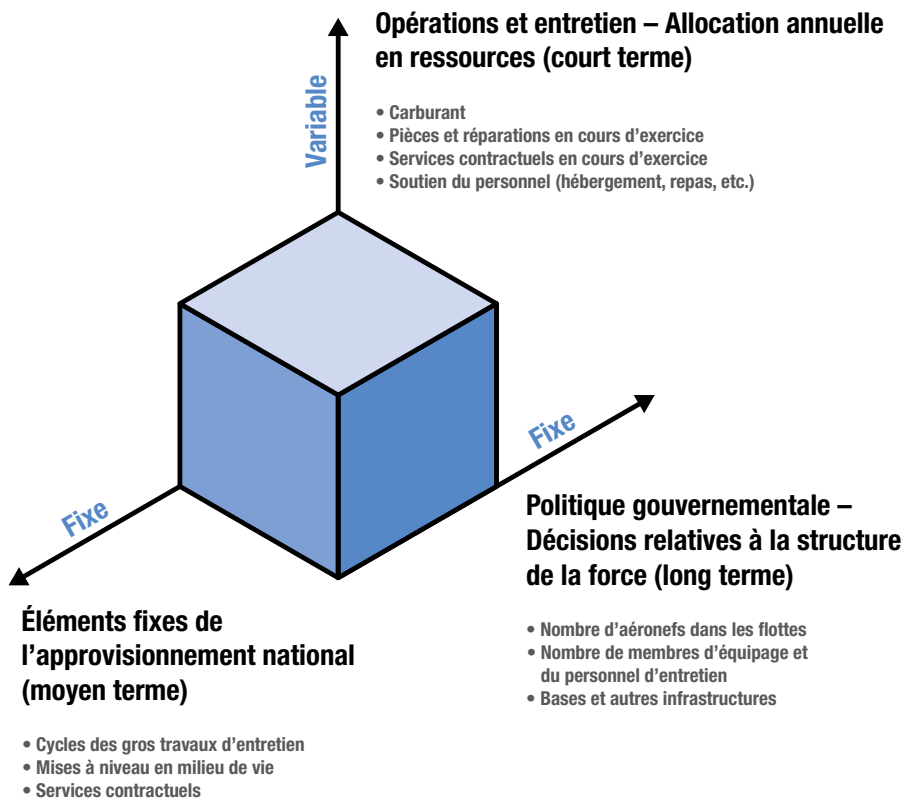


Figure 3. Facteurs ayant une incidence sur la disponibilité du CAHV



Pour exploiter une force aérienne au Canada, un pays qui a une très grande superficie et dont la population est géographiquement très dispersée, il est nécessaire d'avoir une structure de bases et l'infrastructure afférente pour appuyer l'instruction et les opérations de cette force. Les tableaux 1 et 2 illustrent les principaux éléments fixes. Même en ce qui concerne les coûts variables à court terme (notamment les pièces et les réparations en cours d'exercice, les services contractuels et le carburant), les décisions prises en cours d'exercice peuvent avoir des répercussions sur les années financières subséquentes. Par exemple, si des cours sont annulés en raison d'un manque de fonds, cela pourrait avoir des conséquences sur la disponibilité des membres d'équipage deux ou trois années plus tard.

La planification des exercices futurs repose sur les affectations théoriques pour les cinq prochaines années financières, fournies par le vice-chef d'état-major de la défense (VCEMD). Les planificateurs des activités utilisent les affectations théoriques de la prochaine année financière comme point de départ puis déterminent les manques de fonds possibles. Le plan d'activités de l'ARC pour la prochaine année financière comprend une description détaillée de la situation financière. On y fait un compte rendu explicite des manques de fonds, par catégorie d'activité, et on y explique les conséquences possibles si on n'obtient pas de financement supplémentaire pour combler les manques. Essentiellement, le plan d'activités de l'ARC constitue une actualisation de la prochaine année financière et des trois subséquentes. Cela permet d'apporter des modifications à la lumière des circonstances ou des demandes au moyen d'une réaffectation des ressources ainsi que des modifications à l'instruction ou au CAHV. Bien que l'ARC évolue dans un environnement empreint de contraintes financières, seul un financement limité sera fourni par le Comité de gestion des investissements et des ressources. Les heures de vol relatives à l'EF pour une année financière donnée sont établies selon la production prévue de pilotes, les niveaux d'expérience des membres d'équipage et la nécessité de soutenir ou d'augmenter les capacités dans l'ensemble des flottes de la Force aérienne. Bien qu'ils soient limités à court terme par le nombre et le type d'aéronefs, les niveaux d'exploitation des flottes peuvent être ajustés chaque année, dans le cadre du processus de gestion globale des ressources aériennes, afin de tenir compte des changements survenus à l'égard des besoins opérationnels et des demandes relatives à certaines flottes.

## Facteurs pécuniaires ayant une incidence sur les coûts d'exploitation militaires

Les coûts fixes élevés relatifs à la Force aérienne sont également influencés par plusieurs facteurs exogènes, qui suivent l'évolution de l'économie nationale et qui constituent une contrainte pour les dépenses d'exploitation de l'ARC. Ces facteurs comprennent le prix du carburant aviation, le taux de change et l'inflation propre aux biens de la Défense. Les changements devant être apportés aux coûts relatifs à la Force aérienne en raison d'une modification négative en cours d'exercice d'un de ces facteurs sont traités au cas par cas, par l'intermédiaire du processus de gestion budgétaire en cours d'exercice du Ministère. Si aucun financement n'est disponible en cours d'exercice pour concilier les contraintes pécuniaires, les options sont de gérer les flux de trésorerie ou de réduire les budgets de la Force aérienne afin de tenir compte de la diminution du pouvoir d'achat.

Le principal inducteur de coût direct pour l'ARC est le carburant aviation. De 2011-2012 à 2013-2014, le carburant aviation représentait entre 28 % et 30 % du budget de l'ARC<sup>18</sup>. De plus, à l'instar de toute organisation participant au commerce international, le MDN utilise des devises étrangères



pour acheter des biens d'équipement et payer les coûts d'exploitation associés aux opérations effectuées à l'extérieur du Canada. La Force aérienne mène des activités d'EF au pays et à l'échelle internationale. Par conséquent, les taux de change ont une incidence sur le coût des opérations outre-mer de la Force aérienne. En ce qui concerne les taux de change, le MDN utilise une démarche neutre à l'égard des risques, « principalement en raison des contraintes politiques et institutionnelles relatives à la nature des marchés des devises étrangères, qui est généralement perçue comme étant spéculative. Par conséquent (et en raison de la petite assise industrielle du Canada), le MDN est exposé à un risque de change élevé lorsqu'il achète de l'équipement et des fournitures ou qu'il effectue l'entretien de ses aéronefs »<sup>19</sup>. Le MDN dépense un montant considérable en devises étrangères. Le tableau 4 montre le pourcentage dépensé de l'année financière 2002-2003 et l'année financière 2014-2015<sup>20</sup>.

	USD	EUR	GBP	Autre	Total
<b>2002-2003</b>	7,0 %	1,2 %	0,7 %	0,0 %	8,9 %
<b>2003-2004</b>	5,7 %	1,1 %	0,7 %	0,2 %	7,7 %
<b>2004-2005</b>	5,3 %	1,7 %	0,7 %	0,2 %	8,0 %
<b>2005-2006</b>	5,6 %	1,1 %	0,5 %	0,5 %	7,6 %
<b>2006-2007</b>	6,2 %	1,4 %	0,4 %	0,6 %	8,6 %
<b>2007-2008</b>	10,7 %	2,0 %	0,3 %	0,8 %	13,7 %
<b>2008-2009</b>	9,4 %	1,9 %	0,2 %	0,8 %	12,3 %
<b>2009-2010</b>	9,5 %	1,6 %	0,2 %	0,9 %	12,2 %
<b>2010-2011</b>	9,5 %	2,1 %	0,3 %	0,8 %	12,8 %
<b>2011-2012</b>	11,5 %	2,8 %	0,5 %	0,4 %	15,2 %
<b>2012-2013</b>	4,9 %	1,4 %	0,2 %	0,1 %	6,6 %
<b>2013-2014</b>	3,7 %	0,8 %	0,1 %	0,1 %	4,7 %
<b>2014-2015</b>	8,2 %	0,9 %	0,1 %	0,2 %	9,4 %

**Tableau 4. Pourcentage des dépenses en devises étrangères pour le Programme des services de la défense**

Le lien entre le carburant aviation et les taux de change est habituellement à l'absence de parité du pouvoir d'achat à l'étranger pour le carburant aviation, bien que la baisse des prix actuelle allège un peu le fardeau. L'inflation propre aux biens de la Défense a une incidence sur l'achat des pièces de rechange pour les aéronefs militaires auprès du fabricant d'origine ou un fabricant agréé.

Comparativement aux biens de consommation généraux, les ministères de la Défense ne peuvent pas, « dans la plupart des cas, tirer profit d'un marché libre et concurrentiel; il n'existe pas de "marque maison" pour les pièces nécessaires pour réparer des aéronefs militaires »<sup>21</sup> puisqu'il est impossible de substituer des pièces pour celles d'un autre fabricant lorsque les prix augmentent. Le constructeur



d'aéronefs militaires a habituellement le monopole de la vente des pièces en raison de la propriété intellectuelle et des garanties de l'équipement. Par conséquent, il a une grande influence sur le prix des pièces de rechange. Cette caractéristique du marché pour la défense contraste avec ce qu'on voit dans le secteur privé. En ce qui concerne les indices d'inflation, dont l'objectif « est de mettre en relation les changements dans la quantité de ressources achetées ou vendues et le montant dépensé »<sup>22</sup>, les caractéristiques du marché pour la défense font habituellement en sorte que les coûts sont plus élevés que dans le secteur privé.

## Réagir aux changements à long terme des inducteurs de coûts militaires

Dans bon nombre d'organisations, les principales priorités sont souvent à court terme. En comparaison, un des concepts fondamentaux des organisations de défense est qu'elles doivent être simultanément en mesure de fonctionner efficacement dans l'environnement de sécurité actuel et de préparer le fondement des forces militaires pour les 30 prochaines années. Conséquemment, la transformation recherchée peut être arrêtée par les barrières structurales afférentes au contexte militaire. Plus particulièrement, dans une organisation ayant pour mandat de favoriser et d'assurer la continuité, la transformation signifie de promouvoir des changements délibérés dans les façons de raisonner et les méthodes de travail, dans un environnement de sécurité en constante évolution. Compte tenu de « la complexité intrinsèque et des éléments inconnus de la conduite de la guerre, les organisations militaires sont, dans une plus grande mesure que les autres organisations gouvernementales, structurées de sorte à promouvoir la normalisation et la prévisibilité afin de se protéger contre l'incertitude et les conséquences négatives de toute action imprévue et non coordonnée »<sup>23</sup>. De plus, au fur et à mesure que l'environnement externe change, les besoins en équipement changent aussi. L'acquisition de biens d'équipement dans le contexte militaire est complexe en raison du fait que « les contextes économique et opérationnel prévus lors des processus de conception et de décision en matière d'acquisition pourraient être différents lorsque le système est acheté ou mis en service »<sup>24</sup>. Par conséquent, les organisations militaires apportent des changements seulement avec une grande prudence et après une analyse rigoureuse sur plusieurs années financières. En raison du coût élevé des biens d'équipement majeurs dans le domaine de la défense (une fois en service ainsi que lors des mises à niveau en milieu de vie et d'autres modifications technologiques périodiques), cet équipement peut rester en service pendant des décennies, alors que les coûts d'entretien augmentent avec l'âge<sup>25</sup>.

L'établissement de défense d'un pays est unique parmi toutes les organisations publiques de ce pays. Dans la fonction publique, les forces militaires nationales sont différentes de par leur extrant (sécurité) et par le fait qu'elles « doivent prouver leur existence chaque jour dans un marché où les fournitures dont elles ont besoin doivent répondre à une demande »<sup>26</sup>. Dans l'environnement stratégique international actuel, qui peut être décrit comme étant complexe, imprévisible et sujet à des changements aléatoires quant aux menaces, les dirigeants de la Défense doivent continuellement façonner et positionner l'établissement de défense « en fonction de ce qui pourrait arriver »<sup>27</sup>. Ils doivent le faire dans un contexte de grande incertitude, et garder à l'esprit qu'un échec institutionnel peut avoir de graves conséquences pour le pays. Pour être en mesure de s'adapter à un environnement dynamique où les contraintes changent continuellement, la Défense (de par sa nature) est une activité suivant un long cycle. Sur le plan institutionnel, la Défense peut s'ajuster aux variations du système, mais il lui faut





une longue période pour le faire (qui peut se mesurer en années). Il est essentiel de comprendre la dynamique des inducteurs de coûts et la façon dont ils évoluent au fil du temps ainsi que d'établir des stratégies pour traiter l'augmentation des coûts à long terme afin de limiter les contraintes financières.

## Effizienz et efficacité de la Défense

De nature, les organisations militaires coûtent cher : elles emploient un grand nombre de personnes, elles utilisent des technologies avancées et se servent d'un vaste éventail de plateformes de défense. Au cours des dernières années, le concept d'effizienz est devenu de plus en plus important, tant dans la perspective des opérations que celle des coûts. Par contre, historiquement, les gains en effizienz ont été plutôt modestes, principalement en raison des barrières structurales au sein de la Défense : rôle des forces militaires, manque d'incitatifs et hésitation du Parlement à apporter certains changements. En réalité, la nature des opérations militaires « incite les commandants et les gestionnaires à transformer les gains d'effizienz en un meilleur rendement qu'en économies »<sup>28</sup>. Un meilleur rendement fait augmenter l'efficacité des extrants militaires. En effet, il s'agit d'une effizienz de facto, c'est-à-dire qu'elle ne génère pas d'économies.

Dans le cas de l'ARC, les principaux inducteurs de coûts portent sur la production d'extrants : utilisation des aéronefs, consommation de carburant et la conduite de diverses missions. En effet, l'armée, la marine, l'aviation et les forces spéciales sont des mécanismes permettant d'offrir des capacités. Par conséquent, à court terme, elles ont une capacité limitée d'augmenter l'effizienz et doivent mettre considérablement l'accent sur l'efficacité (qui se mesure par la position et la disponibilité opérationnelle de leur force respective). À long terme, les ressources actuelles de l'ARC pourraient être affectées, en partie, à d'autres moyens d'instruction, comme une utilisation accrue des simulateurs. Ce point sera traité plus en détail plus tard dans le chapitre. Bien que les contraintes à court terme n'annulent pas les raisons valides pour chercher à faire des gains d'effizienz dans un environnement où les ressources sont limitées, elles mettent en lumière la nécessité d'établir des incitatifs au sein de la Défense pour changer les pratiques, les procédures et les comportements actuels afin d'augmenter ces gains. Cette stratégie est plutôt appropriée au niveau ministériel, notamment pour le soutien logistique<sup>29</sup>. De plus, l'effizienz de la Défense peut être accrue grâce à la coopération entre les alliés, notamment en réduisant les coûts afférents aux programmes et aux capacités<sup>30</sup>, en mettant l'accent sur la veille stratégique, en ayant du personnel suffisamment compétent dans les rôles clés et en transformant les cultures et les comportements afin de s'adapter aux circonstances contemporaines<sup>31</sup>. Un des principaux incitatifs serait de permettre à la Défense de garder des fonds (en partie ou en totalité) découlant des gains d'effizienz et de les réinvestir dans les principales priorités, comme l'équipement.

## Étude de cas : Le lien entre les heures de vol et le prix du carburant aviation

Dans les sections précédentes du chapitre, nous avons indiqué qu'environ la moitié de l'allocation totale (annuelle) de fonds pour l'ARC était affectée aux opérations et à l'entretien. Environ la moitié de cette affectation est de nature discrétionnaire et assujettie au processus décisionnel en cours d'exercice des planificateurs de la Défense de la Force aérienne. Le budget alloué pour l'année financière 2016-2017 était de 218 M\$ et servait à couvrir les coûts de carburant pour la MPF et l'EF. Les planificateurs de



la Défense ont pour tâche de garder les données relatives au personnel d'opérations et d'entretien à un niveau adéquat, qui s'inscrit dans les contraintes budgétaires. Par contre, les coûts associés au carburant sont volatiles et même une variation relativement petite dans le prix du carburant peut entraîner une différence (négative ou positive) de plusieurs millions de dollars.

Dans la présente étude de cas, nous avons examiné l'hypothèse voulant que les planificateurs de la Défense modifient les activités de MPF et d'EF de sorte à pouvoir traiter avec les variations de coûts inattendus et exogènes, tout en respectant les contraintes budgétaires. Pour ce faire, nous avons préparé un modèle empirique et vérifié s'il y avait un lien entre le prix du carburant et les heures de vol pour différents types de mission.

### Données en bref

La présente analyse repose principalement sur deux sources de données. Premièrement, nous avons obtenu les heures de vol pour le CC130H Hercules (avion de recherche et sauvetage) et pour le CC177 Globemaster III (avion de transport stratégique). Ensuite, nous avons extrait les prix du carburant pour ces aéronefs à partir des dépenses hors base pour le carburant figurant dans les budgets de fonctionnement de fin d'exercice. Chaque série de données couvre la période 2010-2011 à 2013-2014.

Les heures de vol pour chaque type d'aéronef sont divisées selon le type de mission. Le CC130H (avion de recherche et sauvetage) effectue quatre types de missions :

- **Type de mission 1** – *MPF* : entraînement pour les pilotes, les officiers de systèmes de combat aérien, les mécaniciens de bord et les chefs arrimeurs déjà qualifiés en vue de leur qualification en recherche et sauvetage.
- **Type de mission 2** – *MPF* : entraînement en recherche et sauvetage, propre à un escadron, pour les membres d'équipage ainsi que les techniciens en recherche et sauvetage affectés à cet escadron.
- **Type de mission 3** – *EF* : utilisation du CC130H Hercules pour des opérations de recherche et sauvetage.
- **Type de mission 4** – *EF* : opérations de transport aérien par CC130H Hercules (autre que celles de recherche et sauvetage) effectuées par le 424<sup>e</sup> Escadron.

Le CC177 quant à lui effectue trois types de missions :

- **Type de mission 1** – *MPF* : entraînement pour les pilotes déjà qualifiés, à la suite de leur instruction initiale sur l'aéronef (donnée aux États-Unis).
- **Type de mission 2** – *EF* : missions de transport.
- **Type de mission 3** – *EF* : missions de transport habituellement liées aux opérations expéditionnaires.

La ligne entre les missions de MPF et d'EF n'est pas nette. Comme indiqué dans la section intitulée « CAHV de la Force aérienne du Canada », des activités conjointes de MPF/EF sont parfois entreprises.



Aux fins de notre analyse de cas, ces activités seront placées dans la catégorie EF seulement. Autrement dit, les missions de MPF incluent strictement des activités de MPF, alors que les missions d'EF peuvent comprendre certaines activités de MPF.

La figure 4 illustre les heures de vol pour le CC130H et le CC177 pour chaque mois de la période de quatre ans visée par l'étude. Les heures pour le CC130H ont globalement diminué pendant la période de l'étude, quoiqu'on observe une remontée saisonnière puisque les missions de recherche et sauvetage ont principalement lieu pendant l'été. Cette augmentation est précédée d'une augmentation des activités de MPF. De plus, les heures de vol sont habituellement moins élevées en décembre et janvier, notamment en raison de la période des Fêtes (il y a très peu de missions de MPF à la fin et au début de l'année).

Les heures de vol du CC177 sont demeurées relativement stables pendant la période de quatre ans, avec quelques sommets irréguliers. Il n'y a que l'année financière 2011-2012 qui se démarque, avec une augmentation considérable des heures de vol en raison de la participation de la Force aérienne à la mission des FAC en Libye (opération MOBILE). Les aspects saisonniers sont moins évidents, mais tout de même présents : les heures de vol diminuent pendant le temps des Fêtes, tout comme pour le CC130H.

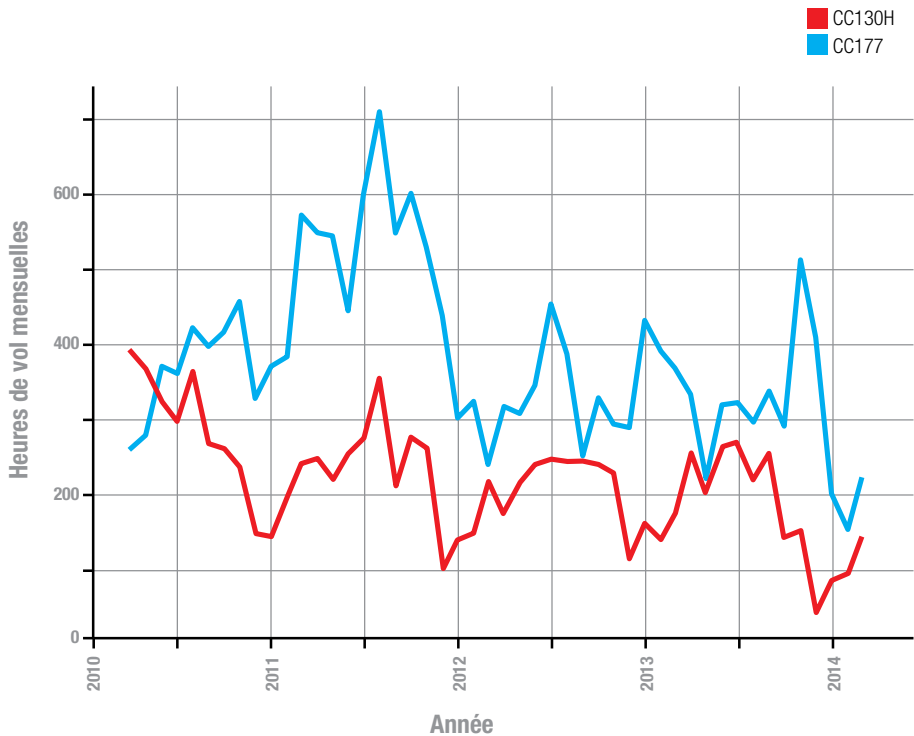


Figure 4. Heures de vol mensuelles pour les flottes de CC130H et de CC177 (2010 à 2014)



Le prix mensuel du carburant pour les deux flottes d'aéronefs est indiqué dans la figure 5. Nous avons aussi inclus une série de prix au comptant du kérosène sur la côte américaine du golfe du Mexique pour démontrer le lien entre les deux séries de prix et le prix exogène du carburant. Les coûts propres aux aéronefs sont calculés selon les prix moyens mensuels réellement facturés par litre de carburant pour chaque flotte. Bien que les deux séries de prix sont en effet hautement liées, il peut y avoir des différences considérables en raison des facteurs géographiques (p. ex., le carburant acheté en région éloignée est habituellement plus cher).

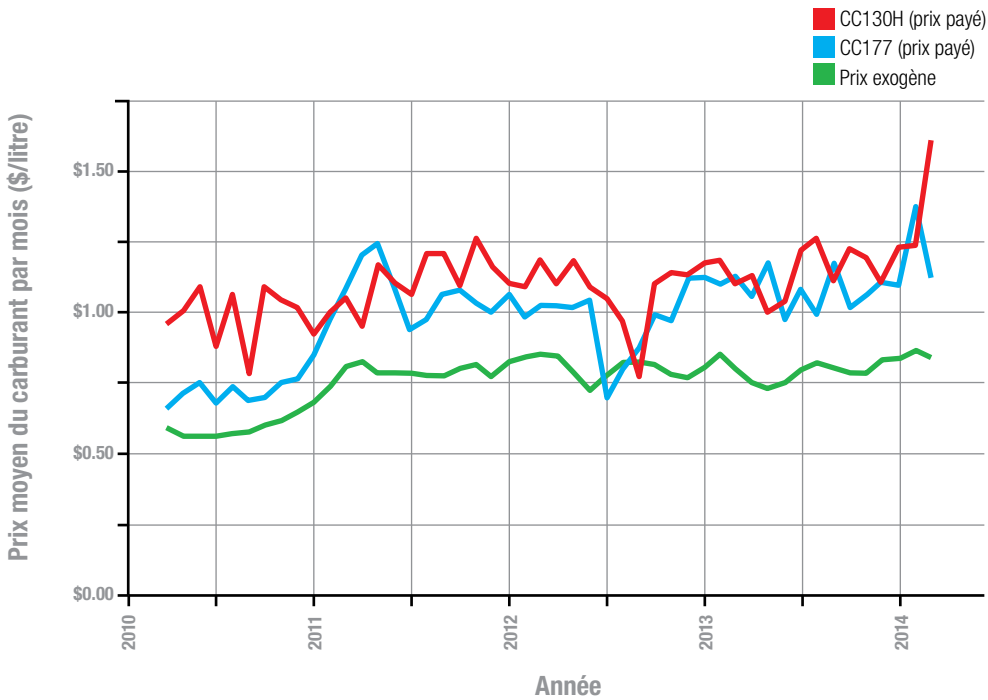


Figure 5. Prix moyens du carburant pour les flottes de CC130H et de CC177 (2010 à 2014)

La figure 6 présente la comparaison directe entre les heures de vol et les prix du carburant, où chaque point correspond à un nombre total d'heures de vol (axe des y) et à un prix moyen du carburant (axe des x) pour un mois donné. Bien que le graphique ne démontre pas un lien évident entre les deux séries, il ne tient pas compte de la dimension temporelle ni des types de missions qui pourraient donner des réponses plus claires quant aux variations du prix du carburant.

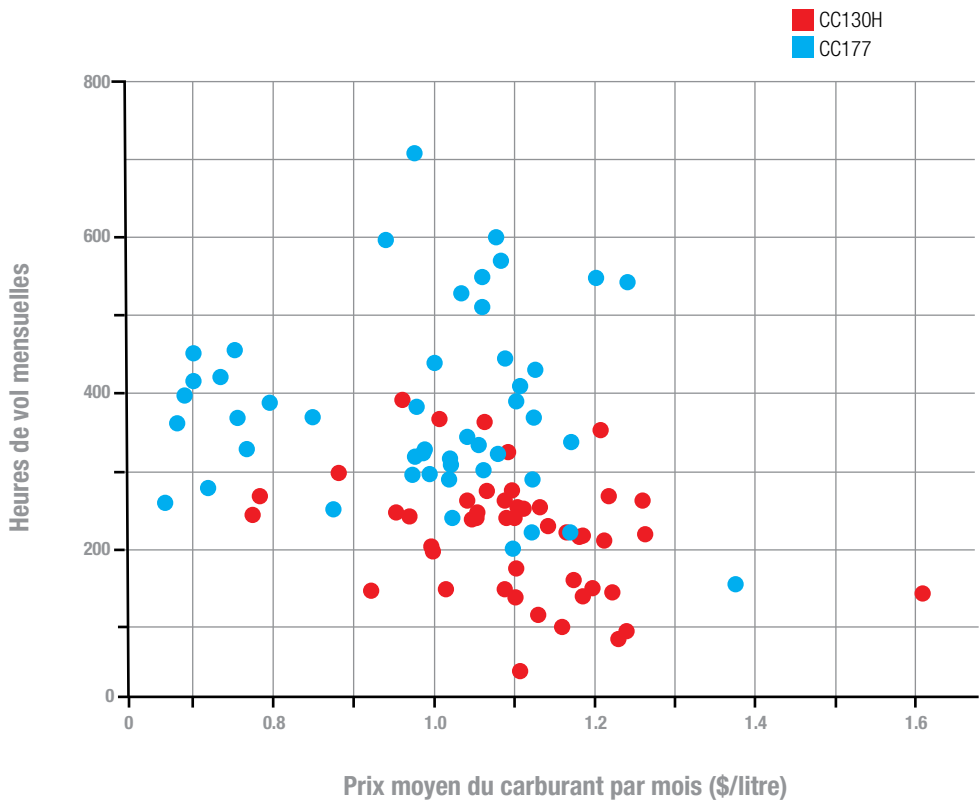


Figure 6. Heures de vol mensuelles et prix du carburant hors base pour les flottes de CC130H et de CC177



## Modèle

Pour vérifier l'hypothèse voulant que les prix du carburant aient une incidence sur les heures de vol, il faut un modèle économétrique. Nous avons donc utilisé les données accessibles pour obtenir des estimations et déterminer si les liens hypothétiques ont une signification statistique. Étant donné que nous travaillons avec des données chronologiques et qu'il y a plusieurs séries dont la structure est incertaine, le type de modèle approprié à notre étude est une autorégression de vecteurs (ARV). Cette dernière peut être utilisée pour déterminer les interdépendances linéaires parmi les variables d'intérêt et pour examiner comment une variable peut en influencer une autre au fil du temps.

Aux fins de l'estimation du modèle, nous avons augmenté le niveau de détail en utilisant une fréquence hebdomadaire pour chaque série de données. De plus, les deux flottes d'aéronefs (CC130H et CC177) sont modélisées séparément afin de présenter les tendances qui leur sont propres. Chaque modèle comprend trois séries de données : une sur les prix du carburant, une sur les heures de vol pour les activités de *MPF* et une sur les activités d'*EF*.

Un modèle d'ARV comprend un ensemble de variables et d'équations, où chaque variable est expliquée par des valeurs retardées (les leurs et celles des autres variables du système). Sur le plan algébrique, la formule est la suivante :

$$x_t = B_0 + B_1 x_{t-1} + \dots + B_k x_{t-k} + u_t$$

où «  $x$  » représente un vecteur de variables, «  $B$  » représente un vecteur de coefficients, «  $t$  » représente un indicateur temporel et «  $k$  » représente le nombre total de retards inclus dans le modèle.

Pour notre analyse, nous avons utilisé les *prix du carburant* ainsi que les *heures de vol pour les activités de MPF et les activités d'EF* comme variables. Dans le modèle d'ARV, cela signifie que nous tenterons d'expliquer chaque variable en tant que fonction de ses valeurs précédentes (p. ex. lier les *heures de vol pour les activités de MPF* de cette semaine à celles de la semaine passée et d'il y a deux semaines) et des valeurs précédentes pour les autres variables (p. ex. lier les *heures de vol* de cette semaine aux *prix du carburant* de la semaine passée).

## Saisonnalité et différence d'ordre 1

À la lumière de la discussion précédente sur les effets de la saisonnalité (c'est-à-dire qu'il n'y a habituellement pas de missions de MPF pendant le temps des Fêtes et que les missions d'EF atteignent un sommet pendant l'été), nous avons tout d'abord déterminé ces effets et les avons retirés de la série de données en utilisant une procédure de décomposition saisonnière<sup>32</sup>. Les hypothèses standard d'ARV doivent aussi être plausibles. De plus, toutes les séries incluses doivent être stationnaires. Pour ce faire, chaque série est représentée en tant que « différence d'ordre 1 », soit l'évolution des valeurs d'une période à l'autre.



## Résultats

Pour évaluer les résultats du modèle, nous avons mis l'accent sur deux méthodes : le test de causalité à la Granger et les fonctions de réponse impulsionnelle<sup>33</sup>. Le test de causalité à la Granger porte sur la capacité prédictive seulement. Il nous permet de déterminer si les séries incluses dans le modèle fournissent de l'information *prédictive* statistiquement significative pour toute autre série (c'est-à-dire si les valeurs précédentes d'une variable donnée sont utiles pour expliquer les observations actuelles et futures relatives à une autre variable)<sup>34</sup>. Il s'agit d'un point de départ raisonnable pour expliquer le lien entre les *prix du carburant* et les *heures de vol*. S'il y a bel et bien un lien et qu'il n'y a pas de facteurs de confusion, un test de causalité à la Granger devrait éliminer toute alternative.

Les liens à court terme entre les variables de l'analyse d'ARV peuvent facilement être interprétés sous forme de *fonctions de réponse impulsionnelles* (FRI). Ces fonctions montrent la réaction des valeurs actuelles et futures de chaque variable à l'égard du changement ponctuel exogène d'une autre variable, en présupant que tout le reste est constant. Par exemple, en utilisant des FRI, nous pouvons observer comment un changement exogène du prix du carburant a une incidence sur les *heures de vol* pour un aéronef donné et un type de mission (MPF ou EF) au fil du temps, ou encore comment une augmentation soudaine (temporaire) des *heures de vol* pour un type de mission peut influencer celles associées à un autre type de mission.

### CC130H

Le test de causalité à la Granger effectué avec toutes les variables ne révèle aucun lien prédictif statistiquement significatif dans le système d'équations. Le test sur le lien hypothétique entre le *prix du carburant* et les *heures de vol* est presque rejetable, avec une valeur p de 0,1406, alors que les autres liens n'ont aucun effet statistiquement observable. Par contre, il y a des preuves de causalité instantanées entre diverses séries : les heures de vol pour les activités de MPF et celles pour les activités d'EF sont fortement reliées. Ce résultat était prévisible puisque dans une semaine donnée, il n'y a pas beaucoup d'heures de vol à distribuer entre les différentes options.

Les FRI, présentées à la figure 7, montrent la réaction dans les *heures de vol* pour la MPF et les *heures de vol* pour l'EF à la suite d'un changement ponctuel standard des *prix du carburant*. L'effet instantané d'un changement du *prix du carburant* est évident : les heures de vol pour la MPF diminuent et celles pour l'EF augmentent. Par contre, les effets ne sont pas particulièrement significatifs : chaque changement est de moins de 2,5 heures et est presque statistiquement rejetable.

L'effet à court terme d'un changement dans les *prix du carburant* est encore moins prononcé : les séries pour la MPF et l'EF montrent de faibles oscillations près de 0 et l'intervalle de confiance à 95 % exclue rarement la valeur 0.

Le raisonnement logique pour expliquer ces réactions n'est pas clair. Bien qu'elles laissent entendre que les planificateurs de la Défense puissent diminuer légèrement les heures de vol d'entraînement en réponse à une augmentation importante des coûts, nous ne pouvons pas éliminer les autres possibilités, soit un troisième facteur qui entraînerait les effets observés. Par exemple, la participation du Canada



à l'intervention militaire multilatérale en Libye en 2011 (opération MOBILE) pourrait avoir causé les effets observés : les ressources peuvent avoir été réaffectées de l'entraînement (MPF) en faveur des capacités de transport stratégique (EF), alors que l'incertitude créée par le conflit pourrait avoir fait augmenter le prix mondial du baril de pétrole. Nous ne pouvons donc pas complètement éliminer la possibilité que ces effets soient le résultat d'une simple interférence statistique puisque le niveau de confiance des estimations d'ARV liées à ces effets est presque rejetable.

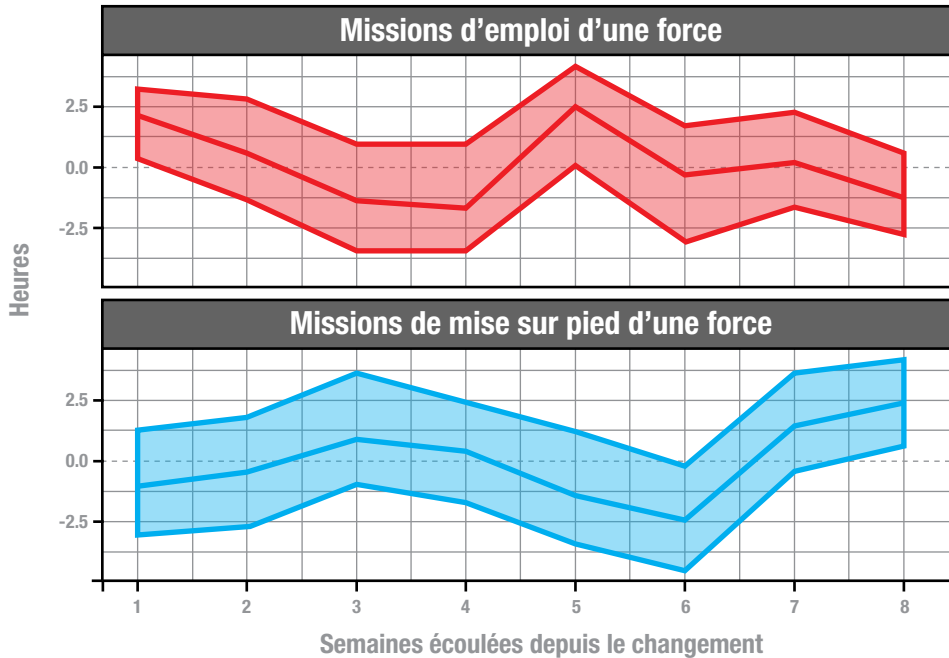


Figure 7. Fonctions de réponse impulsionnelle (CC130H)

### CC177

Les résultats de l'analyse de la flotte de CC177 révèlent quelques différences mineures comparativement à la flotte de CC130H. Le test de causalité à la Granger pour valider le lien entre les *prix du carburant* et les *heures de vol* est plus significatif, avec une valeur p de 0,08857 et une forte causalité instantanée (ce qui donne une valeur p résultante de 0,03789). Une observation semblable a été relevée entre les heures de vol pour les activités de MPF et celles d'EF : la causalité instantanée pour les deux séries est presque de 0,01 en ce qui concerne le niveau de signification statistique.

Les FRI pour la flotte de CC177 sont présentées à la figure 8. La causalité instantanée entre la MPF et l'EF est évidente pour la période suivant le changement, bien que l'effet se dissipe rapidement. Mis à part le changement initial, il n'y a aucun effet statistiquement significatif.



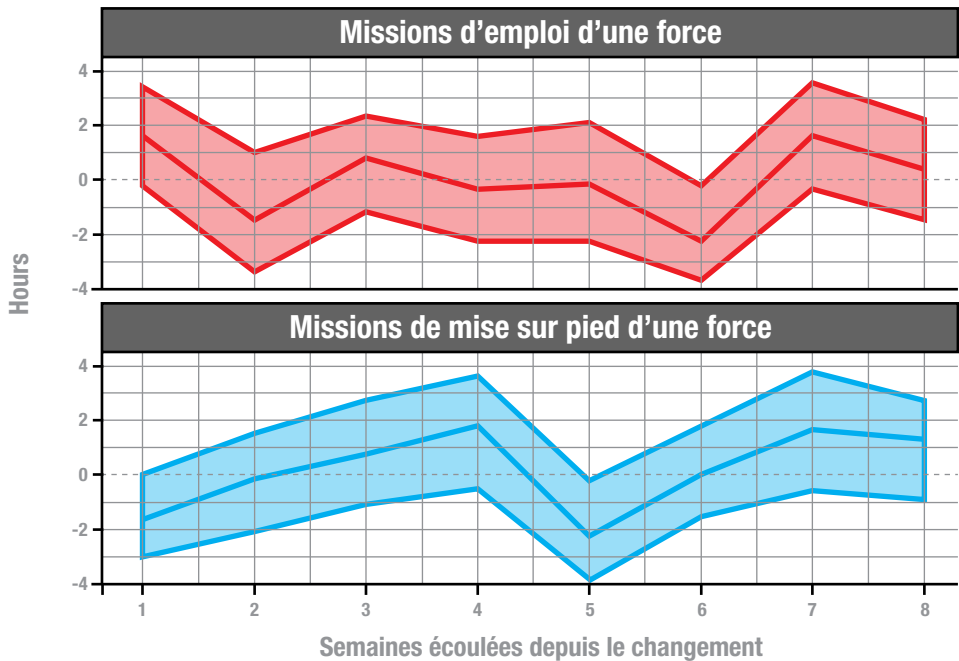


Figure 8. Fonctions de réponse impulsionnelle (CC177)

### Discussion

Dans le secteur privé, lorsque les gestionnaires doivent composer avec des budgets réduits ou l'augmentation du coût des intrants, bon nombre d'entre eux pourraient réagir en diminuant les extrants ou en cherchant des intrants moins chers pour le processus de production. Dans le cas de la Défense nationale, ces options ne sont pas toujours possibles. Les planificateurs de la Défense ne peuvent habituellement pas modifier les « extrants » puisque les besoins en matière de MPF et d'EF ont tendance à être fermes. De plus, les décisions relatives aux personnes et aux plateformes sont à long terme et ne sont pas généralement pas touchées par la flexibilité en cours d'exercice.

La présente étude de cas fournit un soutien empirique quant à l'hypothèse voulant que les planificateurs de l'ARC ont très peu d'options dans l'éventualité où les coûts augmenteraient en cours d'exercice. Le report des activités de MPF ou la réaffectation des ressources vers des opérations qui jumellent des activités d'EF et de MPF peut être possible en théorie. Le modèle d'ARV offre quelques preuves empiriques à ce sujet : il démontre qu'une augmentation imprévue du prix du carburant peut être associée à une diminution des heures de vol pour les activités de MPF pour les deux types d'aéronefs. Par contre, l'effet est à la fois faible et possiblement rejetable d'un point de vue statistique. Il semble très probable que les budgets de défense de l'ARC soient en effet à la merci des augmentations exogènes des coûts : les planificateurs de la Défense présument implicitement que les extrants sont fixes, et que le budget doit donc s'y conformer (plutôt que de présumer le contraire).



## La solution : modifier les pratiques à moyen et long termes

L'ARC a peu de flexibilité en cours d'exercice afin de réagir aux changements importants survenant dans les principaux inducteurs de coûts, comme le carburant aviation. La stratégie visant à soutenir les extrants des FAC tout en composant avec l'augmentation des coûts sera principalement composée de mesures à court, moyen et long termes. La présente section porte sur deux démarches entreprises par les FAC pour maximiser l'utilisation des intrants : une à court terme et une autre à long terme. L'objectif est de démontrer le type de changement institutionnel axé sur le leadership nécessaire pour gérer les ressources, de sorte à assurer la durabilité à long terme des opérations de la Force aérienne.

La réglementation financière et les procédures d'acquisition laborieuses du gouvernement, jumelées à un vaste éventail d'activités, rendent la tâche difficile pour l'ARC de dépenser tous les fonds alloués pour une année financière donnée. Plusieurs facteurs peuvent contribuer à la non-utilisation des ressources pour une année financière donnée : par exemple, de mauvaises conditions météorologiques peuvent entraîner l'annulation de missions de MPF ou le fait de recevoir des envois d'équipement et de fournitures en retard fera en sorte que l'échéance de fin d'exercice ne sera pas respectée. Malgré la récurrence de ces facteurs à chaque année financière, les gestionnaires du budget de défense ne tiennent pas compte de la non-utilisation des fonds ou des activités lorsqu'ils établissent l'affectation des ressources budgétaires et les dépenses<sup>35</sup>. La surplanification systématique est une stratégie institutionnelle permettant de s'assurer que toutes les ressources budgétaires annuelles sont dépensées. En effet, dans un environnement fiscal exigeant, « les contraintes relatives aux ressources nécessitent une démarche intégrée en matière de défense »<sup>36</sup>. La surplanification commence par une analyse du taux structurel des fonds non dépensés en fonction d'un inducteur de coût important. Par exemple, les salaires pour les fonctionnaires et la solde des réservistes employés par la Force aérienne sont financés au moyen du budget de l'ARC. Chacun a un taux historique de fonds non dépensés et une gestion efficace des ressources consiste à utiliser ce taux pour faire la surplanification et à inclure des portes de sortie au cours de l'année financière au cas où il faut éviter de trop dépenser les allocations gouvernementales. Si on applique cette démarche aux heures de vol prévues au cours d'une année financière, l'acquisition de biens et de services ainsi que l'entretien et la réparation des bâtiments augmenteront l'extrant en cours d'exercice et permettront de dépenser plus efficacement le budget. Bien que cette démarche mette l'accent sur des mesures annuelles répétées (à court terme) visant à maximiser l'utilisation des ressources, une stratégie à long terme visant à maintenir les capacités de la Force aérienne a une plus grande incidence à l'échelle institutionnelle.

L'ARC accuse un retard par rapport à l'industrie en ce qui concerne l'utilisation de simulateurs aux fins d'entraînement. Afin d'augmenter le rapport coût-efficacité pour les activités de MPF dans les FAC, on a publié le document *Stratégie de simulation de l'Aviation royale canadienne 2025*<sup>37</sup> afin d'officialiser une stratégie de renforcement des capacités en simulation aérienne, afin de les faire passer de 31 % à 47 % de la MPF au cours de la prochaine décennie. L'objectif de cette stratégie est de graduellement passer vers un environnement d'entraînement simulé, qui est beaucoup moins dispendieux que les heures de vol associées aux activités de MPF. La stratégie aura plusieurs effets. Premièrement, elle agira comme multiplicateur de force : au fur et à mesure que les nouvelles capacités seront mises en œuvre au sein des FAC, le CAHV pourra être augmenté jusqu'à la capacité prévue, ce qui permettra



d'augmenter de façon générale les heures de vol liées à l'EF tout en diminuant les heures de vol liées à la MPF (qui seront remplacées par des heures d'entraînement sur simulateurs). Ensuite, les variations de coûts seront réduites grâce à l'utilisation accrue de l'environnement simulé. Des coûts initiaux sont nécessaires pour l'achat des simulateurs, pour bâtir des installations où les utiliser, pour l'embauche de spécialistes et pour financer les coûts de fonctionnement et d'entretien (notamment les mises à niveau logicielles périodiques). Lorsque les simulateurs seront en place, la gestion des coûts pour cette activité fournira une grande fiabilité des coûts et diminuera le risque de dépassement de coûts dans les budgets de fonctionnement, comparativement à l'exploitation d'une flotte d'aéronefs pour offrir la même capacité. La planification de l'utilisation de simulateurs peut être faite très à l'avance et en collaboration avec les communautés propres aux flottes. Cette façon de faire apportera un avantage supplémentaire, soit la diminution des heures de vol associées à la MPF pour certaines flottes, la réduction des coûts et possiblement la prolongation de la durée de vie prévue des flottes visées.

Les simulateurs sont un outil efficace pour économiser de l'argent et pour adapter les scénarios d'entraînement aux besoins des équipages. La principale incidence de l'utilisation accrue des simulateurs est la diminution des heures de vol des aéronefs, ce qui entraîne des économies en carburant aviation ainsi qu'en coût d'entretien et de réparation. De plus, les coûts d'entraînement par simulateur sont relativement constants, et les mises à niveau périodiques de la technologie des simulateurs et des profils de mission peuvent être facilement prises en considération dans les budgets d'instruction. L'augmentation du niveau d'intégration des simulateurs dans la culture de l'ARC offrira aux équipages davantage de moyens pour atteindre et maintenir leur disponibilité opérationnelle pour l'ensemble des aéronefs et ainsi mettre à profit leurs capacités dans l'ensemble des opérations.

## Conclusion

L'ARC se trouve dans une période de transition durant laquelle elle doit gérer de nombreux facteurs à la fois distincts et interreliés. À la suite de plusieurs réductions budgétaires annuelles, qui ont débuté lors de la crise financière internationale de 2008-2009, les FAC ont reçu de modestes augmentations budgétaires durant les exercices 2015-2016 et 2016-2017. Ce progrès démontre l'importance du rôle des forces aériennes dans l'environnement de sécurité international actuel et explique la fréquence à laquelle les gouvernements occidentaux font appel à ces forces. Tandis que les demandes pour des heures de vol d'EF augmentent en raison des opérations de déploiement, l'ARC se trouve en plein changement générationnel : la moitié du personnel de la Force aérienne prendra sa retraite dans moins de neuf ans<sup>38</sup>. Cette situation crée un défi considérable lorsqu'il s'agit d'intégrer harmonieusement de nouveaux pilotes aux escadrons et de veiller à ce qu'ils acquièrent l'expérience et reçoivent la formation nécessaire pour assumer des responsabilités croissantes. Néanmoins, sans un nombre d'heures de vol adéquat au cours des prochains exercices, les niveaux d'expérience risquent fortement de diminuer et cette baisse sera suivie d'une perte des compétences avancées des membres d'équipage. Enfin, l'ARC met en pratique de nouvelles capacités, soit la flotte d'aéronefs CC130J Hercules nouvellement acquise, la nouvelle flotte d'hélicoptères CH147F Chinook, et l'entrée en service de l'hélicoptère embarqué CH148 Cyclone, et prévoit augmenter l'utilisation des simulateurs de vol afin de soutenir la MPF.



Durant les exercices 2011-2012 et 2013-2014, le coût du carburant aviation a varié entre 27 % et 30 % du budget flexible annuel de l'ARC pour les opérations et le maintien, et représente un inducteur de coût important du système de GGRA de la Force aérienne. Toutefois, comme il a été démontré dans le présent chapitre, la relation entre les heures de vol et le prix du carburant aviation est faible. Cette faiblesse reflète l'importance de la MPF et, plus particulièrement, le besoin primordial d'assurer la présence de pilotes qualifiés afin de maintenir la Force aérienne en bonne position pour répondre aux demandes.

Au cours des prochaines années, l'ARC continuera très probablement à faire face à d'importantes restrictions financières. Dans le but de se préparer aux défis futurs et d'améliorer la structure des coûts à moyen terme de la Force aérienne, la capacité d'orienter la formation des pilotes vers la simulation de vol est une grande priorité institutionnelle. Dans une organisation où il est nécessaire de tenir compte des demandes à court terme, de s'adapter à un contexte stratégique international en constant changement, de suivre sans relâche les progrès rapides de la technologie, sans perdre de vue la durabilité à long terme, il est important de veiller à ce que la direction de l'ARC continue à concentrer ses efforts sur les grands objectifs. La stratégie des FAC, énoncée dans la *Stratégie de simulation de l'Aviation royale canadienne 2025*, illustre bien à quel point une organisation de défense peut modifier les coûts institutionnels au fil du temps et augmenter son efficacité en mettant l'accent sur la maximisation des résultats à long terme.



## Appendice

### Résultats de l'ARV

Tous les résultats du modèle d'ARV pour le CC130H et le CC177 sont présentés dans les tableaux qui suivent.

#### CC130H

Prix du carburant	Estimation	Écart-type	Valeur t	Pr(> t )	
$\Delta$ prix du carburant <sub>t-1</sub>	-0,63092	0,07324	-8,615	~ 0,00000000	***
$\Delta$ heures MPF <sub>t-1</sub>	0,07575	0,07643	0,991	0,32291600	
$\Delta$ heures EF <sub>t-1</sub>	0,10007	0,08989	1,113	0,26705100	
$\Delta$ prix du carburant <sub>t-2</sub>	-0,49875	0,08575	-5,816	0,00000003	***
$\Delta$ heures MPF <sub>t-2</sub>	0,15773	0,0817	1,931	0,05505900	.
$\Delta$ heures EF <sub>t-2</sub>	0,13976	0,10381	1,346	0,17985800	
$\Delta$ prix du carburant <sub>t-3</sub>	-0,32107	0,08977	-3,577	0,00044400	***
$\Delta$ heures MPF <sub>t-3</sub>	0,06486	0,08826	0,735	0,46332100	
$\Delta$ heures EF <sub>t-3</sub>	0,05236	0,11655	0,449	0,65378000	
$\Delta$ prix du carburant <sub>t-4</sub>	-0,39828	0,09464	-4,209	0,00003996	***
$\Delta$ heures MPF <sub>t-4</sub>	0,08398	0,08577	0,979	0,32881300	
$\Delta$ heures EF <sub>t-4</sub>	0,17365	0,11681	1,487	0,13882200	
$\Delta$ prix du carburant <sub>t-5</sub>	-0,26001	0,09297	-2,797	0,00570500	**
$\Delta$ heures MPF <sub>t-5</sub>	0,05079	0,07909	0,642	0,52156800	
$\Delta$ heures EF <sub>t-5</sub>	0,1638	0,10508	1,559	0,12074800	
$\Delta$ prix du carburant <sub>t-6</sub>	-0,08047	0,07859	-1,024	0,30716500	
$\Delta$ heures MPF <sub>t-6</sub>	-0,04925	0,07054	-0,698	0,48591100	
$\Delta$ heures EF <sub>t-6</sub>	0,07787	0,08838	0,881	0,37945100	
Constante	0,98294	1,12003	0,878	0,38129500	



Heures MPF	Estimation	Écart-type	Valeur t	Pr(> t )	
$\Delta$ prix du carburant <sub>t-1</sub>	-0,048048	0,072636	-0,662	0,50911000	
$\Delta$ heures MPF <sub>t-1</sub>	-0,461958	0,075799	-6,095	0,00000001	***
$\Delta$ heures EF <sub>t-1</sub>	-0,06694	0,089154	-0,751	0,45370000	
$\Delta$ prix du carburant <sub>t-2</sub>	0,010589	0,085046	0,125	0,90105100	
$\Delta$ heures MPF <sub>t-2</sub>	-0,483522	0,081032	-5,967	0,00000001	***
$\Delta$ heures EF <sub>t-2</sub>	-0,186142	0,10296	-1,808	0,07223600	.
$\Delta$ prix du carburant <sub>t-3</sub>	0,022571	0,089029	0,254	0,80014200	
$\Delta$ heures MPF <sub>t-3</sub>	-0,310295	0,087529	-3,545	0,00049700	***
$\Delta$ heures EF <sub>t-3</sub>	-0,006559	0,115593	-0,057	0,95481100	
$\Delta$ prix du carburant <sub>t-4</sub>	-0,067517	0,093858	-0,719	0,47283000	
$\Delta$ heures MPF <sub>t-4</sub>	-0,259476	0,085065	-3,05	0,00262000	**
$\Delta$ heures EF <sub>t-4</sub>	-0,093204	0,11585	-0,805	0,42212300	
$\Delta$ prix du carburant <sub>t-5</sub>	-0,232136	0,092205	-2,518	0,01266000	*
$\Delta$ heures MPF <sub>t-5</sub>	-0,133506	0,078438	-1,702	0,09041600	.
$\Delta$ heures EF <sub>t-5</sub>	-0,017319	0,104219	-0,166	0,86819800	
$\Delta$ prix du carburant <sub>t-6</sub>	-0,133253	0,077942	-1,71	0,08900100	.
$\Delta$ heures MPF <sub>t-6</sub>	-0,144163	0,069957	-2,061	0,04072100	*
$\Delta$ heures EF <sub>t-6</sub>	-0,014911	0,087656	-0,17	0,86511400	
Constante	-0,617087	1,110815	-0,556	0,57920200	



Heures EF	Estimation	Écart-type	Valeur t	Pr(> t )	
$\Delta$ prix du carburant <sub>t-1</sub>	0,130168	0,061438	2,119	0,03540000	*
$\Delta$ heures MPF <sub>t-1</sub>	0,005663	0,064114	0,088	0,92970000	
$\Delta$ heures EF <sub>t-1</sub>	-0,721883	0,07541	-9,573	~0,00000000	***
$\Delta$ prix du carburant <sub>t-2</sub>	0,113569	0,071935	1,579	0,11610000	
$\Delta$ heures MPF <sub>t-2</sub>	-0,027666	0,068539	-0,404	0,68690000	
$\Delta$ heures EF <sub>t-2</sub>	-0,723522	0,087087	-8,308	~0,00000000	***
$\Delta$ prix du carburant <sub>t-3</sub>	0,037235	0,075304	0,494	0,62160000	
$\Delta$ heures MPF <sub>t-3</sub>	-0,012017	0,074035	-0,162	0,87120000	
$\Delta$ heures EF <sub>t-3</sub>	-0,760452	0,097773	-7,778	~0,00000000	***
$\Delta$ prix du carburant <sub>t-4</sub>	0,141398	0,079389	1,781	0,07650000	.
$\Delta$ heures MPF <sub>t-4</sub>	-0,011945	0,071951	-0,166	0,86830000	
$\Delta$ heures EF <sub>t-4</sub>	-0,522603	0,09799	-5,333	0,00000028	***
$\Delta$ prix du carburant <sub>t-5</sub>	0,139007	0,077991	1,782	0,07630000	.
$\Delta$ heures MPF <sub>t-5</sub>	0,026577	0,066346	0,401	0,68920000	
$\Delta$ heures EF <sub>t-5</sub>	-0,460077	0,088152	-5,219	0,00000048	***
$\Delta$ prix du carburant <sub>t-6</sub>	0,12783	0,065926	1,939	0,05400000	.
$\Delta$ heures MPF <sub>t-6</sub>	0,074376	0,059172	1,257	0,21040000	
$\Delta$ heures EF <sub>t-6</sub>	-0,163704	0,074143	-2,208	0,02850000	*
Constante	-0,31162	0,939568	-0,332	0,74050000	

Code de signification : 0 < \*\*\* < 0,001 < \*\* < 0,01 < \* < 0,05 < . < 0,10



CC177

Prix du carburant	Estimation	Écart-type	Valeur t	Pr(> t )	
$\Delta$ prix du carburant <sub>t-1</sub>	-0,626702	0,074201	-8,446	~ 0,00000000	***
$\Delta$ heures MPF <sub>t-1</sub>	0,101262	0,091516	1,106	0,27000700	
$\Delta$ heures EF <sub>t-1</sub>	0,237144	0,104162	2,277	0,02399600	*
$\Delta$ prix du carburant <sub>t-2</sub>	-0,44027	0,08724	-5,047	0,00000110	***
$\Delta$ heures MPF <sub>t-2</sub>	0,130208	0,097222	1,339	0,18218400	
$\Delta$ heures EF <sub>t-2</sub>	0,23088	0,135217	1,707	0,08947700	.
$\Delta$ prix du carburant <sub>t-3</sub>	-0,3502	0,093947	-3,728	0,00025900	***
$\Delta$ heures MPF <sub>t-3</sub>	0,066379	0,103299	0,643	0,52132000	
$\Delta$ heures EF <sub>t-3</sub>	0,174198	0,160575	1,085	0,27946100	
$\Delta$ prix du carburant <sub>t-4</sub>	-0,483896	0,09317	-5,194	0,00000056	***
$\Delta$ heures MPF <sub>t-4</sub>	0,011414	0,102882	0,111	0,91179000	
$\Delta$ heures EF <sub>t-4</sub>	0,248586	0,1757	1,415	0,15886500	
$\Delta$ prix du carburant <sub>t-5</sub>	-0,374248	0,095198	-3,931	0,00012100	***
$\Delta$ heures MPF <sub>t-5</sub>	0,084905	0,104769	0,81	0,41879100	
$\Delta$ heures EF <sub>t-5</sub>	0,289863	0,175042	1,656	0,09949100	.
$\Delta$ prix du carburant <sub>t-6</sub>	-0,178555	0,09585	-1,863	0,06412900	.
$\Delta$ heures MPF <sub>t-6</sub>	-0,097304	0,104445	-0,932	0,35278900	
$\Delta$ heures EF <sub>t-6</sub>	-0,006978	0,159444	-0,044	0,96514200	
$\Delta$ prix du carburant <sub>t-7</sub>	-0,158399	0,090388	-1,752	0,08142100	.
$\Delta$ heures MPF <sub>t-7</sub>	0,145476	0,09341	1,557	0,12115500	
$\Delta$ heures EF <sub>t-7</sub>	0,041116	0,131415	0,313	0,75474700	
$\Delta$ prix du carburant <sub>t-8</sub>	-0,220926	0,077094	-2,866	0,00466300	**
$\Delta$ heures MPF <sub>t-8</sub>	0,046816	0,085855	0,545	0,58623500	
$\Delta$ heures EF <sub>t-8</sub>	-0,121205	0,104075	-1,165	0,24574400	
Constante	0,768224	1,121638	0,685	0,49429000	





Heures MPF	Estimation	Étalon Erreur	Valeur t	Pr(> t )	
$\Delta$ prix du carburant <sub>t-1</sub>	- 0,06133	0,05981	-1,025	0,30653100	
$\Delta$ heures MPF <sub>t-1</sub>	- 0,53465	0,07377	-7,248	~ 0,00000000	***
$\Delta$ heures EF <sub>t-1</sub>	- 0,01734	0,08396	- 0,207	0,83659600	
$\Delta$ prix du carburant <sub>t-2</sub>	- 0,0687	0,07032	- 0,977	0,32989400	
$\Delta$ heures MPF <sub>t-2</sub>	- 0,66596	0,07837	-8,498	~ 0,00000000	***
$\Delta$ heures EF <sub>t-2</sub>	0,05572	0,10899	0,511	0,60984300	
$\Delta$ prix du carburant <sub>t-3</sub>	0,05562	0,07573	0,734	0,46362500	
$\Delta$ heures MPF <sub>t-3</sub>	- 0,31757	0,08327	-3,814	0,00018800	***
$\Delta$ heures EF <sub>t-3</sub>	0,11636	0,12943	0,899	0,36986500	
$\Delta$ prix du carburant <sub>t-4</sub>	- 0,06278	0,0751	- 0,836	0,40429900	
$\Delta$ heures MPF <sub>t-4</sub>	- 0,36014	0,08293	-4,343	0,00002357	***
$\Delta$ heures EF <sub>t-4</sub>	0,12209	0,14162	0,862	0,38979900	
$\Delta$ prix du carburant <sub>t-5</sub>	- 0,06993	0,07673	- 0,911	0,36338600	
$\Delta$ heures MPF <sub>t-5</sub>	- 0,2682	0,08445	-3,176	0,00176100	**
$\Delta$ heures EF <sub>t-5</sub>	0,16246	0,14109	1,151	0,25109200	
$\Delta$ prix du carburant <sub>t-6</sub>	- 0,01887	0,07726	- 0,244	0,80732500	
$\Delta$ heures MPF <sub>t-6</sub>	- 0,31144	0,08419	-3,699	0,00028800	***
$\Delta$ heures EF <sub>t-6</sub>	0,05932	0,12852	0,462	0,64495900	
$\Delta$ prix du carburant <sub>t-7</sub>	0,12842	0,07286	1,763	0,07967500	.
$\Delta$ heures MPF <sub>t-7</sub>	- 0,19212	0,07529	-2,552	0,01156400	*
$\Delta$ heures EF <sub>t-7</sub>	0,09508	0,10593	0,898	0,37063700	
$\Delta$ prix du carburant <sub>t-8</sub>	0,03414	0,06214	0,549	0,58340400	
$\Delta$ heures MPF <sub>t-8</sub>	- 0,20392	0,0692	-2,947	0,00364300	**
$\Delta$ heures EF <sub>t-8</sub>	0,04791	0,08389	0,571	0,56868700	
Constante	- 0,15703	0,9041	- 0,174	0,86230800	



Heures EF	Estimation	Écart-type	Valeur t	Pr(> t )	
$\Delta$ prix du carburant <sub>t-1</sub>	-0,004374	0,054208	-0,081	0,93577700	
$\Delta$ heures MPF <sub>t-1</sub>	0,0166	0,066858	0,248	0,80420400	
$\Delta$ heures EF <sub>t-1</sub>	-0,796724	0,076097	-10,47	~0,00000000	***
$\Delta$ prix du carburant <sub>t-2</sub>	0,071493	0,063734	1,122	0,26348800	
$\Delta$ heures MPF <sub>t-2</sub>	0,028955	0,071026	0,408	0,68401100	
$\Delta$ heures EF <sub>t-2</sub>	-0,84988	0,098784	-8,603	~0,00000000	***
$\Delta$ prix du carburant <sub>t-3</sub>	0,071119	0,068634	1,036	0,30151000	
$\Delta$ heures MPF <sub>t-3</sub>	-0,094032	0,075467	-1,246	0,21439900	
$\Delta$ heures EF <sub>t-3</sub>	-0,864311	0,11731	-7,368	~0,00000000	***
$\Delta$ prix du carburant <sub>t-4</sub>	0,055847	0,068067	0,82	0,41304600	
$\Delta$ heures MPF <sub>t-4</sub>	-0,148707	0,075162	-1,978	0,04941500	*
$\Delta$ heures EF <sub>t-4</sub>	-0,765092	0,12836	-5,961	0,00000001	***
$\Delta$ prix du carburant <sub>t-5</sub>	-0,106883	0,069548	-1,537	0,12611000	
$\Delta$ heures MPF <sub>t-5</sub>	-0,162031	0,07654	-2,117	0,03565400	*
$\Delta$ heures EF <sub>t-5</sub>	-0,481316	0,127879	-3,764	0,00022700	***
$\Delta$ prix du carburant <sub>t-6</sub>	-0,03629	0,070024	-0,518	0,60492600	
$\Delta$ heures MPF <sub>t-6</sub>	-0,083409	0,076303	-1,093	0,27581800	
$\Delta$ heures EF <sub>t-6</sub>	-0,27177	0,116484	-2,333	0,02076000	*
$\Delta$ prix du carburant <sub>t-7</sub>	-0,023618	0,066034	-0,358	0,72102100	
$\Delta$ heures MPF <sub>t-7</sub>	-0,080849	0,068242	-1,185	0,23770000	
$\Delta$ heures EF <sub>t-7</sub>	-0,217165	0,096007	-2,262	0,02490800	*
$\Delta$ prix du carburant <sub>t-8</sub>	0,041857	0,056322	0,743	0,45835600	
$\Delta$ heures MPF <sub>t-8</sub>	0,14999	0,062722	2,391	0,01783000	*
$\Delta$ heures EF <sub>t-8</sub>	-0,049553	0,076033	-0,652	0,51541800	
Constante	-0,205407	0,819425	-0,251	0,80235700	

Code de signification : 0 < \*\*\* < 0,001 < \*\* < 0,01 < \* < 0,05 < . < 0,10



## Test de causalité à la Granger

Les résultats des tests de causalité à la Granger pour chacun des modèles sont présentés ci-après.

### Tests de causalité à la Granger pour le CC130H :

H0 pour la causalité à la Granger : Le *prix du carburant* n'entraîne pas de causalité à la Granger pour les *heures MPF* et les *heures EF*.

Test F = 1,4464; df1 = 12; df2 = 558; valeur p = 0,1406

H0 : Aucune causalité instantanée entre le *prix du carburant* ainsi que les *heures MPF* et les *heures EF*.

Test du chi carré = 5,1127; df = 2; valeur p = 0,07759

H0 pour la causalité à la Granger : Les *heures MPF* n'entraînent pas de causalité à la Granger pour le *prix du carburant* et les *heures EF*.

Test F = 0,7241; df1 = 12; df2 = 558; valeur p = 0,7284

H0 : Aucune causalité instantanée entre les *heures MPF* ainsi que le *prix du carburant* et les *heures EF*.

Test du chi carré = 14,2155; df = 2; valeur p = 0,0008187

H0 pour la causalité à la Granger : Les *heures EF* n'entraînent pas de causalité à la Granger pour le *prix du carburant* et les *heures MPF*.

Test F = 0,9217; df1 = 12; df2 = 558; valeur p = 0,5247

H0 : Aucune causalité instantanée entre les *heures EF* ainsi que le *prix du carburant* et les *heures MPF*.

Test du chi carré = 17,6047; df = 2; valeur p = 0,0001504



### Tests de causalité à la Granger pour le CC177 :

H0 pour la causalité à la Granger : Le *prix du carburant* n'entraîne pas de causalité à la Granger pour les *heures MPF* et les *heures EF*.

Test F = 1,5168; df1 = 16; df2 = 534; valeur p = 0,08857

H0 : Aucune causalité instantanée entre le *prix du carburant* ainsi que les *heures MPF* et les *heures EF*.

Test du chi carré = 6,546; df = 2; valeur p = 0,03789

H0 pour la causalité à la Granger : Les *heures MPF* n'entraînent pas de causalité à la Granger pour le *prix du carburant* et les *heures EF*.

Test F = 1,9992; df1 = 16; df2 = 534; valeur p = 0,01171

H0 : Aucune causalité instantanée entre les *heures MPF* ainsi que le *prix du carburant* et les *heures EF*.

Test du chi carré = 8,2596; df = 2; valeur p = 0,01609

H0 pour la causalité à la Granger : Les *heures EF* n'entraînent pas de causalité à la Granger pour le *prix du carburant* et les *heures MPF*.

Test F = 1,2878; df1 = 16; df2 = 534; valeur p = 0,1993

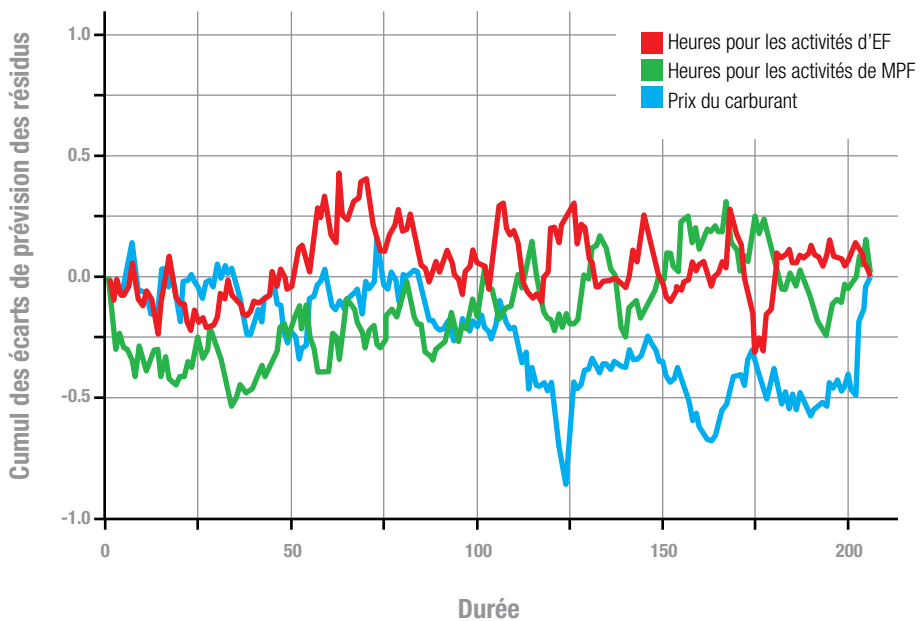
H0 : Aucune causalité instantanée entre les *heures EF* ainsi que le *prix du carburant* et les *heures MPF*.

Test du chi carré = 9,1351; df = 2; valeur p = 0,01038

### Diagnostique pour les ruptures structurales

Les graphiques suivants illustrent les processus de variation empiriques engendrés par le cumul des écarts de prévision des résidus normalisés des moindres carrés ordinaires. Ces séries servent à dépister les ruptures structurelles dans les relations modèles. Selon l'hypothèse nulle, les processus de variation convergent au moins hebdomadairement vers un processus qui présente un mouvement brownien habituel; l'autre hypothèse est que ce n'est pas le cas et qu'il existe au moins un point de changement structurel dans la série.

Les résultats du test sur le CC130H et sur le CC177 sont présentés ci-après.



**Figure A.1. Processus de variation empiriques du modèle d'ARV du CC130H**

Le dépistage des changements structurels du modèle d'ARV du CC130H ne permet pas de rejeter l'hypothèse nulle, et produit une valeur p de 0,5438.

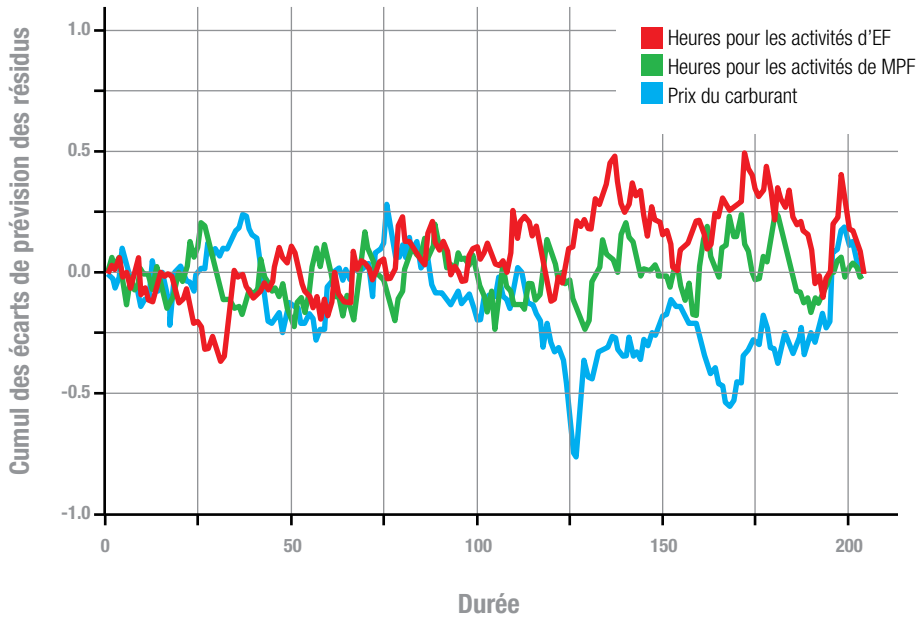


Figure A.2. Processus de variation empiriques du modèle d'ARV du CC177

Parallèlement, le dépistage des changements structurels du modèle d'ARV du CC177 ne permet pas non plus de rejeter l'hypothèse nulle, et produit une valeur  $p$  de 0,2569. Par conséquent, il n'existe pas suffisamment de preuves statistiques pour confirmer l'existence d'une rupture structurelle d'aucun des deux modèles.

### Tests d'interférence

Les tableaux qui suivent présentent les résultats des dépistages de résidus d'interférence pour chacune des séries des modèles d'ARV du CC130H et du CC177. Dans tous les cas, nous ne pouvons pas rejeter l'hypothèse nulle de l'indépendance des erreurs.



## Dépistage des erreurs d'interférence pour le CC130H :

### *Prix du carburant*

Test du X carré = 1,4564; df = 5,323; valeur p = 0,9358

### *Heures MPF*

Test du X carré = 0,857; df = 5,323; valeur p = 0,9807

### *Heures EF*

Test du X carré = 2,8424; df = 5,323; valeur p = 0,7618

## Dépistage des erreurs d'interférence du CC177 :

### *Prix du carburant*

Test du X carré = 0,6685; df = 5,313; valeur p = 0,9892

### *Heures MPF*

Test du X carré = 4,5805; df = 5,313; valeur p = 0,511

### *Heures EF*

Test du X carré = 2,3382; df = 5,313; valeur p = 0,8315



Ross Fetterly a pris sa retraite des Forces canadiennes en 2017 après une carrière de 34 ans en tant que directeur – Fonction de contrôle et planification d'activités (Air) au sein de l'Aviation royale canadienne. Il avait auparavant occupé le poste de contrôleur du Commandement du personnel militaire et d'autres postes supérieurs chez le sous-ministre adjoint (Finance) du ministère de la Défense nationale. Il est membre du Canadian Global Affairs Institute. Le colonel (Col) retraité Fetterly a terminé en février 2009 une affectation à titre de chef CJ8 au QG de la base de l'OTAN à l'aérodrome de Kandahar, en Afghanistan. À ce titre, il était responsable des finances, des contrats et des achats. Il a été commandant adjoint du contingent canadien au sein de la Force des Nations Unies chargée d'observer le désengagement sur le plateau du Golan en 2000 et 2001. Il a rempli le rôle d'officier logistique d'escadron et d'officier des finances de l'ARC dans des bases militaires partout au Canada. Il est professeur auxiliaire au département de gestion et d'économie du Collège militaire royal du Canada (CMRC) et agrégé supérieur de recherches au Centre for Security Governance. Il est titulaire d'un baccalauréat en commerce (McGill), d'une maîtrise en administration (Université de Regina) et d'une maîtrise et d'un doctorat en études sur la guerre du CMRC. Ses champs d'études de doctorat portaient sur l'économie de la défense, la politique en matière de défense et l'analyse des coûts de la défense.

Christopher Penney est analyste économique et financier principal au Bureau du directeur parlementaire du budget. Auparavant, il a travaillé en tant que scientifique de la défense au Centre d'analyse et de recherche opérationnelle du ministère de la Défense nationale. Dans la recherche, il s'intéresse à l'économie de la défense, à l'économie politique de l'approvisionnement de la défense et aux méthodes liées à l'analyse des coûts et des risques financiers. Il est titulaire d'une maîtrise en économie de l'Université Queens's.

## Abréviations

<b>AF</b>	année financière
<b>ARC</b>	Aviation royale canadienne
<b>ARV</b>	autorégression de vecteurs
<b>CAHV</b>	contingent annuel d'heures de vol
<b>EF</b>	emploi d'une force
<b>FAC</b>	Forces armées canadiennes
<b>FRI</b>	fonction de réponse impulsionnelle
<b>GGRA</b>	gestion globale des ressources aériennes
<b>MDN</b>	ministère de la Défense nationale
<b>MPF</b>	mise sur pied d'une force
<b>PARD</b>	plan d'action pour la réduction du déficit
<b>SMA(IE)</b>	sous-ministre adjoint (Infrastructure et environnement)
<b>SMA(Mat)</b>	sous-ministre adjoint (Matériels)





## Notes

1. F. Stephen Larrabee, Stuart E. Johnson, John Gordon IV, Peter A. Wilson, Caroline Baxter, Deborah Lai et Calin Tenkov-Wermuth, « NATO and the Challenges of Austerity », Santa Monica, RAND, 2012, p. iii.
2. Nathan Freier, *Known Unknowns: Unconventional "Strategic Shocks" in Defense Strategy Development*, Carlisle (PA), Army War College, Strategic Study Institute, 2008, p. vii.
3. Elinor Sloan, *Military Transformation and Modern Warfare*, Westport (CT), Praeger Security International, 2008, p. 1-4.
4. Michael J. Mazarr, Jeffrey Shaffer et Benjamin Ederington, *The Military Technical Revolution*, Washington, Center for Strategic and International studies, 1993, p. 1.
5. Ulrike Mandl, Adriaan Dierx et Fabienne Ilzkovitz, *The Effectiveness and Efficiency of Public Spending*, Bruxelles, Commission européenne, 2008, p. 2-8.
6. Charles J. Hitch et Ronald N. McKean, *Defense in the Nuclear Age*, Santa Monica (Calif.), RAND, 1960.
7. William A. Niskanen Jr, *Bureaucracy & Representative Government*, Piscataway (NJ), Transaction Publishers, 1971.
8. Martin C. McGuire, « Economics of Defense in a Globalized World », dans Todd Sandler et Keith Hartley (sous la dir. de), *Handbook of Defense Economics, Volume 2*, Atlanta, Elsevier, 2007, p. 635.
9. Les opérations actuelles des Forces armées canadiennes sont énumérées par le ministère de la Défense nationale (MDN) sur la page <http://www.forces.gc.ca/fr/operations.page>, consulté le 7 septembre 2018.
10. Todd Harrison, « Rethinking Readiness », *Strategic Studies Quarterly*, volume 8, n° 3, 2014, p. 54.
11. Canada, MDN, *Examen de la situation des activités de recherche et sauvetage 2013*, Ottawa, MDN, 2014.
12. Cette information est fournie par l'organisation du Directeur – Fonction de contrôle et planification d'activités (Air) et repose sur les allocations initiales pour l'AF 2016-2017. Tous les montants sont en dollars canadiens.
13. Australie, Royal Australian Air Force, *Capability*, 2015, consulté le 7 septembre 2018, <http://www.airforce.gov.au/Capability/?RAAF-/kFUpPVag5Pqj5gUIp0CxtwJIFabWz0O>.
14. Cette information est fournie par l'organisation du Directeur – Fonction de contrôle et planification d'activités (Air) et repose sur les allocations initiales pour l'AF 2016-2017. Tous les montants sont en dollars canadiens.



15. Canada, Directeur parlementaire du budget, *Production de rapports sur le budget et les dépenses pour le Parlement : Renforcer la transparence et la surveillance en période de consolidation budgétaire*, Ottawa, Directeur parlementaire du budget, 2012.
16. Cette information est fournie par l'organisation du Directeur – Fonction de contrôle et planification d'activités (Air) et repose sur les allocations initiales pour l'AF 2016-2017. Tous les montants sont en dollars canadiens.
17. Richard K. Betts, *Military Readiness: Concepts, Choices, Consequences*, Washington (DC), The Brookings Institution, Brookings Institution Press, 1995.
18. L'auteur a obtenu l'information dans le Système d'information de la gestion des ressources de la Défense (SIGRD) du MDN.
19. P. E. Desmier, *Estimating Foreign Exchange Exposure in the Department of National Defence*, Ottawa, Recherche et développement pour la défense Canada – Centre d'analyse et de recherche opérationnelle, 2007, p. 1.
20. Canada, Directeur – Service d'établissement des coûts, *Foreign Expenditure in the Defence Services Program*, Ottawa, MDN, 2016.
21. Kathryn Connor et James Dryden, *New Approaches to Defense Inflation and Discounting*, Santa Monica, RAND, 2013, p. 18.
22. Stanley Horowitz, Alexander Gallo, Daniel Levine, Robert Shue et Robert Thomas, *The Use of Inflation Indexes in the Department of Defense*, Alexandria (Va), Institute for Defense Analyses, 2012, p. 2.
23. Adam N. Stulberg et Michael D. Salomone, *Managing Defense Transformation: Agency, Culture and Service Change*, Burlington (Vt), Ashgate Publishing, 2007, p. 2.
24. Yaw Asiedu, *Acquisition Decisions under Operational and Economic Uncertainty Application of Stochastic Programming to the Vehicle Fleet Mix Problem*, Ottawa, Recherche et développement pour la défense Canada, 2011, p. iii.
25. É.-U., Congressional Budget Office des États-Unis, *The Effects of Aging on the Costs of Operating and Maintaining Military Equipment*, Washington, Congressional Budget Office, 2001.
26. Joseph Soeters, Paul C. Van Fenema et Robert Beeres, « Introducing Military Organizations », dans Paul C. Van Fenema et Robert Beeres (sous la dir. de), *Managing Military Organizations: Theory and Practice*, Joseph Soeters, Abingdon (R.-U.), Routledge, 2010, p. 4.
27. Paul Cornish et Andrew Dorman, « National Defence in the Age of Austerity », *International Affairs*, volume 85, n° 4, 2009, p. 752.
28. Robert F. Hale, *Promoting Efficiency in the Department of Defense: Keep Trying, But Be Realistic*, Washington, Center for Strategic and Budgetary Assessments, 2002,



- p. 14, consulté le 7 septembre 2018, <https://csbaonline.org/research/publications/promoting-efficiency-in-the-department-of-defense-keep-trying-but-be-realis/publication>.
29. Baker Spring, *Performance-Based Logistics: Making the Military More Efficient*, Washington, The Heritage Foundation, 2010, consulté le 7 septembre 2018, <https://www.heritage.org/defense/report/performance-based-logistics-making-the-military-more-efficient>.
  30. Ministère de la Défense de la Suède, *Report from the Inquiry on Sweden's International Defence Cooperation: International Defence Cooperation – Efficiency, Solidarity, Sovereignty*, Stockholm, ministère de la Défense, 2013, consulté le 7 septembre 2018, <http://www.government.se/reports/2014/10/international-defence-cooperation---efficiency-solidarity-sovereignty/>.
  31. National Audit Office du Royaume-Uni. *Reforming the Ministry of Defence*, Londres, National Audit Office, 2012, consulté le 7 septembre 2018, [https://www.nao.org.uk/wp-content/uploads/2012/09/Reforming\\_the\\_MoD.pdf](https://www.nao.org.uk/wp-content/uploads/2012/09/Reforming_the_MoD.pdf).
  32. Plus particulièrement, nous avons utilisé la procédure de décomposition de R. J. Hyndman, qu'on trouve dans « Forecast: Forecasting functions for time series and linear models », R package, version 7.1, 2016, consulté le 7 septembre 2018, <http://github.com/robjhyndman/forecast> et qui est basée sur la méthodologie présentée dans A.M. De Livera, R.J. Hyndman et R. D. Snyder, « Forecasting time series with complex seasonal patterns using exponential smoothing », *Journal of the American Statistical Association*, volume 106, n° 496, 2011, p. 1513-1527.
  33. Des détails sur la régression se trouvent dans l'appendice du chapitre (notamment sur les diagnostics et les ruptures structurales).
  34. Le test de causalité à la Granger contrôle également les valeurs retardées pour la variable qui fait l'objet d'une prévision; l'intérêt est de savoir si les variables supplémentaires ajoutent de la capacité d'explication statistiquement significative pour la variable faisant l'objet d'une prévision. Pour obtenir de plus amples renseignements sur le sujet et sur d'autres méthodes économétriques pour traiter les séries temporelles, nous vous suggérons de consulter l'ouvrage de James D. Hamilton, *Time Series Analysis*, Princeton, Princeton University Press, 1994.
  35. Ross Fetterly et Binyam Solomon, « Facing Future Funding Realities: Forecasting Budgets Beyond the Future Year Defense Plan », dans François Melese, Anke Richter et Binyam Solomon (sous la dir. de), *Military Cost Benefit Analysis: Theory and Practice*, New York, Routledge, 2015, p. 161-193.
  36. Guy Ben-Ari, Kathleen McInnis et David Scruggs, *European Defense Integration: Bridging the Gap between Strategy and Capabilities*, Washington, Center for Strategic and International Studies, 2005, p. 8.
  37. Canada, MDN, *Stratégie de simulation de l'Aviation royale canadienne 2025*, Ottawa, MDN, 2014.
  38. Canada, MDN, *Gestion globale des ressources aériennes*, Ottawa, MDN, 2014.



## Lectures complémentaires

BARNES, PUX. « Le CCAFI et l'ARC centrée sur le CAOC : Réflexions sur l'emploi de la puissance aérienne dans les opérations interarmées ». *La Revue de l'Aviation royale canadienne*, vol. 3, no 3, été 2014.

CANADA. MINISTÈRE DE LA DÉFENSE NATIONALE. *Plan d'affaires de l'Aviation royale canadienne pour l'année financière 2015-2016*. 2014

CANADA. MINISTÈRE DE LA DÉFENSE NATIONALE. *Opération NANOOK*. 2015. Consulté le 21 novembre 2018, <http://www.forces.gc.ca/fr/operations-canada-north-america-recurring/op-nanook.page>.

CANADA. MINISTÈRE DE LA DÉFENSE NATIONALE. *424 Transport and Rescue Squadron*. 2015. Consulté le 28 janvier 2015, <http://www.rcaf-arc.forces.gc.ca/en/8-wing/424-squadron.page>. [site fermé]

CANADA. MINISTÈRE DE LA DÉFENSE NATIONALE. *Opération MOBILE*. 2015. Consulté le 21 novembre 2018, <http://www.forces.gc.ca/fr/operations-etranger-passees/op-mobile.page>.

FORDHAM, Benjamin. « The Political and Economic Sources of Inflation in the American Military Budget. » *Journal of Conflict Resolution*, vol. 47 (2013).

LÜTKEPOHL, H. *New Introduction to Multiple Time Series Analysis*. New York, Springer, 2005.

SENGE, Peter M. *La cinquième discipline : L'Art et la manière des organisations*. New York, First, 1993.

U.S. Energy Information Administration (eia). « 2011 Brief: U.S. average gasoline and diesel prices over \$3 per gallon throughout 2011. » *Today in Energy*, janvier 13, 2012. Consulté le 21 novembre 2018, <https://www.eia.gov/todayinenergy/detail.php?id=4570>.



## **Modèle d'affectation des ressources au programme d'entraînement en vol de l'OTAN au Canada (NFTC)**

Charles J. Hunter, René Séguin et Jean-Denis Caron

---



# CH12 Table des matières

Résumé .....	363
Introduction.....	363
Soutien historique de l'instruction des pilotes par la DARO.....	364
Description du modèle.....	365
Simulation des principales fonctionnalités de l'outil.....	366
Hypothèses du modèle.....	369
Exécution du MAR pour le NFTC .....	371
Exemple de scénario d'un MAR pour le NFTC.....	372
Intrants du scénario.....	372
Résultats.....	373
Résumé .....	379
Travaux futurs : modélisation de l'instruction du personnel navigant de prochaine génération de la DARO.....	379
Abréviations .....	383
Notes .....	384
Lectures complémentaires.....	386



Note : Les auteurs aimeraient offrir leurs remerciements au capitaine Daniel Ladouceur pour ses efforts de modélisation dans le cadre de l'instruction du personnel navigant de prochaine génération.

## Résumé

Le Programme d'entraînement en vol de l'OTAN au Canada (NFTC) comporte trois phases offrant une formation de base et un entraînement pour pilotes brevetés à la 15<sup>e</sup> Escadre Moose Jaw et à la 4<sup>e</sup> Escadre Cold Lake, respectivement. Depuis sa mise en œuvre, en 2000, le programme NFTC atteint difficilement son objectif principal, lequel consiste à produire des pilotes diplômés en temps opportun afin d'assurer le maintien des différentes communautés de la force opérationnelle aérienne de l'Aviation royale canadienne (ARC) et d'autres pays participants. Le présent document a pour but de décrire le modèle d'affectation des ressources (MAR) pour le NFTC, un outil très respecté de planification des simulations de vol pour le programme NFTC, mis au point par la Direction d'analyse et de recherche opérationnelle (DARO) au Quartier général de la 1<sup>re</sup> Division aérienne du Canada. Le MAR pour le NFTC reçoit l'appui des responsables de l'Instruction de la Force aérienne et est régulièrement utilisé pour accroître l'exactitude des estimations relatives aux dates d'obtention du diplôme et évaluer les conséquences d'une réduction ou d'une augmentation des ressources à l'entraînement au pilotage.

## Introduction

Les stagiaires canadiens débutants choisis en vue de l'instruction des pilotes passent par un programme réalisé par étapes, illustré à la figure 1. La portion prévue par contrat du programme NFTC consiste en une offre comportant trois phases : l'entraînement de base, l'entraînement avancé et l'entraînement initial des pilotes de chasse, à la 15<sup>e</sup> Escadre (Moose Jaw) et à la 4<sup>e</sup> Escadre (Cold Lake), respectivement<sup>1</sup>. La phase IIA, une formation élémentaire suivie par tous les aspirants-pilotes de l'ARC, est offerte à la 15<sup>e</sup> Escadre. Les diplômés sont ensuite transférés dans les programmes d'instruction des pilotes d'avions à réaction, d'avions multimoteurs ou d'aéronefs à voilure tournante (lesquels sont offerts en vertu d'un contrat distinct parallèlement à la phase I – Entraînement d'introduction au pilotage, à Southport, Portage la Prairie). L'entraînement avancé au pilotage d'avions à réaction (phase III) se poursuit dans le cadre du programme NFTC à la 15<sup>e</sup> Escadre. La phase IV, qui consiste en un entraînement initial des pilotes de chasse, est menée dans le cadre du programme NFTC, à la 4<sup>e</sup> Escadre. Le CT156 Harvard II est l'avion utilisé pour les phases IIA et IIB du programme NFTC, alors que le CT155 est utilisé pour les phases III et IV. Depuis sa mise en œuvre, en 2000, le programme NFTC atteint difficilement son objectif principal, lequel consiste à produire des pilotes diplômés en temps opportun afin d'assurer le maintien des différentes communautés de la force opérationnelle aérienne (ARC) et d'autres pays participants. Ce document a pour but de décrire le MAR pour le NFTC, un outil très respecté de planification des simulations de vol pour le programme NFTC, mis au point par la DARO<sup>2</sup>. Il a reçu l'appui des responsables de l'Instruction de la Force aérienne au Quartier général de la 2<sup>e</sup> Division aérienne du Canada et été régulièrement utilisé au cours des 13 dernières années.

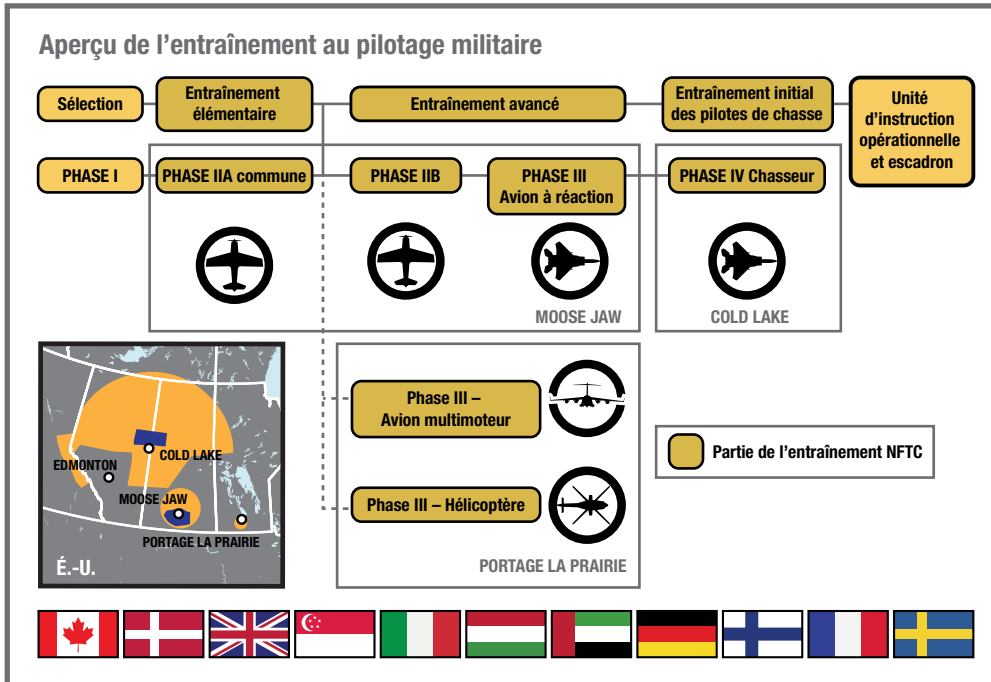


Figure 1. Programme d’instruction des pilotes canadiens *ab initio* : Programme d’entraînement en vol de l’OTAN au Canada (NFTC)

### Soutien historique de l’instruction des pilotes par la DARO

Depuis la fin de 2002, la DARO offre à l’ARC un point de vue analytique en ce qui concerne les questions relatives à la capacité d’accueil et à l’affectation des ressources au programme NFTC<sup>3</sup>. L’élaboration du MAR pour le NFTC était initialement axée sur la phase IV du programme, à la suite de l’écrasement d’un avion CT155 Hawk qui avait réduit le nombre d’appareils disponibles pour l’entraînement<sup>4</sup>. Le programme a été élargi pour englober les phases II et III, en 2004<sup>5</sup>. Le modèle était nécessaire pour une autre raison : les écoles de pilotage de l’ARC ne réussissaient pas à produire des cohortes de diplômés dans les limites des dates prévues pour l’obtention du diplôme. Le MAR pour le programme NFTC a été créé pour accroître l’exactitude des estimations relatives aux dates d’obtention du diplôme et pour évaluer les conséquences d’une réduction ou d’une augmentation des ressources à l’instruction au pilotage. L’outil de simulation a connu plusieurs itérations pendant son développement afin d’améliorer son niveau de sophistication et de réalisme, plus récemment, en 2013<sup>6</sup>. Des experts en la matière ont réaffirmé les hypothèses du modèle, mis à jour les données d’entrée sur les pertes opérationnelles et confirmé que le modèle est une représentation raisonnable de la planification opérationnelle menée dans le cadre du programme NFTC<sup>7</sup>.





Parallèlement, la DARO a effectué d'importantes mises à jour afin d'intégrer les phases de l'instruction des pilotes qui ne faisaient pas partie du modèle initial (c.-à-d. la phase I – Entraînement d'introduction au pilotage, et la phase III – Entraînement avancé au pilotage d'avions multimoteurs et d'hélicoptères, lesquels sont menés en vertu d'un contrat séparé de services d'instruction à Portage la Prairie, au Manitoba). La DARO a également ajouté plusieurs nouvelles fonctionnalités. Pour la première fois, les améliorations du modèle ont été apportées avec l'aide d'un entrepreneur externe<sup>8</sup>. Aujourd'hui, le MAR pour le NFTC est l'un de plusieurs modèles d'affectation des ressources qui abordent différentes questions liées à la formation du personnel navigant<sup>9</sup>. La version générique, qui porte le nom de « MAR pour l'instruction des pilotes-étudiants » (MAR IPE), peut être appliquée à n'importe quelle phase de l'instruction des pilotes figurant dans la liste de la figure 1. L'intention première du présent document est de décrire le MAR pour le NFTC et d'expliquer comment il a été utilisé pour identifier et résoudre les problèmes d'affectation des ressources liés à l'instruction des pilotes-étudiants, au cours des différentes phases du programme NFTC.

## Description du modèle

Le MAR pour le NFTC a été conçu pour aborder les problèmes de planification du programme NFTC. Il s'agit d'une simulation stochastique programmée en C++, avec interface frontale en Visual Basic. Le modèle permet de simuler l'exploitation d'une école de pilotage offrant les phases d'instruction des pilotes du programme NFTC. L'école offre différents types de cours, tout au long de l'année. L'occurrence d'un cours porte le nom de « série » et, habituellement, plusieurs séries de chaque cours sont enseignées à l'école simultanément, chacune se trouvant à une étape différente d'avancement. Chaque cours consiste en une série de leçons spécifiques (leçons en classe normales, séances en simulateur ou missions de vol), qui requièrent chacune un ensemble de ressources particulier. La liste complète de toutes les activités qu'un stagiaire doit effectuer et de toutes les ressources nécessaires qui y sont associées est appelée « déroulement du cours ». Les intrants et les extrants sont essentiellement réalisés au moyen de feuilles de calcul Microsoft Excel.

Le modèle ne vise pas à optimiser le calendrier en tant que tel, mais plutôt à assurer un suivi du déroulement du cours du programme type pour pouvoir affecter les ressources aux différents cours offerts concurrentement. Comme les ressources sont limitées, des conflits d'horaire surviennent et toutes les activités des cours concomitants ne peuvent être menées tous les jours. Des décisions doivent être prises afin de déterminer les activités qui seront menées et celles qui devront être reportées. Ces décisions sont fondées sur l'ordre hiérarchique des priorités. À cet égard, l'outil sert davantage à la planification qu'à l'établissement des horaires; par conséquent, il est utilisé pour déterminer la durée de chaque type de déroulement de cours, les facteurs les plus importants ayant une incidence sur sa durée, de même que les dates de remise des diplômes. Afin d'assurer l'obtention de résultats solides, l'outil a été alimenté par quelques séries annuelles de chaque déroulement de cours et exécuté plusieurs fois<sup>10</sup>.

Le principal objectif du modèle est de déterminer la limite des capacités en matière d'accueil des pilotes-étudiants, en fonction d'un ensemble spécifique de ressources (ou, à l'inverse, de déterminer les ressources nécessaires pour permettre à un nombre particulier de stagiaires d'obtenir leur brevet) à chaque phase du programme NFTC. En raison de la nature stochastique du problème, il existe une variabilité inhérente quant aux dates de remise des diplômes à la suite des séries de cours, du début à



la fin, à l'intérieur du MAR pour le NTFC. Par conséquent, pour déterminer le succès d'un scénario, des mesures de l'efficacité (ME) ont été définies, conjointement avec les responsables de l'Instruction de la Force aérienne de la 2<sup>e</sup> Division aérienne du Canada (Instr FA DAC 2), en ce qui concerne les dates de remise des diplômes des séries de cours<sup>11</sup>. Un scénario du MAR pour le NFTC est considéré comme une réussite si les exigences des ME 1 sont satisfaites, ainsi que celles des ME 2 ou des ME 3. Les règles sont les suivantes :

- ME 1 : 75 % des pilotes-étudiants participant aux séries de cours qui présentent un intérêt<sup>12</sup> obtiennent leur brevet à temps (ou plus tôt), dans au moins 75 % des exécutions du MAR pour le NFTC;
- ME 2 : 90 % des pilotes-étudiants participant aux séries de cours qui présentent un intérêt obtiennent leur brevet avec un retard ne dépassant pas cinq jours ouvrables, dans 75 % ou plus des exécutions du MAR pour le NFTC;
- ME 3 : 75 % des pilotes-étudiants participant aux séries de cours qui présentent un intérêt obtiennent leur brevet avec un retard ne dépassant pas cinq jours ouvrables, dans 95 % des exécutions du MAR pour le NFTC.

Les deux prochaines sections décrivent les principales fonctionnalités de l'outil et les hypothèses intégrées pour rendre le modèle aussi réaliste que possible et refléter fidèlement la conduite des opérations au sein d'une école de pilotage de l'ARC. Cela permet aux responsables de l'Instruction de la Force aérienne (Instr FA) d'avoir l'assurance que le modèle est représentatif du programme NFTC, lorsqu'ils évaluent des combinaisons de scénarios portant sur les ressources et la capacité d'admission.

## Simulation des principales fonctionnalités de l'outil

Depuis la conception initiale du MAR pour le NFTC, plusieurs fonctionnalités ont été ajoutées pour accroître la fidélité du modèle et fournir aux responsables de l'Instr FA un aperçu aussi réaliste que possible de la situation réelle, dans les écoles de pilotage. La liste qui suit résume les principales fonctionnalités de la version actuelle du modèle<sup>13</sup>.

- *Plusieurs cours sont exécutés simultanément* : Plutôt que d'utiliser des équivalences de stagiaires, le modèle peut accommoder tous les cours qui se font concurrence pour obtenir des ressources et les planifier simultanément (p. ex. stagiaires réguliers, instructeurs de vol, transitions, conversions et compétences).
- *Ordre des éléments de missions du plan d'instruction* : Les missions peuvent être séquentielles et fondées sur les préalables ou disposées en blocs, selon le type de ressources.
- *Phase prolongée pour certains stagiaires* : Cette fonctionnalité s'avère utile lorsque des activités supplémentaires de mission ne concernent qu'un sous-ensemble de stagiaires qui commencent un cours et qui doivent être entreprises immédiatement après la fin de la première partie du cours. Les stagiaires de la Royal Singapore Air Force (RSAF) qui ne participent pas à toutes les phases du programme NFTC en sont un exemple; dans certains cas, les missions supplémentaires sont donc ajoutées à la fin du cours régulier.



- *Souplesse dans le choix d'une autre mission d'entraînement* : Cette caractéristique n'est offerte que dans la dernière version, mais la DARO considère depuis longtemps que celle-ci est susceptible d'avoir la plus grande incidence sur la durée du cours, après les conditions météorologiques. La capacité de choisir une autre activité du programme lorsque la première ne peut être envisagée (généralement en raison des conditions météorologiques, mais aussi à la suite d'un manque de ressources) est extrêmement importante.
- *Déroulement de cours prioritaires* : L'ordre des types de déroulement de cours peut être attribué en fonction de leur priorité.
- *Restrictions de vol en raison du cycle saisonnier de la lumière diurne* : Les vols des pilotes-étudiants sont principalement effectués de jour. Comme, au Canada, les jours sont beaucoup plus courts en hiver, cette fonctionnalité permet de réduire les activités de vol pendant les mois d'hiver.
- *Nombre variable de stagiaires par série de cours* : Le modèle permet de varier la taille des classes selon la série de cours, alors que le contrat NFTC prévoit un nombre fixe de stagiaires par cours.
- *Calendrier de vol selon les conditions météorologiques réelles ou par jour d'entraînement au pilotage* : Ce choix peut être effectué, selon que l'école a, ou non, procédé à une analyse détaillée des exigences relatives aux conditions météorologiques pour réaliser un exercice de vol. Lorsque sélectionné, le calendrier désigne, de manière aléatoire, un nombre fixe de jours sans vol dans un mois, selon la saison.
- *Échec d'une mission d'entraînement et nombre variable d'activités correctives* : Certains échecs ne sont pas liés au rendement du stagiaire, mais d'autres le sont et requièrent des activités d'instruction correctives particulières qui doivent être menées avant que le stagiaire puisse tenter à nouveau de réussir la mission qu'il avait échouée.
- *Missions d'entraînement à plusieurs stagiaires/aéronefs* : Dans le cadre de certaines leçons, on exige des stagiaires qu'ils travaillent en équipe et qu'ils soient jumelés (vol en formation). Un algorithme correspondant est utilisé afin de déterminer si d'autres stagiaires du même type sont en attente d'être jumelés pour la même mission d'entraînement. D'autres activités demandent un aéronef de soutien supplémentaire (manœuvres de combat aérien). Le modèle attribue ces aéronefs supplémentaires au besoin.
- *Trois types de dispositifs de simulation permis selon l'ordre hiérarchique d'attribution* : Ceux-ci vont de types très simples, comme les simulateurs de procédures du poste de pilotage et de tâches partielles, aux dispositifs d'entraînement au vol (DEV) sans mouvement à 4 ou 8 canaux. L'algorithme d'attribution effectue une recherche pour mettre à l'essai et attribuer les DEV dont la fidélité est la plus basse possible à chaque simulateur de mission, tout en assurant la disponibilité de dispositifs plus sophistiqués pour les missions qui ne peuvent être menées qu'à l'aide de ces dispositifs.
- *Journées complètes et demi-journées d'instruction au sol* : La valeur de cette fonctionnalité ne peut être sous-estimée en raison de la prémisse non écrite selon laquelle il faut « placer les stagiaires sur la ligne de vol » le plus tôt possible. L'instruction au sol est prévue au début des cours et la prestation de la dernière partie de la formation peut être programmée en demi-journées, l'autre moitié consistant en séances de simulation ou en exercices de vol.



- *Deux missions d'entraînement quotidiennes par stagiaire* : Les stagiaires peuvent effectuer deux missions d'entraînement par jour, en tenant compte des règles liées aux missions autorisées ensemble, lorsque permises, et des règles concernant les séries de cours dans le cadre desquelles deux missions quotidiennes sont autorisées. Les utilisateurs peuvent passer par le principe de rattrapage pour effectuer deux missions par jour, ce qui ne pourra être activé que si le stagiaire effectue tardivement une partie du cours et ne se terminera qu'une fois le rattrapage effectué.
- *Programmes de mise à jour demandés après des pauses ou des délais de longue durée* : Des missions de recyclage peuvent être organisées lorsque les stagiaires suivant une série de cours en particulier passent plusieurs jours sans effectuer de mission d'entraînement. Dans de telles circonstances, les stagiaires consacreront une période d'instruction à un exercice de vol ou à une mission de recyclage sur DEV avant de poursuivre le déroulement du cours.
- *Les stagiaires dont la date d'obtention du diplôme est la plus rapprochée ont la priorité* : Les stagiaires dont la date d'obtention du diplôme est la plus rapprochée peuvent se voir accorder la priorité afin d'accroître leurs chances d'obtenir leur brevet à temps. Cette disposition est prise essentiellement pour adapter le scénario, lorsque les résultats indiquent que les exigences des ME sont en voie d'être satisfaites.
- *Disponibilité/absence pour raisons de santé d'un stagiaire* : L'incapacité de stagiaires à prendre part aux cours est une probabilité quotidienne dont on doit tenir compte.
- *Surplus ou pertes temporaires de ressources* : Il s'agit d'une caractéristique héritée des versions antérieures et qu'on utilise pour déterminer l'impact d'une perte temporaire de ressources pendant une période donnée (p. ex. une inspection spéciale à la suite de l'immobilisation au sol de tous les aéronefs pendant une semaine). Le surplus peut être utilisé conjointement avec l'une des caractéristiques planifiées, dynamiques ou déployées, ou autre.
- *Missions de fin de semaine planifiées* : Cette fonctionnalité planifiée et délibérée permet à l'utilisateur d'établir la fréquence prédéterminée (une ou deux fois, ou chaque semaine dans un mois) d'une mission d'entraînement le samedi, pendant une période donnée.
- *Activité dynamique de fin de semaine* : Comme le terme le suggère, cette option peut être choisie selon l'importance du retard d'un stagiaire et le nombre de stagiaires qui accusent un retard au sein d'une série de cours. Les taux sont définis par l'utilisateur et le modèle générera de manière dynamique une activité pendant une journée de fin de semaine ou les deux, selon la gravité du retard, et la maintiendra en vigueur jusqu'à ce que le stagiaire soit à jour dans la série de cours. Les caractéristiques « planifié » et « dynamique » peuvent toutes deux s'appliquer au simulateur ou aux exercices de vol.
- *Entraînement déployé* : Le modèle peut effectuer une partie des missions d'entraînement du programme, à partir d'un site en déploiement. L'utilisateur précise de quelles séries de cours et de quelles missions il s'agit, de même que le nombre d'aéronefs nécessaires pour les stagiaires.
- *Compétences des instructeurs* : Le modèle permet de prévoir une formation de maintien des compétences des pilotes instructeurs (PI) de deux façons, l'une consistant en une programmation du perfectionnement du PI, seulement si des sorties supplémentaires des aéronefs sont possibles, une



fois que toutes les missions d'entraînement des stagiaires ont été effectuées. Par ailleurs, le perfectionnement peut aussi être organisé comme un cours, les heures de vol de perfectionnement pilote entreront alors en concurrence avec celles des stagiaires, pour ce qui est des ressources.

- *Conditions météorologiques complexes* : Une combinaison de conditions météorologiques peut être intégrée dans les exigences complexes relatives aux missions de vol (c.-à-d. conditions météorologiques de vol aux instruments [IMC], mais nuages fragmentés à 2 000 pieds et vol à vue possible à certaines altitudes).
- *Calcul du vent de travers* : Si le terrain d'aviation n'a qu'une seule piste et que les conditions météorologiques réclament une limite du vent de travers, le modèle peut calculer cette limite à partir de l'orientation de la piste.

## Hypothèses du modèle

Dans le MAR pour le NFTC, certaines hypothèses générales s'appliquent à tous les scénarios, alors que d'autres visent plus particulièrement certains scénarios ou des phases particulières. Les principales hypothèses générales, accompagnées d'une description explicative secondaire, le cas échéant, figurent dans la liste ci-dessous.

1. La journée normale de travail se divise en deux : l'avant-midi et l'après-midi. Une « autre » période peut être ajoutée afin de prévoir des activités en dehors de la journée normale de travail (p. ex. tôt le matin ou en soirée). Ces autres créneaux sont utilisés d'abord parce qu'on présume que la ressource sera utilisée à l'extérieur du programme.
2. Les pertes opérationnelles sont comprises et attribuées dans tout le modèle, mais les facteurs de causalité ne sont pas résumés.
3. Il existe plus d'un type d'échec individuel possible d'une mission d'entraînement :
  - répétition simple, si celui-ci est causé par un facteur non lié au stagiaire (détérioration des conditions météorologiques, défaillance de l'équipement);
  - liste d'activités correctives, selon le type d'échec et le rendement du stagiaire.
4. Les stagiaires concurrents se voient accorder des ressources, selon l'ordre hiérarchique de la priorité :
  - les stagiaires qui n'ont pu mener une mission d'entraînement pendant la période précédente (missions prévues, mais incapacité à les réaliser);
  - les stagiaires qui échouent une mission d'entraînement;
  - les stagiaires provenant d'un déroulement de cours prioritaire;
  - les stagiaires qui s'apprêtent à obtenir leur brevet;
  - les stagiaires dont la dernière mission remonte à loin.



## 5. Aéronefs :

- La disponibilité des aéronefs est un problème externe au modèle. On suppose que le nombre de sorties correspond aux missions d'entraînement possibles que l'entrepreneur du programme NFTC s'est engagé à offrir quotidiennement. Ce nombre est également entre les périodes de l'avant-midi et de l'après-midi. Certains éléments, comme l'entretien prévu ou à court terme, relèvent donc de la responsabilité de l'entrepreneur.
- Le modèle ne considère pas de façon explicite les vagues deancements d'aéronefs. Pour chaque phase du programme d'entraînement des pilotes, le contrat NFTC précise le nombre de sorties d'aéronefs lancés, récupérés et lancés de nouveau, et ce, un certain nombre de fois par jour. Généralement, la connaissance doit porter sur un plus grand nombre de détails liés à la planification des missions d'un aéronef que les seuls éléments pris en compte dans les MAR pour le NFTC. Ces détails sont, par exemple : 17 sorties d'un aéronef CT155, lancé cinq fois par jour, pour un total de 85 sorties soutenues.

## 6. L'attrition des stagiaires, traitée en bloc (dans quelle proportion et quelle partie du déroulement du cours se trouvent ceux qui ne terminent pas l'instruction) :

- taux d'attrition (pourcentage des stagiaires qui échouent);
- répartition fondée sur le chemin parcouru dans le cours avant l'abandon des stagiaires.

## 7. La disponibilité de PI pour soutenir les missions d'entraînement des stagiaires est prédéterminée à l'extérieur du modèle. Un manuel portant sur la disponibilité des PI est utilisé pour déterminer les effectifs formés en activité de chaque catégorie d'instructeurs et le nombre de missions d'entraînement quotidiennes pouvant être soutenu. Le modèle précise ensuite le nombre total de sorties à partir de la feuille de calcul de la disponibilité des PI :

- pour chaque catégorie d'instructeurs, des taux de sorties distincts sont générés;
- les responsabilités administratives sont prises en considération au cours de l'établissement des taux de sortie;
- on tient également compte des congés annuels, du perfectionnement professionnel et de l'impact de la saison d'affectation, pour les PI militaires;
- le nombre de PI en congé de maladie est calculé quotidiennement, au sein de l'outil.

## 8. Les conditions météorologiques sont spécifiées pour chaque exercice de vol au cours du déroulement du cours. Des données météorologiques historiques sont utilisées pour calculer la probabilité que les conditions de vol requises ne soient pas satisfaites. Ces données ont été recueillies sur une période de 25 ans, et les moyennes de chaque facteur ont été calculées<sup>14</sup>. Les facteurs météorologiques qui suivent ont été évalués pour chaque terrain d'aviation :

- le plafond, la visibilité, la température, le refroidissement éolien, le vecteur vent et la direction du vent.



9. Les facteurs supplémentaires suivants liés aux conditions météorologiques sont pris en compte dans la production de la matrice de probabilités des conditions météorologiques :
- coefficient de freinage James (JBI) (friction sur la piste/voie de circulation);
  - oiseaux migrateurs;
  - limites de l'aéronef liées aux conditions météorologiques (givrage en hiver).

## Exécution du MAR pour le NFTC

Chaque scénario lié au MAR pour le NFTC est fondé sur un ensemble d'intrants des feuilles de calcul Excel propres à la phase d'instruction du programme NFTC concernée. Les intrants nécessaires sont les suivants : un déroulement de cours dressant la liste du programme suivi par un stagiaire pour chaque type de cours mené; le taux d'attrition des stagiaires; des renseignements sur la série de cours (dates de début/fin, nombre de stagiaires, stagiaires bénéficiant d'une prolongation, règles de priorité, etc.); les exigences relatives aux compétences des PI, les paramètres de préférence (en ce qui concerne les priorités des déroulements de cours, des fins de semaine dynamiques, des fins de semaine planifiées et du compte du type de missions d'entraînement); ainsi qu'une matrice de probabilités concernant toutes les conditions météorologiques qui s'appliquent à la phase en question.

Pour ce qui est des ressources supplémentaires, les intrants comprennent :

- les sorties d'aéronefs pour chaque avant-midi/après-midi, ainsi que la variation selon les saisons été/hiver;
- le nombre de créneaux horaires par jour d'instruction au vol pour chaque appareil (avant-midi/après-midi);
- la disponibilité totale des instructeurs en vue des sorties (calculée à l'extérieur du modèle);
- les phases d'instruction déployées et les ressources utilisées;
- les périodes d'intensification/de perte et redressement des ressources associées.

Généralement, le volume d'intrants pour un scénario est défini une fois et demeure constant. L'analyste entreprend ensuite le processus itératif visant à mener des exécutions et à analyser les résultats et tend ensuite à se concentrer sur les changements apportés aux ressources, aux dates de début et de fin (durée du cours) ou à la taille des classes de la série de cours. Pour un nombre établi de stagiaires annuels, ce processus se poursuit jusqu'à l'atteinte des exigences des ME 1 et des ME 2 ou ME 3.

Le modèle recueille une mine de statistiques sur divers points d'intérêt et les édite dans différents classeurs Excel. Des macros sont appliquées aux données afin de produire des graphiques et des tableaux sommaires significatifs. Les principaux (résultats concernant le nombre de stagiaires dans les séries de cours qui obtiennent leur brevet à temps, durée des cours, statistiques sur l'utilisation des ressources) sont décrits dans l'exemple de scénario figurant ci-dessous. Une gamme de statistiques de sortie autres est générée et comprend les éléments qui suivent :



- nombre de fois où les stagiaires ont effectué deux missions d'entraînement par jour;
- horaires de tous les cours/stagiaires inscrits dans une phase, pendant les années qui présentent un intérêt;
- dossier de perfectionnement indiquant la durée des cours et le chevauchement des cours concurrents;
- demande de ressources et annulation des missions excédant la capacité;
- nombre de missions par type pouvant servir à calculer la saturation du terrain de vol.

## Exemple de scénario d'un MAR pour le NFTC

Fournir un exemple de scénario constitue le meilleur moyen d'illustrer la pertinence d'appliquer le MAR à une nouvelle proposition visant à combiner les phases II/III du cours sur l'aéronef CT156 Harvard. Pendant les 12 premières années du programme NFTC, le cours de la phase II était considéré comme faisant partie du tronc commun et mené seulement sur l'aéronef CT156 Harvard. Après l'obtention du brevet, une partie des stagiaires était sélectionnée pour suivre l'entraînement sur avions à réaction (voir figure 1) et poursuivait une instruction prolongée sur l'aéronef CT156, avant de faire la transition vers l'entraînement au pilotage d'avions à réaction de la phase III, le CT155 Hawk. Le présent scénario a pour but d'identifier les ressources requises pour réussir à intégrer 124 stagiaires réguliers dans le nouveau cours qui amalgame la phase II et la phase III sur l'aéronef Harvard, lequel consiste en 153 éléments de missions d'entraînement, depuis 2012.

### Intrants du scénario

Dans cet exemple, le pourcentage des séries de cours des règles des ME est représenté comme une fraction du total des séries de cours qui présentent un intérêt. Pour 2012 et 2013, on compte un total de 16 séries de cours destinées aux stagiaires réguliers.

Les comptes de séries de cours qui se rapprochent le plus des pourcentages établis dans la règle des ME ou les dépassent, sont les suivants :





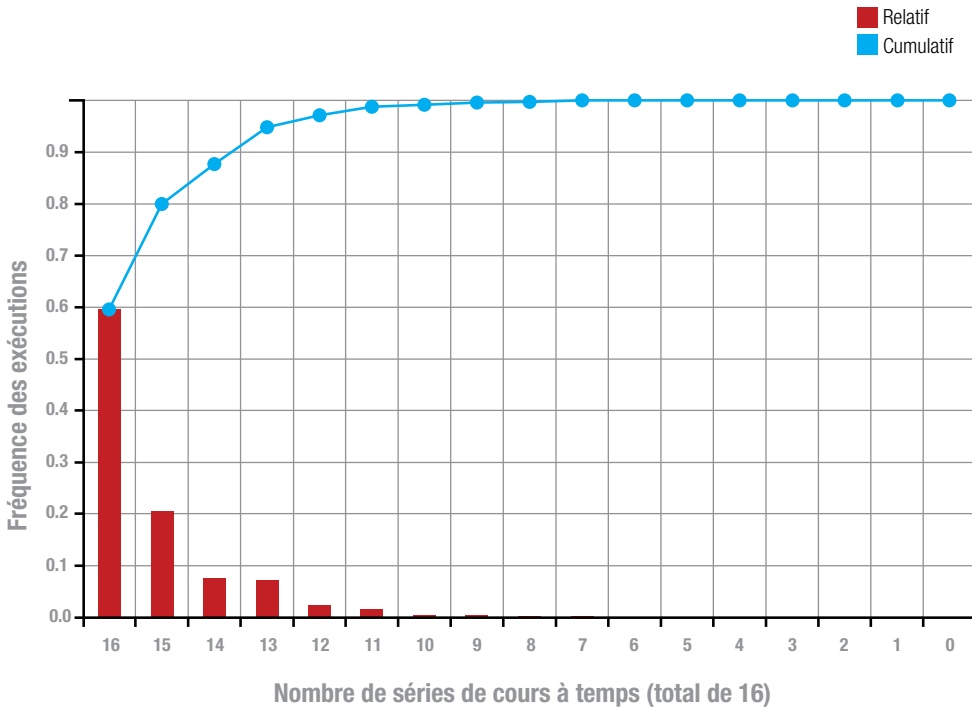
ME	Règle
1	Les stagiaires de 12 des 16 séries de cours doivent obtenir leur diplôme à temps dans 75 % des exécutions.
2	Les stagiaires de 15 des 16 séries de cours doivent obtenir leur diplôme avec un retard ne dépassant pas cinq jours ouvrables dans 75 % des exécutions.
3	Les stagiaires de 12 des 16 séries de cours doivent obtenir leur diplôme avec un retard ne dépassant pas cinq jours ouvrables dans 95 % des exécutions.

Les éléments qui suivent constituent la liste des paramètres d'entrée du scénario :

<b>Nombre de stagiaires</b>	124 dans la phase II et 32 dans la phase III
<b>Nombre de séries de cours</b>	8 séries en 2012 et 2013, mais aussi alimenté avec les séries de cours concurrentes de 2011 et de 2014
<b>Sorties d'aéronefs</b>	85 (mi-février à la mi-novembre) – 72 (hiver)
<b>Dispositifs d'entraînement au vol</b>	27 créneaux (3 dispositifs et 9 créneaux horaires quotidiens)
<b>Pilotes instructeurs (PI)</b>	70 PI (5 commandants, 16 superviseurs, 49 pilotes de ligne)
<b>Exigences en matière de compétences des PI</b>	1 200 sorties (du lundi au vendredi)
<b>École de formation au sol</b>	35 journées complètes suivies de 20 demi-journées

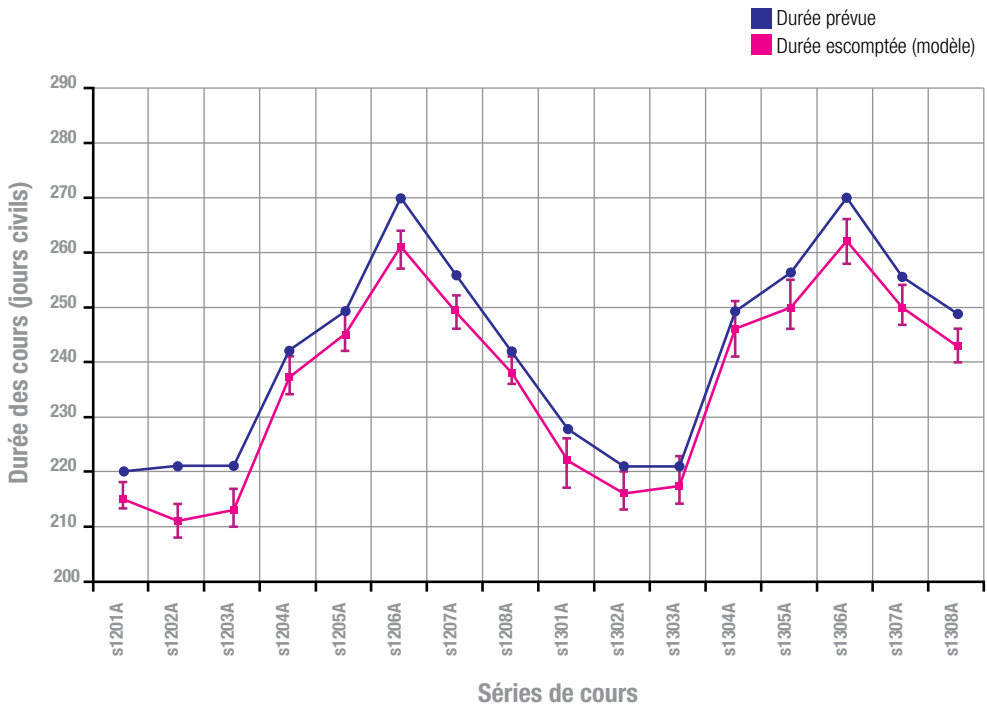
## Résultats

Le scénario a été exécuté 500 fois. Le graphique des résultats, à la figure 2, indique que 14 des 16 séries de cours étaient à temps ou en avance 88 % du temps. Cela signifie que ce scénario satisfait aux exigences des ME 1. Un calcul distinct a été effectué sur les données des résultats des séries de cours (non illustrées dans la figure) afin d'estimer le retard accusé par les autres séries. Selon les résultats obtenus, le retard de 15 des 16 séries de cours ne dépassait pas cinq jours ouvrables, 96 % du temps, ce qui signifie que, dans cet exemple, les exigences des ME 2 et des ME 3 sont satisfaites et qu'il s'agit donc d'un scénario réussi du MAR pour le NFTC.



**Figure 2. Résultats des cours de la phase II du programme NFTC avec 124 stagiaires**

La figure 3 illustre la comparaison entre la durée planifiée des cours (ligne bleue), fondée sur les données fournies par l'Instr FA et la durée des séries de cours calculée par le MAR du NFTC (ligne magenta). La comparaison est cohérente avec les résultats obtenus pour toutes les séries de cours, la durée moyenne du modèle (points magenta) se trouve sous les valeurs prévues (points bleus), ce qui suggère que les cours, en moyenne, pourraient être effectués avant ou dans les délais prévus. Les lignes se trouvant au-dessus et sous les durées prévues du modèle indiquent la variabilité inhérente aux résultats. Il convient de souligner que, pour quelques séries de cours, les lignes chevauchent la valeur planifiée (à savoir le cours 1304), ce qui indique qu'on s'attend à ce que les stagiaires dans cette série de cours obtiennent leur brevet avec un léger retard, dans certains cas.



**Figure 3. Durée des cours de la phase II du programme NFTC – 1<sup>er</sup> et 3<sup>e</sup> quartiles**

La figure 4 illustre la fréquence avec laquelle les créneaux horaires des journées de travail sont consacrés au DEV lors d'une seule exécution du MAR pour le NFTC. On ne doit pas oublier que le maximum disponible pour ce scénario est de 27. La grande ligne correspondant à la fréquence, au-dessus du chiffre 27, signifie qu'on a utilisé 27 créneaux horaires en 84 jours de travail sur 245. En raison de la nature stochastique du MAR pour le NFTC, de nombreuses exécutions sont nécessaires. Sur les 500 menées, la valeur maximale de 27 comportait une variation se situant entre 65 jours et 84 (voir la figure 4). Les DEV sont très recherchés, comme l'illustre ce graphique : les lignes de gauche sont très basses, voire inexistantes.

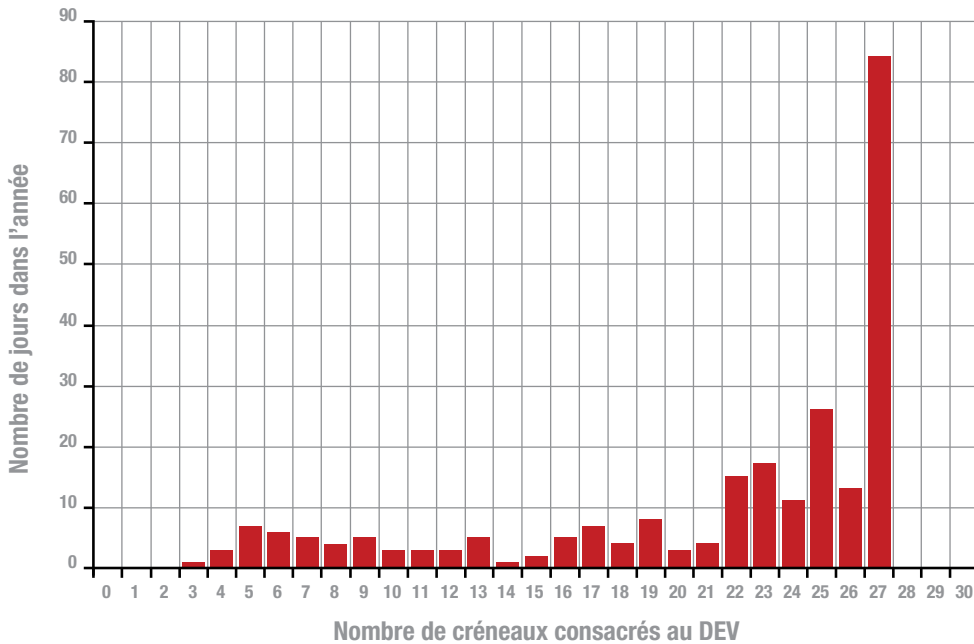


Figure 4. Créneaux horaires consacrés au DEV

Ce scénario n'impose toutefois pas trop de contraintes pour la ressource, puisque les statistiques concernant le DEV indiquent un taux d'annulation relativement bas, la demande dépassant l'offre. Le MAR pour le NFTC fournit des données et des représentations graphiques supplémentaires qui permettent d'observer plus en profondeur l'utilisation de la ressource. Habituellement, selon l'expérience des analystes de la DARO, les problèmes liés à la capacité d'utilisation tendent à ne se produire que lorsque la valeur maximale des créneaux a été atteinte au cours de la moitié des journées de travail disponibles (dans le cas présent, il s'agirait de plus de 122 jours).

La figure 5 montre un autre graphique illustrant les résultats liés aux ressources, généré pour une seule exécution du MAR pour le NFTC. Celui-ci indique que ce scénario ne présente pas une utilisation intensive des aéronefs, puisque le nombre maximal de sorties, à savoir 85 pendant une période normale (de février à novembre), se produit rarement ni ne dépasse le nombre maximal de 72 pendant l'hiver. On constate, dans le graphique, que le nombre de zéros est assez fréquemment atteint. Cela s'explique par le fait que de mauvaises conditions météorologiques empêchent le vol des aéronefs de 30 à 35 jours par année. De plus, certains jours, elles sont telles que seulement certaines missions d'entraînement peuvent être effectuées. La présente analyse des conditions météorologiques contribue à expliquer pourquoi ce graphique est si brouillé. Il convient de souligner que les mêmes statistiques et graphiques concernant les résultats des ressources peuvent être produits autant pour le DEV que pour les missions d'entraînement.

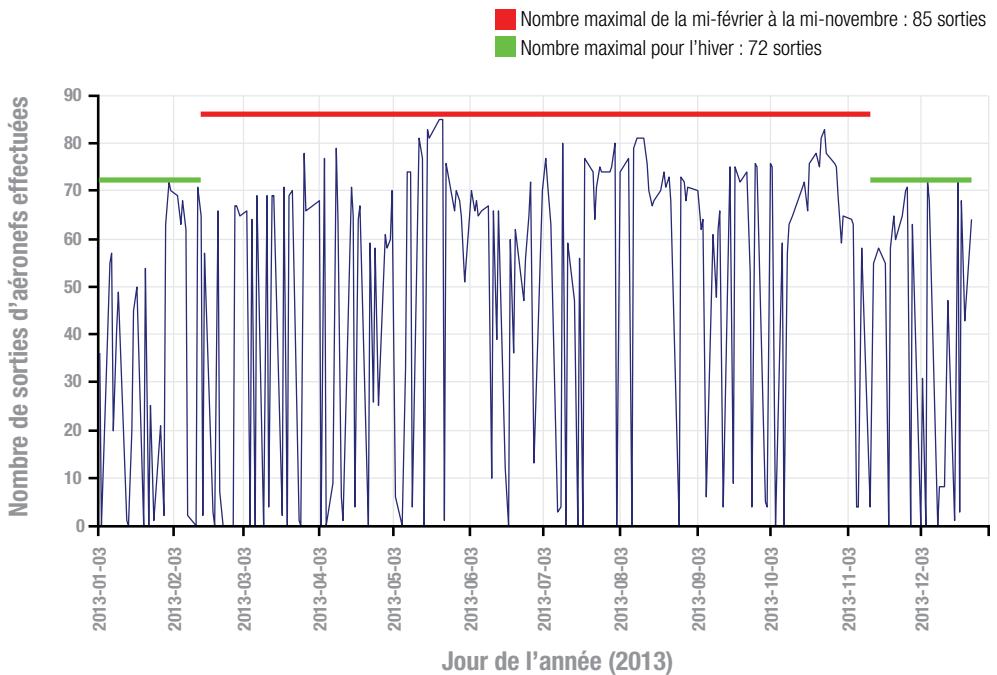


Figure 5. Taux de missions d'entraînement quotidiennes

L'exemple donné correspond à un seul type de questions (ou tâches) liées à l'instruction des pilotes débutants que l'ARC a présentées à la DARO au cours des 14 dernières années. Habituellement, ces questions (ou tâches) se retrouvent dans deux catégories : 1) pour un certain nombre de ressources (sorties d'aéronefs pouvant être générées, créneaux horaires des simulateurs de vol et PI), déterminer la capacité d'accueil de stagiaires pour une phase donnée du programme d'instruction des pilotes; 2) réciproquement, définir la charge de travail des stagiaires afin de calculer la quantité de ressources nécessaires pour permettre aux stagiaires participant aux séries de cours d'obtenir leur brevet à temps. L'exemple donné ci-dessus illustre la dernière catégorie.

Les autres types de questions posées ou de tâches confiées par le client sont les suivants :

1. Déterminer l'impact d'un plus grand nombre de séries de cours comptant moins de stagiaires par série. On a déterminé que, dans l'ensemble, le résultat donnait lieu à une réduction de l'utilisation des ressources (diminution de la hauteur et de la profondeur des pics et des creux), en ce qui concerne le simulateur et les sorties d'aéronefs. Toutefois, un trop grand nombre de séries de cours ouvrait la possibilité à un conflit éventuel pour les instructeurs (temps de battement insuffisant entre les missions d'entraînement) et la disponibilité des classes<sup>15</sup>.



2. Pour une phase donnée du programme d'instruction, déterminer les meilleures séries de cours pouvant accueillir des stagiaires étrangers et prévoir la durée des cours, bien que le programme diffère dans chaque groupe. Cette question a donné lieu à une interaction importante avec les entrepreneurs et les instructeurs de la 2 DAC afin de tenir compte des nombreuses considérations externes au modèle (c.-à-d. l'harmonisation avec le programme d'instruction au pilotage des stagiaires étrangers; et les stagiaires étrangers devant être intégrés au sein d'un groupe de stagiaires canadiens ou à qui on offre une série de cours dédiée<sup>16</sup>).
3. Évaluer l'impact des changements climatiques. Il existe toujours une croyance commune selon laquelle la détérioration des conditions climatiques des Prairies, au cours des dernières années, touche plus particulièrement la formation au pilotage. On a également mentionné que la DARO, après une analyse complète et approfondie du programme NFTC et des conditions météorologiques réelles, a déterminé l'impact de ces dernières sur les prévisions de la durée des cours et la fiabilité des dates estimées de remise des diplômes<sup>17</sup>. Mais, pour répondre à cette question particulière, la DARO a procédé à une analyse distincte au sein de laquelle elle a ventilé les données relatives aux conditions météorologiques en cinq segments et évalué si la capacité de vol augmentait ou diminuait (détérioration des conditions météorologiques), au fil des années, à Moose Jaw<sup>18</sup>.
4. Procéder à une refonte du programme de cours pour déterminer la durée et de meilleures dates de début et de fin. Initialement, le programme de cours était organisé de manière séquentielle et axé sur les conditions préalables. Ainsi, les stagiaires ne pouvaient jamais devancer le programme et il n'y avait aucune souplesse en ce qui concerne la programmation des missions. Dans l'exemple présenté plus haut, une partie de l'amalgame des phases II et III du cours comprenait l'agencement des missions individuelles en blocs, principalement fondé sur les ressources, les DEV et les vols. Ce changement à la règle a amélioré la prévisibilité de l'utilisation des ressources, mais ne s'est pas traduit par une quelconque amélioration en ce qui concerne la durée des cours (en effet, dans la plupart des cas, celle-ci n'a pas été réduite<sup>19</sup>).
5. Évaluer l'impact des exigences en matière de compétences des PI sur les ressources affectées au programme. Pendant plusieurs années, on ne pensait aux compétences qu'après coup, mais une plus grande priorité a été accordée afin de maintenir les compétences de pilotage des PI, ces missions commençant à faire concurrence aux ressources limitées allouées<sup>20</sup>.
6. Questions ou tâches diverses<sup>21</sup> comportant des publications ou des présentations orales moins officielles sur les résultats d'analyses :
  - estimation de la période de reprise après des pertes imprévues (p. ex. pertes associées à l'entretien des aéronefs, conditions météorologiques rigoureuses pendant une longue période);
  - détermination de l'impact de la mise en œuvre de vols prévus pendant la fin de semaine, avant l'hiver. Cela a certainement eu l'effet désiré d'accumuler des missions X (missions accomplies) à l'avance et de prévoir avec plus de précision le moment où des heures supplémentaires s'avèraient nécessaires et de la mesure dans laquelle elles étaient requises, dans la planification des missions d'entraînement;



- plus grande souplesse dans le choix des missions. Cela impliquait l'établissement d'un ensemble de missions de substitution, lorsque la mission principale ne pouvait être confiée (habituellement en raison des conditions météorologiques ou d'un manque de ressources). Après les conditions météorologiques, il s'agit probablement du plus important impact découlant du changement au sein du MAR du NFTC. L'officialisation de cette pratique a permis de prévoir la durée des cours de manière beaucoup plus fiable parce qu'elle permet au cours de rester dans la bonne voie, bien que, quotidiennement, les stagiaires peuvent ne pas être en mesure de mener la mission première prévue à l'horaire. Il convient de souligner que la DARO a déterminé que certains aspects positifs de cette caractéristique avaient été éliminés, lors de son jumelage avec le programme de cours disposé en blocs à partir de 2013, en raison du fait que la liste des missions de substitution a été réduite, surtout les solutions de rechange concernant les missions de vol et les missions simulées.
- Détermination de l'impact des opérations du site de déploiement (seulement les composantes de vol seulement effectuées normalement pour éviter les mauvaises conditions météorologiques à l'emplacement principal).

## Résumé

Ce document visait à démontrer la façon dont on a réalisé la mise au point et l'application du MAR pour le NFTC. Il a nécessité une relation très étroite entre le milieu de l'instruction au pilotage de l'ARC et l'équipe de la DARO pendant une longue période. Le modèle a été approuvé par l'ARC qui l'utilise pour soutenir les décisions critiques en matière d'affectation des ressources à l'instruction des pilotes menée en vertu du programme NFTC. La DARO s'est aussi vu confier la tâche de contribuer au recrutement de pays qui pourraient participer au programme NFTC, en déterminant où existent des possibilités liées à la capacité d'accueil de stagiaires (capacité excédentaire) ou en vérifiant les répercussions que pourrait entraîner sur les ressources l'ajout de stagiaires au sein d'une phase d'instruction déjà complète. L'arrivée des stagiaires du Royaume d'Arabie saoudite, à partir de 2012, est un exemple de l'impact international du MAR pour le NFTC.

Il est impossible de présenter dans un document concis toutes les fonctionnalités et hypothèses contenues dans le MAR pour le NFTC. L'exemple de scénarios ne représente qu'un sous-ensemble abrégé de la capacité du modèle et de l'impact potentiel qu'il peut exercer. L'instruction au pilotage de l'ARC compte grandement sur l'analyse de la DARO et les conseils rendus possibles par le MAR pour le NFTC.

## Travaux futurs : modélisation de l'instruction du personnel navigant de prochaine génération de la DARO

En 2016, l'équipe du projet Programme d'entraînement des futurs équipages (FACT) de l'ARC a demandé à la DARO de lui fournir un aperçu de ce à quoi pourrait ressembler l'instruction du personnel militaire navigant de prochaine génération, au Canada<sup>22</sup>. Le client, dans le cadre de ce projet, est la Direction de la simulation et de l'instruction (Air) (DSIA) de l'ARC. L'objectif consiste à évaluer les possibilités pour la mise en place et l'affectation de ressources à l'instruction du personnel navigant militaire de prochaine génération. La description de tâches officielle, demandée par la DSIA,



se lit comme suit : « Produire une analyse de l'infrastructure spatiale comparant les futures exigences avec l'infrastructure existante à chacune des possibilités d'emplacement, à la lumière des données relatives à chaque cours<sup>23</sup> ». Trois endroits possibles peuvent être considérés pour l'instruction future du personnel militaire navigant : Moose Jaw, en Saskatchewan, Southport (près de Portage la Prairie), au Manitoba et Winnipeg, au Manitoba.

La DSIA a précisé le format souhaité de l'information recueillie :

- « Une représentation graphique des périodes de pointe des terrains d'aviation, des zones d'instruction au pilotage et des voies de navigation à basse altitude de chaque emplacement possible<sup>24</sup> ».
- « Un rapport détaillant les zones problématiques pour la gestion du trafic aérien et les infrastructures supplémentaires d'aérodrome/espace aérien requises à chaque emplacement possible<sup>25</sup> ».

Étant donné que les programmes de la future instruction du personnel navigant et que la capacité estimée requise seront fournis par l'équipe du FACT, la tâche de la DARO est de déterminer les ressources nécessaires pour assurer la prestation de cette instruction. Pour fournir ce type d'analyse, le principal outil de la DARO est un ensemble logiciel appelé le « MAR pour l'instruction des pilotes-étudiants » (MAR IPE)<sup>26</sup>. Le MAR IPE est un modèle abouti adapté du MAR initial pour le NFTC, qui a été vérifié, validé, examiné par les pairs, publié et mis en œuvre dans l'actuel programme d'instruction des pilotes. Bien qu'il ait été conçu à l'origine pour modéliser l'instruction des pilotes, il peut aussi être facilement adapté pour inclure la formation du personnel navigant, comme les opérateurs de systèmes de combat aérien et les opérateurs de détecteurs électroniques aéroportés. En utilisant le MAR IPE, on peut estimer des paramètres comme le nombre d'instructeurs requis, le nombre de sorties quotidiennes et de simulateurs nécessaires. Toutefois, des considérations physiques se trouvent en dehors de la portée du MAR IPE.

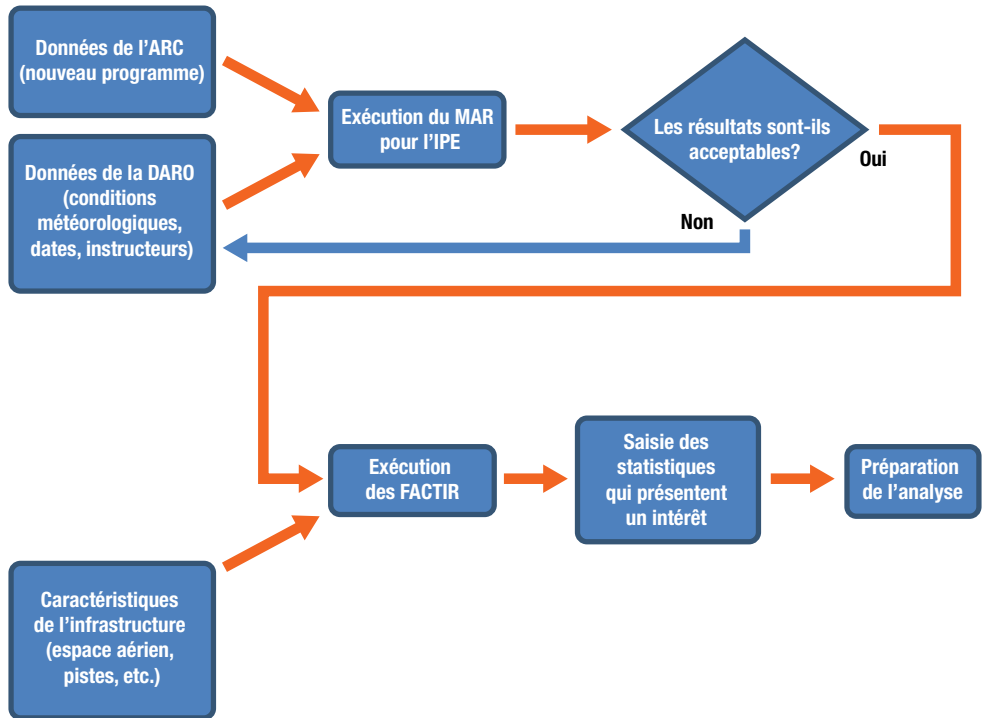
La figure 6 illustre l'organigramme conceptuel du processus que la DARO prévoit mettre en œuvre en vue de compléter l'analyse des différentes options que comporte chaque emplacement hypothétique de formation (et les combinaisons correspondantes). Le MAR IPE existant est d'abord utilisé pour analyser les ressources nécessaires en vue de produire le nombre souhaité de stagiaires, en fonction du nouveau programme. Après l'obtention d'un résultat acceptable, à la suite de l'utilisation du MAR IPE visant à déterminer les besoins futurs en matière d'affectation des ressources au futur programme d'instruction du personnel navigant, la durée des cours, les dates de début et de fin, etc., la prochaine étape sera de déterminer les infrastructures requises pour soutenir l'utilisation de ses ressources. De telles considérations comprennent notamment la congestion des pistes et de l'espace aérien, les impacts sur la circulation aérienne locale ou régionale et l'adéquation des installations. Le plan est d'élaborer un modèle de simulation de méthodes mixtes appelé « modèle de simulation des Exigences de l'infrastructure du programme d'entraînement des futurs équipages (FACTIR) », en vue de répondre à ces questions<sup>27</sup>.

N'importe quelle combinaison de cours peut-être donnée à n'importe quelle combinaison d'emplacements d'instruction. L'objectif du modèle de simulation des FACTIR sera d'utiliser les détails du scénario portant sur l'horaire des cours produit à partir de l'exécution du MAR IPE et de la simulation





de l'exécution du « scénario » sur plusieurs années, en fonction des contraintes de l'infrastructure de l'emplacement à l'étude, et de recueillir différentes statistiques pour analyse.



**Figure 6. Simulation de l'interaction : MAR IPE et FACTIR**

La DARO est actuellement en phase de développement du logiciel et a mis au point une version préliminaire du modèle de FACTIR pouvant aborder ces enjeux pour une seule flotte; elle sera bientôt en mesure d'examiner différentes options pour le futur contrat d'instruction du personnel navigant et de fournir à l'ARC des analyses détaillées, fondées sur des simulations. Être en mesure d'illustrer l'incertitude de variables importantes, comme les conditions météorologiques, la disponibilité des ressources et les taux d'échec, avant d'amorcer un contrat à long terme, devrait donner lieu à un meilleur énoncé des exigences et à l'inclusion de dispositions prévoyant une certaine souplesse, quant à l'affectation des ressources nécessaires, à partir des règles de financement convenues et d'une rigoureuse analyse.

La valeur de ce dernier effort est extrêmement importante parce que la DARO est partie prenante du programme NFTC depuis 2002, mais n'a pas joué de rôle important dans l'énoncé des exigences initiales associées à ce contrat d'une durée de 20 ans pour la prochaine génération d'instruction des pilotes, et peut-être l'instruction de tout le personnel navigant, l'objectif est de rédiger un énoncé des exigences qui sera étayé par la modélisation et une solide analyse de la recherche opérationnelle.



Charles J. Hunter a rejoint le Centre d'analyse et de recherche opérationnelle en juillet 1983 et est titulaire d'une maîtrise ès sciences en statistiques. Il a travaillé au sein de la Direction des mathématiques et statistiques et dans différents quartiers généraux de la Force aérienne : Groupe transport aérien, Commandement aérien, Groupe de chasse/région canadienne du NORAD et 1<sup>re</sup> Division aérienne du Canada/région canadienne du NORAD, où il a été directeur – Analyse et recherche opérationnelle pendant plus de 20 ans. Il a travaillé sur différents sujets, tels que les missiles de croisière à lanceur aérien, la recherche et le sauvetage, le ravitaillement air-air stratégique du CF18, la gestion du combat et d'autres initiatives de C4I, la préparation des pilotes et la nouvelle conception du Centre d'opérations aériennes. Il a pris sa retraite du CARO RDDC en juillet 2018, après une collaboration directe de 32 ans avec l'ARC.

René Séguin est titulaire d'un doctorat en recherche opérationnelle de l'Université de Montréal. Depuis 2002, il est scientifique de la défense au Centre d'analyse et de recherche opérationnelle de Recherche et développement pour la défense Canada. Il est actuellement directeur - Recherche opérationnelle (Force aérienne) à l'appui du Directeur général – Développement de la Force (Air). Il se penche également sur différentes questions liées à la disponibilité opérationnelle, au développement et à la mise sur pied des forces pour l'Aviation royale canadienne. Il a été scientifique de la défense pour la 1<sup>re</sup> Division aérienne du Canada, la Disponibilité opérationnelle, le Programme de démonstration technique et l'État-major interarmées. Il a occupé les fonctions de président de la Société canadienne de recherche opérationnelle et éditeur spécialisé pour INFOR. Dans la recherche, il s'intéresse à la répartition des ressources, à la planification et à la simulation.

Jean-Denis Caron est titulaire d'un baccalauréat en mathématique et d'une maîtrise en mathématiques appliquées et en informatique de l'Université du Québec à Trois-Rivières, au Canada. Depuis 2002, il est scientifique de la défense au Centre d'analyse et de recherche opérationnelle de Recherche et développement pour la défense Canada (CARO RDDC). Il est actuellement à la tête de l'équipe de recherche opérationnelle maritime d'Ottawa, fournissant un soutien décisionnel, des analyses quantitatives et des activités de modélisation et simulation à la Marine royale canadienne.



## Abréviations

<b>ARC</b>	Aviation royale canadienne
<b>CARO</b>	Centre d'analyse et de recherche opérationnelle
<b>DARO</b>	Direction d'analyse et de recherche opérationnelle
<b>DEV</b>	dispositif d'entraînement au vol
<b>DSIA</b>	Direction de la simulation et de l'instruction (Air)
<b>EIPC</b>	entraînement initial des pilotes de chasse
<b>EPFC</b>	École de pilotage des Forces canadiennes
<b>FACT</b>	Programme d'entraînement des futurs équipages
<b>FACTIR</b>	Exigences de l'infrastructure du Programme d'entraînement des futurs équipages
<b>IFR</b>	règles de vol aux instruments
<b>Instr FA</b>	instruction de la Force aérienne
<b>Instr FA 2 DAC</b>	Instruction de la Force aérienne, 2 <sup>e</sup> Division aérienne du Canada
<b>IPE</b>	instruction des pilotes-étudiants
<b>MAR</b>	modèle d'affectation des ressources
<b>ME</b>	mesure de l'efficacité
<b>NFTC</b>	entraînement en vol de l'OTAN au Canada
<b>OTAN</b>	Organisation du Traité de l'Atlantique Nord
<b>PI</b>	pilote instructeur
<b>RDDC</b>	Recherche et développement pour la défense Canada
<b>RSAF</b>	Royal Singapore Air Force



## Notes

1. CAE Canada, « NATO Flying Training Canada (NFTC) », Ottawa, CAE Canada, consulté le 9 octobre 2018, <https://www.cae.com/defence-security/air/training-centres/nato-flying-training-in-canada-nftc>.
2. La Direction d'analyse et de recherche opérationnelle (DARO) est une équipe de scientifiques de la défense de Recherche et développement pour la défense Canada (RDDC) Centre d'analyse et de recherche opérationnelle (CARO) qui partage les locaux de l'ARC au Quartier général de la 1<sup>re</sup> Division aérienne du Canada (QG 1 DAC).
3. L. Low, R. W. Funk et S. A. Latchman, « Automation of Flying Training Day (FTD) Calendars », DRO du QG C AIR, note de recherche 9602, décembre 1996; J.-D. Caron et C. Hunter, « NATO Flying Training in Canada: Assessment of Bombardier's Static Scheduling Tool », QG 1 DAC/RC NORAD, note de recherche du CARO 0209, décembre 2002; J.-D. Caron et C. Hunter, « Operational Research Support to NFTC », QG 1 DAC/RC NORAD, rapport de projet du CARO 0402, décembre 2004.
4. Jean-Denis Caron et S. Woodman, « Resource Allocation Model for NFTC Phase IV », QG 1 DAC/RC NORAD, note de recherche du CARO 0303, décembre 2003.
5. Jean-Denis Caron, « Expansion of the NFTC Resource Allocation Model to Phases II and III », QG 1 DAC/RC NORAD, note de recherche du CARO 0402, avril 2004.
6. C. J. Hunter, C. McIlwraith et N. Goodridge, « Modifications to the NFTC Resource Allocation Model (RAM) », document technique TM2007-44 de RDDC CARO, octobre 2007; René Séguin et Charles Hunter, « Undergraduate Pilot Training Resource Allocation Model (UGPT RAM) – A Comprehensive Description », document technique TM2013-221 de RDDC CARO, décembre 2013.
7. C. J. Hunter, « ORAD NFTC Resource Allocation Model Input Assumptions », personnel de l'Instr NFTC FA et de la 2 EPFC, École de pilotage des Forces canadiennes, 15<sup>e</sup> Escadre, Moose Jaw, 11 mai 2011.
8. C. J. Hunter, « ORAD NFTC RAM Results Bad Weather Sensitivity Analysis », Instr FA et DPCF Air, 14 mars 2008; C. J. Hunter, « ORAD NFTC RAM Results for Saudi Arabia Proposal », DPCF Air, 16 octobre 2008.
9. Hunter et coll., « Modifications to the NFTC Resource Allocation Model »; CAE Professional Services, Contracted Flying Training & Support (CFTS) Resource Allocation Model (RAM), RDDC CARO, CR 2012-062, mars 2012; R. Séguin et C. J. Hunter, « 2 Canadian Forces Flying Training School (2 CFFTS) Resource Allocation Simulation Tool », délibérations dans le cadre de la Winter Simulation Conference de 2013, R. Pasupathy, S.-H. Kim, A. Tolk, R. Hill et M. E. Kuhl, éd., Washington (D.C.), décembre 2013; Séguin et Hunter, « Undergraduate Pilot Training Resource Allocation Model ».



10. Caron et Woodman, « Resource Allocation Model for NFTC Phase IV »; Caron, « Expansion of the NFTC Resource Allocation Model to Phases II and III »; Jean-Denis Caron, « Application of Integer Linear Programming for Optimal Student Loadings at NFTC », RDDC CARO, document technique 2005-07, juillet 2005; Jean-Denis Caron, « NATO Flying Training in Canada (NFTC) – Course Duration and Schedule », RDDC CARO, rapport technique TR2005-23, novembre 2005; C. J. Hunter, C. McIlwraith et N. Goodridge, « Modifications to the NFTC Resource Allocation Model (RAM) ».
11. Hunter, « ORAD NFTC RAM Results Bad Weather Sensitivity Analysis ».
12. Un utilisateur saisit les années civiles qui sont d'intérêt pour l'examen. La mention « séries d'intérêt » fait donc référence aux séries de cours offertes pendant ces années.
13. Caron et Woodman, « Resource Allocation Model for NFTC Phase IV »; Caron, « Expansion of the NFTC Resource Allocation Model to Phases II and III »; Hunter et coll., « Modifications to the NFTC Resource Allocation Model »; C. J. Hunter, « ORAD NFTC RAM CA- International Students Sensitivity Analysis Results », DPCF Air, 20 janvier 2009.
14. Caron, « NATO Flying Training in Canada (NFTC) – Course Duration and Schedule ».
15. Caron et Hunter, « Operational Research Support to NFTC ».
16. Hunter, « ORAD NFTC RAM Results for Saudi Arabia Proposal »; Hunter, « ORAD NFTC RAM CA – International Students Sensitivity Analysis Results »; C. J. Hunter, « NFTC Phase II Revised Current Capacity and KSA Resource Implications », Instr FA, 15<sup>e</sup> Escadre et DPCF Air, août 2010.
17. Caron et Hunter, « Operational Research Support to NFTC »; Caron, « NATO Flying Training in Canada »; Hunter et coll., « Modifications to the NFTC Resource Allocation Model »; Hunter, « ORAD NFTC RAM Results Bad Weather Sensitivity Analysis ».
18. Hunter, « ORAD NFTC RAM CA – International Students Sensitivity Analysis Results ».
19. C. J. Hunter, « NFTC Phase II/III Harvard Pilot Student Throughput Capacities Using the ORAD NFTC Resource Allocation Model », RDDC CARO, rapport sous forme de lettre 2012-104, 11 mai 2012; C. Hunter, « Phase II/III Harvard: Increased Student Loads », résumé en format Word et résultats graphiques du MAR NFTC, 19 février 2013; C. Hunter, « NFTC Phase III/IV CT156 “HAWK” Increased Student Pilot Throughput », RDDC CARO, rapport sous forme de lettre LR 2013-090, 19 juin 2013; C. Hunter, « NFTC Phase IV Fighter Lead-In Training (FLIT): Student Capacity with New Course Syllabus and Weather Probabilities Updated », commandant du 419<sup>e</sup> Escadron, 31 janvier 2014, résumé de 5 pages et résultats graphiques.
20. C. J. Hunter, « NFTC Phase II Capacity with Increased Instructor Proficiency Requirements and Higher Mission Failure Rates », Instr FA, 11 juin 2010.



21. C. J. Hunter, « ORAD NFTC RAM Results for Phase IIA/B with 126 Mission Course Syllabus », Instr FA et DPCF Air, 16 janvier 2008; Hunter, « ORAD NFTC Resource Allocation Model Input Assumptions »; Hunter, « Phase II/III Harvard: Increased Student Loads »; C. Hunter, « ORAD NFTC Weather Model: Estimating Phase IV Cold Lake Number of Flying Day Calendar Equivalents », ARC/DSI Air, 28 octobre 2013; C. Hunter, « ORAD NFTC Weather Model: Estimating Phase IV Hawk Transition (Moose Jaw) Number of Flying Day Calendar Equivalents », ARC/DSI Air, 30 octobre 2013; C. Hunter, « RAF Student Loadings for Phase II/III, Harvard, répercussions sur les ressources, Groupe de travail sur les opérations du programme NFTC, 6 mars 2014, résumé de 6 pages et résultats graphiques; C. Hunter, « Phase II/III Harvard “Icing” Risk Assessment », Instr FA 2 DAC, 10 avril 2014, résumé et résultats graphiques; C. Hunter, « NFTC Phase III Royal Singapore Air Force (RSAF) Legacy Course Duration Estimation », Commandant de la 2 EPFC, 15<sup>e</sup> Escadre, 22 mai 2015, résumé en format Word et 2 feuilles de calcul avec résultats graphiques; C. Hunter, « NFTC Phase IV Cold Lake Fighter Lead-In Training (FLIT) and Legacy IV Student Scenarios », Instr FA 2 DAC, 9 juin 2015, résumé de l'analyse en format Word et 4 feuilles de calcul avec résultats graphiques.
22. RDDC CARO, « Task Request Form, Future Aircrew Training Modelling », Directeur – Simulation et instruction (Air) de l'ARC, 8 décembre 2015.
23. RDDC CARO, « Task Request Form, Future Aircrew Training Modelling ».
24. RDDC CARO, « Task Request Form, Future Aircrew Training Modelling ».
25. RDDC CARO, « Task Request Form, Future Aircrew Training Modelling ».
26. Séguin et Hunter, « Undergraduate Pilot Training Resource Allocation Model »; Modèle d'affectation des ressources de l'instruction des élèves-pilotes : Guide sur l'interface utilisateur graphique, Rapport d'entrepreneur DRDC-RDDC-2016-C162, avril 2016.
27. Lt D. Ladouceur, *Future Aircrew Training Infrastructure Requirement Simulator (FACTIRS)*, rapport provisoire de la DARO du QG 1 DAC/RC NORAD, juin 2016.

## Lectures complémentaires

HUNTER, Charles J. *Estimation of Pilot Student Throughput Capacities Using the ORAD NFTC Resource Allocation Mode*, RDDC CORA Letter Report 2011-195, 18 novembre 2011

HUNTER, C.J., R. SÉGUIN, J. D. CARON. NATO RTO-MP-SAS-095 TP/465. *NATO Flying Training in Canada Resource Allocation Model (NFTC RAM)*, NATO RTO SAS 95 délibérations dans le cadre de la Conférence sur l'analyse coûts-avantages de l'instruction militaire, 5 et 6 juin 2012. Publié le 13 juin 2013, 13 pages.



**Formation des pilotes de l'ARC et diversification  
des modes de prestation des services :  
évaluation et amélioration d'un paradigme  
dysfonctionnel pour l'avenir**

Lieutenant-Colonel Jonathan Clow

---



# CH13 Table des matières

Introduction.....	390
Contexte sur la diversification des modes de prestation des services et l'ARC.....	392
Les origines de la diversification des modes de prestation des services .....	393
Réduction de l'effectif militaire en uniforme .....	395
La diversification des modes de prestation des services pour les fonctions de soutien .....	396
Conclusion.....	397
La formation des pilotes de l'ARC et la diversification des modes de prestation des services.....	398
Entraînement de vol de l'OTAN au Canada.....	398
Points forts du programme NFTC .....	399
Points faibles du programme NFTC.....	402
Hypothèses erronées et contrat de NFTC.....	403
Entraînement de vol de l'OTAN au Canada – Conclusion .....	407
Forfait d'entraînement au vol et de soutien.....	408
Contexte du FEVS .....	408
Similitudes entre le FEVS et le NFTC.....	409
Points forts du programme du forfait d'entraînement au vol et de soutien .....	410
Points faibles du programme du FEVS.....	412
FEVS – Conclusion .....	414
Conclusion.....	414
Point de vue de l'entrepreneur .....	415
Paradigme de l'acquisition d'immobilisations .....	415
Ressources nécessaires.....	416
Mesure du rendement .....	417
Relation .....	417
Relation et processus .....	418
Relations et profit.....	418
Commercialisation.....	419
Conclusion.....	419





Leçons retenues .....	420
Philosophie et principes de la DMPS .....	420
Paradigme de l'acquisition d'immobilisations .....	420
Ressources nécessaires.....	423
Mesure du rendement .....	424
Relation .....	426
Commercialisation.....	428
Conclusion .....	429
Conclusion.....	429
Appendice A : Phases de l'entraînement des pilotes de l'ARC (FEVS et NFTC) .....	433
Appendice B : Questions pour sondage auprès des entrepreneurs.....	434
Abréviations .....	435
Notes .....	437
Lectures complémentaires.....	452



Remarque de l'éditeur : Il s'agit d'une version remaniée d'un rapport de recherche soumis au Collège militaire royal du Canada le 4 janvier 2015 dans le cadre du programme de maîtrise en études de la défense.

## Introduction

La puissance aérienne est un élément clé de la complexe matrice d'outils dont le gouvernement fédéral dispose pour atteindre les objectifs stratégiques du Canada, tant sur le plan militaire que diplomatique. Il coule de source que la mise sur pied d'une force est essentielle au maintien en puissance de la capacité aérospatiale. Pour mettre sur pied et maintenir en puissance la puissance aérienne, l'Aviation royale canadienne (ARC)<sup>1</sup> a besoin d'un système de formation des pilotes robuste, organique et économique. Il n'en reste pas moins que la formation de pilotes militaires est une activité coûteuse et complexe. En 2012, l'ARC a consacré environ 346,55 M\$ à l'entraînement de militaires de tous les groupes professionnels et, de ce montant, 304,92 M\$ ont été alloués directement à la formation de pilotes conformément aux normes des escadres<sup>2</sup>. Compte tenu du coût élevé et de la longue durée de la formation des pilotes<sup>3</sup>, il est crucial pour les intérêts nationaux et pour l'ARC que cette activité demeure efficace et abordable.

Toutefois, malgré l'importance de la mise sur pied des forces, l'ARC a dû composer avec une pénurie durable et systématique de pilotes militaires entraînés depuis la mise en œuvre du Programme de réduction des Forces (PRF), au début des années '90. L'objectif du PRF était de réduire les coûts liés au personnel militaire par l'entremise de « réductions des effectifs et [de] fermetures de bases<sup>4</sup> ». Les économies ainsi dégagées devaient ensuite être utilisées à la fois pour réduire l'ensemble des dépenses et pour augmenter le financement alloué à des projets d'acquisition d'immobilisations critiques<sup>5</sup>. Le programme visait des groupes professionnels militaires (GPM) précis et beaucoup de pilotes militaires expérimentés ont choisi de se prévaloir de l'offre de retraite anticipée payée.

Qui plus est, la nécessité de réduire l'effectif militaire a mené le ministère de la Défense nationale (MDN) à adopter l'initiative de diversification des modes de prestation des services (DMPS) pangouvernementale<sup>6</sup>. Dans le cadre d'un mode de pensée visant la réduction des coûts et le maintien des capacités de combat essentielles, les activités non essentielles comme les services de soutien ont été ciblées précisément par une stratégie du MDN dérivée de la DMPS.

En raison des pressions financières et des réalités liées au marché du travail, l'ARC et le gouvernement du Canada ont adopté une approche d'impartition pour la formation des pilotes. Cette approche a débouché sur deux marchés de DMPS complexes d'une valeur se chiffrant à plusieurs milliards de dollars et qui sont essentiels à la production de nouveaux pilotes brevetés pour l'ARC. Les marchés actuels, Entraînement en vol de l'OTAN (Organisation du Traité de l'Atlantique Nord) au Canada (NFTC) et le forfait d'entraînement au vol et de soutien (FEVS), reposent sur des approches différentes pour la prestation de services d'entraînement de pilotes et de services connexes à l'ARC. Parce que ces marchés ont été octroyés l'un après l'autre, le deuxième plusieurs années après le premier, on a tenté d'appliquer les leçons retenues du premier contrat au deuxième contrat. Toutefois, les résultats de l'approche de DMPS dans le contexte de l'entraînement des pilotes ont été mitigés. Même



si beaucoup de pilotes sont entraînés, leur nombre n'est pas suffisant pour répondre aux besoins de l'ARC<sup>7</sup>. Selon la vérification menée par le Chef - Service d'examen (CS Ex) de l'instruction initiale dans le GPM en 2012, « l'évaluation a révélé qu'il manque entre 200 et 250 pilotes depuis dix ans, et rien n'indique que ce problème est en voie d'être résolu<sup>8</sup> ».

Puisque le plus important des contrats, le NFTC, prendra fin en 2012, l'ARC a lancé le long processus d'évaluation de ses besoins futurs en matière d'entraînement de pilotes. Le résultat de l'analyse aura un effet profond sur le prochain contrat d'entraînement de pilotes, dont la valeur se comptera en milliards de dollars. Puisque l'horizon de 2021 est relativement rapproché pour l'exécution d'un projet d'une telle ampleur dans le contexte complexe du système d'approvisionnement gouvernemental, des négociations ont récemment eu lieu pour prolonger la durée du contrat de NFTC jusqu'en 2023<sup>9</sup>. Dans un cas comme dans l'autre, il est très important de mettre l'accent sur les facteurs qui détermineront la réussite ou l'échec de l'entraînement des futurs pilotes<sup>10</sup>.

Même s'il existe ailleurs au monde d'autres programmes de formation de pilotes vers lesquels l'ARC pourrait se tourner pour obtenir des leçons retenues, il n'en existe aucun que l'ARC pourrait simplement reproduire pour répondre à ses besoins. Le plus important de ces programmes, le programme de formation interarmées des pilotes d'avion à réaction de l'OTAN et de l'Europe (ENJJPT), offert aux États-Unis, est d'une envergure bien supérieure à celle du NFTC et il est financé au moyen d'une subvention gouvernementale, ce qui est interdit au Canada. Un autre exemple est le système de formation des pilotes militaires du Royaume-Uni. Même si ce programme prend la forme d'un partenariat public-privé, il est encore à plusieurs années d'être entièrement opérationnel et<sup>11</sup>, par conséquent, il est trop récent pour être utilisé aux fins de comparaison. En outre, la Royal Australian Air Force (RAAF) et la force aérienne de la République de Singapour (RSAF) utilisent un partenariat public-privé pour offrir de la formation dans le cadre d'une entente commune<sup>12</sup>. L'ARC a envoyé des représentants chargés d'examiner ce programme et, même s'il semble y avoir quelques éléments du programme qui méritent de faire l'objet d'une étude approfondie, il ne s'agit pas non plus d'une solution toute prête. De plus, il existe plusieurs autres exemples d'ententes bilatérales pour la formation de pilotes ailleurs dans le monde<sup>13</sup>. Même s'il sera question de certains aspects de ces programmes, une analyse détaillée de ceux-ci dépasse la portée de la présente étude<sup>14</sup>.

Dans ce contexte, la présente étude soutient qu'il existe plusieurs facteurs dont l'ARC doit tenir compte pour profiter des points positifs de l'impartition tout en évitant les pièges dans lesquels elle est déjà tombée en lien avec la DMPS. Ces leçons retenues doivent être appliquées pendant l'élaboration de la prochaine génération de contrats de formation de pilotes pour l'ARC afin de voir à ce que les succès soient reproduits et à ce que les points faibles soient atténués ou évités. Parmi ces facteurs, on trouve la mise en œuvre des principes et de la philosophie de la DMPS, le paradigme de l'acquisition d'immobilisations, les besoins en ressources, la mesure du rendement, la relation ARC/entrepreneur et la commercialisation<sup>15</sup>. On en parlera en indiquant qu'il s'agit des facteurs cruciaux qui serviront de guide aux fins de l'examen des contrats de NFTC et du FEVS. Il est crucial de tenir compte de ce large éventail de variables, car les opérateurs associés à la puissance aérienne tendent à mettre l'accent sur la détermination et la sélection des besoins en matière d'immobilisations (plus précisément, quels aéronefs et simulateurs utiliser) et à omettre de considérer l'intégralité des implications d'une



structure contractuelle qui n'a pas été conçue pour assurer une prestation efficace des services. En fait, le succès du programme de formation des futurs pilotes dépend presque entièrement de la mesure dans laquelle on tient compte efficacement de ces variables. De plus, la structure du paradigme de passation de marchés (p. ex. propriété et administration des ressources) est un élément fondamental du succès futur de la formation des pilotes au sein de l'ARC.

Pour articuler cette affirmation, la présente étude est divisée en sept sections. La section qui suit traite du contexte géostratégique et de la raison d'être néo-libérale de la passation de marchés et de la façon dont le Canada a approché la DMPS. La deuxième section porte sur l'expérience de l'ARC et cerne les éléments problématiques ainsi que les variables pertinentes. Dans la troisième section, il est question du point de vue de l'entrepreneur sur les contrats de soutien pour formation de pilotes. La quatrième section présente les leçons retenues qui devraient être appliquées au prochain contrat. Enfin, la cinquième section contient des recommandations et des conclusions au sujet de la structure à donner au système de formation des futurs pilotes.

## Contexte sur la diversification des modes de prestation des services et l'ARC

Pendant la Guerre froide, les militaires canadiens, comme leurs alliés de l'Organisation du Traité de l'Atlantique Nord (OTAN), ont maintenu une structure opérationnelle basée sur le paradigme des deux superpuissances prévoyant des manœuvres de grandes formations mécanisées et de blindés pour le théâtre d'Europe centrale. Ce paradigme exigeait que les formations militaires soient autonomes et capables de se maintenir en puissance elles-mêmes<sup>16</sup>. Les éléments militaires de logistique et de soutien étaient intégrés aux unités de la formation de combat et, même s'il y avait des civils employés par les forces armées, ils n'occupaient pas des postes cruciaux ou des postes directement liés aux opérations de combat<sup>17</sup>.

La fin abrupte de la Guerre froide et la détérioration de la situation économique observée au début des années '90 ont forcé les organisations du secteur de la défense à trouver une solution à l'augmentation des coûts liés au personnel et à la réduction du financement alloué à l'acquisition d'immobilisations. En raison de ces pressions, les militaires de partout au monde se sont tournés vers le concept pointu d'impartition à des entreprises privées, qui en était alors à ses balbutiements<sup>18</sup>.

Au Canada, en 1994, le Livre blanc sur la défense a donné le ton à l'impartition des capacités considérées comme non essentielles. Le paradigme canadien de la DMPS a vu le jour dans ce document-cadre. L'introduction de la DMPS au sein du MDN a rapidement pris son envol et la cadence des activités d'impartition a continué d'accélérer plus rapidement qu'on ne pouvait analyser les incidences de l'impartition. Ainsi, malgré les avertissements du vérificateur général, la DMPS s'est insinuée dans les opérations militaires et les activités de soutien du Canada<sup>19</sup>. En examinant les origines de la philosophie de la DMPS, une meilleure compréhension du paradigme de l'impartition peut être acquise. Les applications actuelles, qui prennent la forme de contrats d'entraînement de pilotes pour l'ARC de grande envergure et impartis trouvent leurs racines dans des théories de gestion du secteur privé qui ont été adoptées par l'État<sup>20</sup> et le MDN. C'est à cette lumière qu'il faut évaluer les futurs programmes.



## Les origines de la diversification des modes de prestation des services

Pendant la période trouble qui a suivi l'effondrement de l'ancienne Union soviétique en 1991<sup>21</sup>, le Canada et ses alliés ont remis en question la raison d'être des gros budgets de défense. Le public estimait en grande partie que la menace imminente liée à l'expansionnisme soviétique n'était plus<sup>22</sup>. On croyait que le nouvel ordre politique mondial aurait débouché sur un environnement de défense d'une stabilité et d'une prévisibilité accrues. Beaucoup de gouvernements ont profité de l'apparente disparition d'une menace pour justifier l'aiguillage de fonds précédemment destinés aux militaires vers des postes non militaires qui exigeaient un financement accru ou qui rapportaient beaucoup d'avantages politiques aux yeux des électeurs<sup>23</sup>. Les économies de ce type étaient couramment appelées les « dividendes de la paix<sup>24</sup> ». Toutefois, les débatteurs de l'époque ne réussissaient pas à s'entendre sur l'ampleur et la portée de la réduction des dépenses liées à la défense. Les études indiquant qu'en raison de l'effondrement de l'Union soviétique, les pays membres de l'OTAN ont pu se permettre une réduction de 1 % de leurs dépenses militaires stratégiques<sup>25</sup> contredisaient directement les déclarations de politiciens selon lesquelles les dépenses militaires pourraient être réduites d'une proportion pouvant atteindre 25 %, voire plus<sup>26</sup>.

Alors même que l'onde de choc de ce séisme géostratégique parcourait les établissements de défense de l'OTAN, le monde lui-même était englué dans une forte récession qui a aussi motivé les réductions de financement en matière de défense. Beaucoup de raisons expliquaient le contexte financier difficile et l'une des principales était la flambée des prix du carburant qui a suivi l'invasion du Koweït et de l'Iraq par les pays coalisés en 1991 dans le cadre de la première guerre du Golfe<sup>27</sup>. De plus, le fort niveau d'endettement public et privé limitait la marge de manœuvre fiscale dont les gouvernements disposaient pour sortir de récession en augmentant leurs dépenses et, ainsi, en augmentant leur dette future<sup>28</sup>. Les gouvernements se sont donc tournés vers des réductions dans les activités perçues comme superflues d'un point de vue politique<sup>29</sup>. Le résultat de cette dynamique a été une pression toujours croissante pour la réduction des dépenses liées à des éléments, comme la défense, qui étaient souvent le plus important poste budgétaire discrétionnaire<sup>30</sup>. Ainsi, la table était mise sur les fronts stratégique et politique pour assister à un changement de paradigme au chapitre de la production des effets militaires.

Pour dégager les économies souhaitées, les gouvernements de partout au monde ont cherché à imiter les gains d'efficacité obtenus par les entreprises privées au cours de la décennie précédente<sup>31</sup>. L'impartition est devenue omniprésente partout au monde dans les sphères publique et privée, alors que les gouvernements et les entreprises s'efforçaient de maintenir ou de hausser les niveaux de service tout en réduisant les coûts<sup>32</sup>. On a assisté à une tentative concertée de réduire les coûts indirects ou les activités qui ne s'inscrivaient pas dans la compétence essentielle de l'organisation et de l'entreprise. Dans le monde du secteur public, sur une toile de fond de crise financière et de budgets en constante réduction, la théorie de la gestion du secteur privé telle qu'incarner par la DMPS, était vue comme la solution à l'inefficacité et à la mauvaise gestion du secteur public<sup>33</sup>.

Ces facteurs fiscaux et politiques ont débouché sur le Livre blanc sur la défense de 1994. Ce document dressait les grandes lignes des plans gouvernementaux de réduction des ressources financières et humaines allouées à la défense nationale. Ces ressources devaient plutôt être utilisées pour réduire le déficit et la dette nationale. Voici un extrait pertinent de ce document cadre : « Aujourd'hui, toutefois,



notre prospérité — et, par le fait même, notre qualité de vie — se trouve menacée par l'accroissement constant de la dette du secteur public<sup>34</sup>. » De plus, le gouvernement a très clairement indiqué la source des coupes budgétaires gouvernementales supplémentaires : « En dépit du fait que le ministère de la Défense nationale et les Forces canadiennes ont déjà largement contribué à l'effort national de réduction du déficit, le gouvernement estime que des réductions supplémentaires sont à la fois nécessaires et possibles<sup>35</sup>. » Le Livre blanc sur la défense poursuit ainsi : « [Le ministère de la Défense nationale et les Forces canadiennes] s'emploieront tous deux parallèlement à remanier le programme de défense et à accroître leur efficacité, afin de mettre en œuvre les divers éléments de la politique énoncée dans le présent Livre blanc<sup>36</sup>. » Il faut mentionner que, malgré des déclarations aussi ouvertes concernant la réduction des ressources, ces dernières n'ont été accompagnées d'aucun changement concomitant tangible au niveau de la vision gouvernementale des rôles stratégiques des forces armées, car les rôles classiques ont été maintenus<sup>37</sup>. Ainsi, on a assisté à un maintien de l'écart classique entre capacité et engagement qui a souvent existé dans le contexte militaire canadien<sup>38</sup>. À l'époque, la politique de défense était davantage « fondée sur des facteurs déterminants nationaux (l'économie)<sup>39</sup> » que sur la place occupée par le Canada dans la situation géostratégique. Le Livre blanc sur la défense de 1994 lançait un appel visant des coupures majeures dans les dépenses en matière de défense et le gouvernement a demandé au ministère de la Défense nationale de mener ses activités avec des ressources réduites, un effectif réduit et moins d'infrastructures<sup>40</sup>. Puisque cet impératif était indiscutablement à l'avant-plan de la pensée gouvernementale, on a assisté à une transformation fondamentale du mode de production des effets militaires qui a profondément façonné l'avenir de la défense nationale et des FAC.

L'impartition des services de soutien a été fondamentale pour la stratégie gouvernementale de réduction des ressources attribuées aux militaires. En fait, quand le programme de DMPS a été lancé, en 1995, le gouvernement a publiquement fixé l'objectif d'économiser 200 M\$ par année sur l'horizon de 1999 et 350 M\$ par année sur l'horizon de 2001<sup>41</sup>. Ce point de repère incarne la réalité selon laquelle les décisions relatives au financement de la défense étaient principalement prises pour réduire les dépenses et non pour répondre aux besoins liés aux capacités. Un tel mode d'établissement des objectifs est représentatif du danger inhérent à la DMPS, qui est que la réduction des coûts remplace la rationalisation des services ou la prestation de services de qualité supérieure à un coût égal ou légèrement supérieur comme mesure du succès<sup>42</sup>.

En toute justice, la révolution de la DMPS dans le domaine militaire n'a pas été un événement dû uniquement à l'État. En effet, le gouvernement a fait preuve d'opportunisme en réagissant à des comptes rendus positifs produits par plusieurs de ses alliés, dont l'Australie, le Royaume-Uni et les États-Unis<sup>43</sup>. Les comptes rendus disponibles indiquaient que les alliés du Canada dégageaient des économies de l'ordre de 20 % à 30 %<sup>44</sup>. C'est donc sur cette toile de fond politique que les planificateurs de la défense ont reconnu qu'il fallait prendre une nouvelle direction à l'intérieur du paradigme de financement renouvelé pour maintenir la capacité opérationnelle<sup>45</sup>.

Pour atteindre ses objectifs en matière de réduction des coûts, le gouvernement a mis l'accent sur deux principaux secteurs. En premier lieu, le gouvernement considérait que les services exigeant la participation du personnel militaire étaient du gaspillage de par leur nature et il souhaitait réaliser des gains d'efficacité pour réduire les besoins en personnel. Comme on l'indique clairement dans le Livre blanc



sur la défense de 1994, « [la] plupart des secteurs de la défense (personnel, infrastructure, équipement, instruction, opérations) subiront des réductions plus profondes pour certains que pour d'autres. Ainsi, la proportion relative des effectifs maritimes, terrestres et aériens qui a prévalu pendant de nombreuses années sera modifiée essentiellement pour que des ressources puissent être transférées là où le besoin s'en fait le plus sentir, à savoir principalement aux éléments terrestres de combat et d'appui [...]»<sup>46</sup>. En deuxième lieu, il fallait trouver des solutions faisant appel à la DMPS partout où cela était possible afin de réduire les coûts. Cette politique ciblait précisément les fonctions de soutien logistique qui étaient considérées comme des activités non essentielles aux fins de la production de la puissance de combat. L'acquisition d'équipement et l'exécution des fonctions de soutien étaient des candidats idéaux pour les réductions des coûts. Ainsi, le Livre blanc sur la défense de 1994 a ouvert la porte à l'émergence de la DMPS comme élément clé du gouvernement et de la politique de défense.

### Réduction de l'effectif militaire en uniforme

Le personnel militaire est très coûteux et il est souvent difficile de déterminer sa valeur au moyen des matrices de productivité utilisées dans le secteur privé, ce qui en fait une cible facile pour les compressions. En fait, les réalités de la dotation militaire sont telles que les frais généraux liés au personnel dépassent de loin ceux que l'on voit dans les entreprises privées. Les exigences relatives au perfectionnement professionnel, aux déploiements et aux congés annuels font en sorte qu'il faut du personnel supplémentaire pour compenser les absences aux fins des tâches à exécuter en garnison. En impartissant les fonctions militaires « non essentielles » à des entreprises civiles, les coûts liés au personnel pourraient être largement réduits<sup>47</sup>. En outre, le MDN avait conservé l'essentiel de son infrastructure et le personnel nécessaire pour s'en occuper, comme il l'avait fait au cours de la majeure partie des décennies précédentes, pendant la Guerre froide. Ainsi, la DMPS était un facteur permettant la réduction des coûts liés aux infrastructures qui ouvrirait la voie à des réductions concomitantes au chapitre des exigences relatives au personnel et au financement<sup>48</sup>. Comme indiqué par le Bureau du vérificateur général (BVG) en 1999, la politique du MDN était que les activités de soutien internes devaient être transférées à l'industrie canadienne si les analyses de rentabilisation démontraient l'existence d'un potentiel de rapport coût-efficacité accru ou qu'elles devaient être partagées avec l'industrie privée dans le cadre de diverses ententes de partenariat<sup>49</sup>. En effet, le Livre blanc sur la Défense de 1994 indiquait candidement ce qui suit : « Les compressions de personnel se poursuivront<sup>50</sup>. » On y mentionne aussi précisément que le « gouvernement entend avoir davantage recours à des enrôlements renouvelables et de courte durée dans les Forces canadiennes<sup>51</sup> ». L'initiative visant la réduction du nombre de militaires en uniforme et de civils employés par le Ministère s'ajoutait au PRF, qui avait été lancé en 1992 et qui se poursuivait jusqu'en 1996<sup>52</sup>. Les importantes économies dégagées au chapitre des coûts relatifs au personnel, aux salaires et aux pensions seraient ensuite utilisées pour compenser les compressions budgétaires et, de cette façon, les gouvernements pourraient récolter les fruits d'une saine gestion financière tout en maintenant les capacités et les projets d'immobilisations.<sup>53</sup> Dans le contexte canadien, même si l'empreinte du personnel militaire en serait réduite, le transfert de ces dépenses vers la création directe d'emplois civils entraînerait aussi un développement économique régional susceptible de produire des avantages politiques tout en réduisant l'ampleur des précieuses ressources gouvernementales consacrées aux militaires.



## La diversification des modes de prestation des services pour les fonctions de soutien

Le deuxième volet de la stratégie de DMPS de l'État était l'impartition des fonctions de soutien que l'on considérait être des activités non essentielles. On se trouvait devant une excellente occasion de réduire les coûts puisque le BVG avait estimé qu'en 1995, les services de soutien non essentiels « avaient consommé environ le tiers du budget ministériel de 10,3 milliards de dollars canadiens<sup>54</sup> ». Plusieurs services de soutien non essentiels avaient été ciblés pour examen par le MDN, notamment l'entretien de l'équipement, les services d'approvisionnement et la technologie de l'information<sup>55</sup>.

Un autre volet de cette approche était l'examen de la stratégie nationale d'approvisionnement, surtout en ce qui concernait l'acquisition d'immobilisations et la logistique. Le gouvernement a donné au MDN la consigne d'adopter des pratiques organisationnelles améliorées et d'accroître l'accent mis sur le concept plutôt nouveau de livraison juste-à-temps des articles d'usage courant afin de réduire les coûts liés aux stocks<sup>56</sup>. Le gouvernement a décrété que le MDN devait accroître l'approvisionnement en technologies commerciales sur étagère répondant à des exigences militaires essentielles sans être nécessairement complètes. Comme on l'indique dans le Livre blanc sur la défense de 1994, les « spécifications purement militaires et les modifications typiquement canadiennes ne seront retenues que lorsqu'elles seront jugées absolument indispensables<sup>57</sup> ». Cela était une stratégie clé pour la réduction des coûts et des besoins en personnel au sein du MDN. Les économies ainsi dégagées ont été appliquées à la réduction de la dette et à la production d'avantages politiques par l'entremise de retombées industrielles ciblées.

La mise en œuvre de la stratégie de DMPS et de la philosophie connexe au sein du MDN a jeté les bases de la participation civile à la formation des pilotes militaires. Le MDN a déterminé que la formation était une activité non essentielle en comparaison avec la capacité essentielle de combat. Ainsi, les actifs précédemment requis pour la mise sur pied de la force ont pu être utilisés pour obtenir une projection de force à un coût global inférieur. Dans le même ordre d'idées, en raison de la politique d'approvisionnement révisée, les actifs de formation étaient aussi non essentiels et ils étaient des candidats idéaux pour la conclusion d'ententes de type bail. Cela a également eu comme avantage collatéral de réduire le nombre de grands programmes d'acquisition d'immobilisations, qui attiraient beaucoup l'attention des médias et qui étaient politiquement risqués dans la foulée de la débâcle du contrat d'acquisition d'hélicoptères EH-101.

Ce modus operandi en était déjà à ses balbutiements quand le PRF a été lancé, en 1992, et les changements découlant de l'évolution de la situation stratégique ont commencé à émerger. À cette époque, il y avait déjà quelques partenariats en place quand l'impartition a commencé à se généraliser, après la parution du Livre blanc sur la défense de 1994. De plus, dans la foulée de l'acceptation par le gouvernement du concept de la DMPS, plusieurs grands contrats de services de soutien ont été octroyés à l'industrie privée. Malgré des résultats mitigés et la mauvaise application des théories de l'impartition, le mouvement indifférencié vers l'impartition des services et l'établissement de partenariats avec l'industrie privé a continué son inexorable progression.





L'ARC a été la première organisation militaire à conclure des partenariats de grande envergure avec l'industrie privée. Bombardier International (BI)<sup>58</sup> a signé le contrat du FEVS en 1992. En vertu de ce contrat, BI était responsable de l'exécution de la phase I, l'entraînement élémentaire en vol, et fournissait l'instruction au sol et les services de maintenance d'aéronefs pour l'entraînement au pilotage d'hélicoptères et d'aéronefs multimoteurs. L'entraînement était offert sur le site de l'ancienne Base des Forces canadiennes (BFC) Portage La Prairie, à Southport, au Manitoba. Les immobilisations étaient de l'équipement fourni par l'entrepreneur (EFE) sous forme d'achats ou de l'équipement fourni par le gouvernement (EFG) par l'entremise d'une entente de prêt conclue avec l'entrepreneur. Ce partenariat était bon pour les militaires et pour le secteur privé. Puisqu'en 1989, l'intention était de fermer la base, la signature du contrat et la remise en service subséquente des installations de l'aérodrome furent accueillies très positivement par la communauté locale, car cela permettait de protéger des emplois et de générer des revenus. BI considérait ce contrat comme sa porte d'entrée vers le secteur en plein essor de la formation militaire<sup>59</sup>. Pour sa part, l'ARC a obtenu des bénéfices du point de vue du personnel. Les membres du personnel de maintenant utiles ont été réaffectés à d'autres flottes et, même si tout l'entraînement au vol à l'exception de la phase I était offert par des pilotes militaires, on a observé une réduction de la nécessité d'envoyer des pilotes d'unités opérationnelles vers l'environnement de formation. Ces résultats étaient en parfaite harmonie avec les idéaux nourris par le gouvernement à propos de la DMPS.

Alors que l'impartition se répandait de plus en plus, le gouvernement adoptait des contrats de soutien de plus en plus gros, malgré les signaux d'avertissement indiquant que les économies souhaitées ou les effets opérationnels voulus n'étaient pas au rendez-vous<sup>60</sup>. Un exemple de ces projets d'impartition de grande envergure était l'impartition, en avril 1998, de toutes les fonctions de soutien de la base de la 5<sup>e</sup> Escadre Goose Bay à SERCo, une société du Royaume-Uni. Comme indiqué dans l'examen du programme effectué par le Vice-Chef d'état-major de la défense (VCEMD), l'objectif était de « réduire les coûts généraux [...] [et] [...] d'obtenir des réductions de coûts, de la souplesse et de la valeur ajoutée<sup>61</sup> ». Dans le cadre de ce contrat, le nombre de membres du personnel des FAC présents à la base est passé d'environ 270 à 90. Cela a été une économie substantielle compte tenu des coûts associés à la présence de militaires vivant dans un lieu isolé comme Goose Bay. L'engagement envers le paradigme de l'impartition ne laissait planer aucun doute<sup>62</sup>.

## Conclusion

Le gouvernement canadien s'est tourné vers l'impartition en réaction à l'évolution du paysage stratégique au début des années '90. La combinaison d'une récession économique et de la fin de la guerre froide a donné une occasion et a, dans une certaine mesure, forcé le gouvernement à effectuer des compressions budgétaires. Le Livre blanc sur la défense de 1994 a clairement énoncé l'intention de réduire les ressources attribuées aux forces armées en recourant à l'impartition dans la mesure du possible. Le gouvernement a conclu ces ententes contractuelles en se fondant sur des théories du secteur privé et les a adoptées en bloc sur une échelle toujours croissante au fil de la progression de la mise en œuvre du Livre blanc sur la défense de 1994.



## La formation des pilotes de l'ARC et la diversification des modes de prestation des services

Au milieu des années '90, l'ARC a entièrement adopté l'impartition de son système de formation des pilotes, qui était coûteux et dépassé. En acceptant l'hypothèse selon laquelle une solution soumise par l'industrie privée serait moins coûteuse qu'un système appartenant aux forces armées, l'ARC a imparti son système d'instruction des pilotes-étudiants et son système de formation élémentaire des pilotes de chasse sous la forme de deux programmes d'une valeur se chiffrant en milliards de dollars<sup>63</sup>, qui reposaient sur des partenariats public-privé conclus avec des entrepreneurs et d'autres nations alliées<sup>64</sup>. Le premier de ces contrats fut le NFTC, qui a été octroyé en 1998 et en vertu duquel de la formation a commencé à être offerte en 2000. Le deuxième fut le FEVS, dont les activités de transition ont commencé en 2005 et qui a atteint le statut opérationnel en 2007. Les contrats incluaient la prestation d'entraînement au vol par une société civile (l'entrepreneur principal) et l'offre d'immobilisations par l'entremise d'un mélange d'équipement fourni par le gouvernement (EFG) et d'équipement fourni par l'entrepreneur (EFE) nouvellement acquis. Chaque programme a recours à un compte ministériel qui ne fait pas partie du budget de fonctionnement de base de l'ARC, mais qui est géré par l'ARC au nom du VCEMD<sup>65</sup>. Puisque les contrats ont été adjugés l'un après l'autre, on a tenté d'appliquer au FEVS les leçons retenues du NFTC. Pour l'essentiel, ces leçons retenues concernaient l'intégration d'une souplesse accrue au programme NFTC. Les deux programmes sont articulés d'une façon compatible avec les objectifs du gouvernement en matière de DMPS : réduction du nombre de militaires en uniforme et réduction des coûts.

Il faut souligner qu'avec la prolongation de la période opérationnelle prévue dans l'entente, le NFTC prendra fin en 2023 et que si l'option de prolongation de la durée de l'entente est exercée, le NFTC arrivera à terme en 2024. De son côté, le FEVS prendra fin en 2027. On souhaite ardemment harmoniser les éléments de formation au sein d'un seul système commun après 2027. Puisque les programmes sont à maturité, un examen de leurs points forts et de leurs points faibles révèle de nombreuses leçons qui peuvent et doivent être appliquées lors de l'élaboration de la prochaine solution de formation des pilotes.

### Entraînement de vol de l'OTAN au Canada

En 1996, le MDN a obtenu l'approbation du Conseil de gestion du programme (CGP) et du Conseil du Trésor (CT) pour la conclusion d'un marché à fournisseur unique d'une durée de 20 ans et d'une valeur de 2,8 G\$<sup>66</sup> avec BI pour la prestation à l'ARC de services de soutien liés à la formation des pilotes. Cette entente complexe fut l'un des plus importants contrats de service octroyés par le gouvernement à l'époque<sup>67</sup>. À ce jour encore, rares sont les employés du gouvernement ou du MDN qui comprennent à la fois la structure du marché et ses effets opérationnels sur la production de pilotes et les coûts connexes<sup>68</sup>. En examinant l'histoire de NFTC ainsi que ses points forts et ses points faibles, nous sommes en mesure de mieux considérer tout futur contrat visant la formation de pilotes.

En 1992, l'OTAN a établi qu'il existait un besoin en matière de formation commune sur avion à réaction rapide et a invité les nations membres à soumettre des propositions. L'initiative visait à réduire les



coûts et accroître l'interopérabilité. Les États-Unis avaient offert de continuer d'héberger des opérations alliées de grande envergure au centre ENJJPT, situé sur la Sheppard Air Force Base. Toutefois, les États-Unis avaient également déterminé que les besoins de formation futurs de l'OTAN, pour la période post-2000, dépasseraient la capacité du centre ENJJPT<sup>69</sup>. Au même moment, le MDN étudiait des possibilités pour l'avenir de la formation des pilotes militaires et trois possibilités étaient considérées. La première possibilité était de mettre à niveau la flotte à un coût approximatif de 700 M\$, mais, un peu plus tôt, cette avenue avait été jugée inabordable et complexe d'un point de vue politique dans un contexte de réduction des budgets alloués à la défense<sup>70</sup>. La deuxième possibilité consistait à prolonger la durée de service d'une portion des flottes d'aéronefs d'entraînement existantes (c.-à-d. des CT114 Tutor et certains CF18 Hornet) pour leur permettre d'être utilisés aux fins de l'entraînement spécialisé sur avion à réaction, mais cette solution aurait aussi été accompagnée de coûts d'exploitation imposants. La troisième possibilité était de retirer du service la flotte de Tutor et d'acheter des services d'entraînement sur avion à réaction à l'étranger<sup>71</sup>. Puisqu'il régnait un fort désir de maintenir une capacité d'entraînement nationale et que l'OTAN était à la recherche d'un deuxième lieu d'entraînement centralisé, le MDN a commencé à étudier une quatrième possibilité : un centre d'entraînement multinational au Canada.

En décembre 1994, BI a soumis à l'État une proposition spontanée de partenariat public-privé qui contenait une analyse de rentabilisation étoffée. Ainsi, en 1995, l'État a soumis à l'OTAN une proposition de centre d'entraînement situé au Canada. Cela a mené à la création d'un concept d'entraînement en vol de l'OTAN qui englobait le centre ENJJPT aux États-Unis et le NFTC<sup>72</sup>. Même si l'essentiel de l'entraînement de l'OTAN devait être dispensé aux États-Unis, le MDN a tenté de se positionner comme solution de rechange en cas de débordement. Le MDN a préparé une proposition entièrement chiffrée en 1996<sup>73</sup> et le bureau de projet du NFTC a été mis sur pied le 18 novembre 1997<sup>74</sup>. Le contrat conclu entre BI et l'État, officiellement nommé Accord de services Canada (ASC) a été adjugé en 1998 et plusieurs pays ont accepté de participer au programme. Le NFTC a pris son envol en 2000<sup>75</sup>.

### Points forts du programme NFTC

Quand on se penche sur le programme NFTC, on constate que plusieurs aspects du programme étaient avantageux pour le MDN, notamment : conformité aux politiques et objectifs de DMPS du gouvernement, réduction de l'effectif en uniforme requis, modernisation de la flotte dans un contexte difficile pour les projets d'immobilisations, mécanismes intégrés permettant de faciliter les ventes à d'autres forces aériennes, obtention d'un certain niveau d'économies d'échelle et déclencheurs automatiques exigeant l'octroi de ressources supplémentaires en cas de ventes. Il faut prendre le temps d'analyser ces factures pour s'assurer que les points forts actuels du programme soient repris dans tout modèle de formation futur.

Le programme NFTC combinait les objectifs de l'État, de BI et du MDN. L'ASC fut une initiative qui a laissé sa marque. Il s'agissait d'un projet d'une extrême complexité et qui incluait des éléments structureux inédits à ce jour dans le monde de la passation de marchés de l'État. Comme l'a mentionné le Comité permanent des comptes publics en juin 2003, « [en] élaborant le programme d'entraînement en vol de l'OTAN au Canada, le ministère de la Défense nationale a trouvé un moyen novateur de former ses pilotes. Ce programme pourrait mettre en valeur la compétence des instructeurs de la



Force aérienne canadienne, ainsi que les capacités et l'ingéniosité des participants du secteur privé<sup>76</sup>. » En harmonie avec les principes de DMPS de l'État, les avantages du programme NFTC ont été les suivants : la 15<sup>e</sup> Escadre Moose Jaw est demeurée active et viable, de l'aide a été offerte à l'industrie aérospatiale canadienne et une contribution substantielle a été offerte à l'OTAN<sup>77</sup>. Compte tenu de l'objectif de conserver une capacité nationale d'entraînement en vol de pilotes militaires, le concept du NFTC correspondait presque parfaitement aux objectifs stratégiques de l'État.

Dans le cadre de l'entente de partenariat, le nombre de militaires nécessaires aux deux sites du programme NFTC pour assurer l'entraînement en vol militaire a reculé de plusieurs centaines. Le MDN a offert des services de gestion de programme, de l'infrastructure existante comme les installations situées à l'aérodrome, des instructeurs de vol militaires et des zones de vol militaires s'étendant sur plus de 700 000 km<sup>2</sup><sup>78</sup>. En qualité d'entrepreneur principal, BI devait fournir aéronefs, simulateurs, système d'instruction en classe, services de maintenance et formation au sol<sup>79</sup>. BI a signé un certain nombre d'autres ententes avec de multiples sous-traitants pour la prestation de services spécialisés, notamment : services de veille météorologique, service de contrôle de la neige et des glaces, services de lutte contre les incendies, services alimentaires et d'entretien ménager, services d'entretien et un simulateur, appelé dispositif d'entraînement au pilotage (FTD) dans le lexique du NFTC. En bref, l'ARC offrait l'entraînement en vol et les civils s'occupaient de la part du lion des activités de soutien, ce qui a permis d'atteindre l'objectif de l'État, qui était de réduire le nombre de militaires en uniforme.

Les immobilisations du programme ont été financées d'une façon innovatrice et unique<sup>80</sup>. Pour atténuer le risque mutuel, le gouvernement a créé une société sans but lucratif nommée Milit-Air, qui a été constituée le 12 mars 1998 en vertu de la Partie II de la *Loi sur les corporations canadiennes* et ne possédait ni immobilisations ni actifs<sup>81</sup>. Cette société a été fondée aux fins de l'acquisition d'aéronefs, de FTD et d'autres immobilisations requis dans le cadre du programme NFTC<sup>82</sup>. Milit-Air a réuni des fonds par émission d'obligations représentant un capital de 720 M\$. Cet argent a été utilisé pour acquérir des aéronefs et d'autres immobilisations, qui ont ensuite été loués à BI, qui facturait au MDN un montant déterminé pour leur utilisation<sup>83</sup>. Milit-Air a pu réunir des fonds à un taux favorable en raison des paiements de location sans condition et garantis par le gouvernement pour les aéronefs<sup>84</sup>. Il faut mentionner qu'en 1997, le ministère des Finances a suggéré que le gouvernement achète l'équipement et le fournisse à titre d'EFG. Même si le MDN a répondu à cette suggestion par une analyse comparant les taux de financement du secteur public et du secteur privé, l'étude a été menée jusqu'à un point où si le modèle de financement avait été altéré d'une façon ou d'une autre, les immobilisations n'auraient pas été en place au moment voulu compte tenu de la date fixée pour le début de l'entraînement, soit à la fin de 1999.

Le MDN a déterminé qu'un nouveau programme de formation de pilotes était inabordable en raison de restrictions au chapitre du financement et de l'ampleur relative des besoins de l'ARC. Une méthode de réduction du coût unitaire consistait à accroître la taille du programme. Un exemple de cette méthode est l'ENJJPT qui, à trois ou quatre fois la taille du NFTC, générait des économies d'échelle bien supérieures<sup>85</sup>. Par conséquent, le programme a été conçu en supposant une participation étrangère. En fait, l'autorisation consentie au projet par le CT incluait un fort montant préalablement approuvé qui facilitait l'expansion du programme sans qu'il ne soit nécessaire d'obtenir d'autres autorisations



jusqu'à ce que le plafond ait été dépassé. On espérait ainsi inciter des pays à entraîner leurs pilotes au Canada d'une façon similaire à ce qui avait été fait dans le cadre du Plan d'entraînement aérien du Commonwealth britannique pendant la Deuxième Guerre mondiale et du Programme d'entraînement aérien de l'OTAN, de 1950 à 1958, ainsi qu'en marge d'initiatives de moindre envergure subséquentes<sup>86</sup>. Pendant la phase d'élaboration du programme, il est devenu évident qu'avec une participation étrangère relativement faible, l'ARC pourrait à la fois moderniser son entraînement, et ce, à un coût inférieur à celui d'autres options<sup>87</sup>.

Même si seulement un petit nombre de participants alliés était nécessaire, il était évident que de tels engagements étaient essentiels pour les données économiques liées au lancement du programme. Certaines nations devaient composer avec des enjeux budgétaires semblables à ceux du Canada et le fait que le coût du NFTC correspondait au double de celui de l'ENJJPT était un obstacle à l'obtention d'engagements fermes. Néanmoins, il y a eu de nombreuses discussions bilatérales et multilatérales et plusieurs nations ont exprimé leur intérêt envers le programme<sup>88</sup>. Les engagements pris par le Danemark et le Royaume-Uni ont suffi pour permettre le lancement du programme dans l'espoir que d'autres nations les imitent. En effet, l'Italie et Singapour ont suivi l'exemple des deux premiers pays en 2000<sup>89</sup>.

Même si le dégagement d'économies d'échelle était une pierre angulaire du NFTC depuis les premiers pas du projet, la conception du programme prévoyait des mécanismes destinés à en faciliter l'expansion<sup>90</sup>. Ce n'était pas la seule raison d'être d'une structure flexible compte tenu du fait que le MDN avait l'intention de se positionner avantageusement pour profiter de la variation de la demande des pays alliés en matière de formation de pilotes d'avion à réaction et des limites de la capacité de l'ENJJPT. Selon le MDN, « [...] le programme NFTC apportera une certaine souplesse qui permettra de composer avec les variations et les hausses des besoins de l'OTAN en matière de formation au pilotage d'avions à réaction<sup>91</sup> ». On prévoyait que le programme attirerait deux types de clients. Le premier était le client à court terme qui avait besoin d'un nombre limité de places sur une période relativement courte, soit quelques années. Pour répondre aux besoins du client à court terme, le programme ferait appel à sa capacité excédentaire, c'est-à-dire à sa capacité existante qui n'était pas entièrement consommée par les clients existants. Un bon exemple de ce type de client est l'Autriche, qui a signé un contrat visant six places dans le programme d'entraînement au vol en avion à réaction sur une période de trois ans (deux places par année) afin de combler un besoin à court terme pendant que le pays opérait la transition de sa flotte d'aéronefs existante vers une flotte composée d'avions Eurofighter Typhoon<sup>92</sup>. Même pour une entente à terme relativement court, l'Autriche devait fournir des pilotes-instructeurs qualifiés (PIQ) ou verser une compensation financière au programme<sup>93</sup>. Le deuxième type de client était celui qui signait un contrat à long terme pour sa participation au programme. La Hongrie est un exemple de client de ce type. En effet, elle a adhéré au programme en 2002 et la formation de ses pilotes a commencé en 2003. La Hongrie a acheté plusieurs places par années pendant toute la durée restante du contrat. Le nombre de stagiaires envoyés sur place par la Hongrie a exigé l'achat d'aéronefs supplémentaires, car les besoins dépassaient la capacité excédentaire existante<sup>94</sup>. Qui plus est, la Hongrie devait fournir des PIQ selon un rapport stagiaires-instructeurs préétabli. Ainsi, on avait mis en place des dispositions prévoyant l'ajout de PIQ et d'aéronefs au programme lorsque de nouvelles nations y adhéraient pour veiller à ce qu'il possède des ressources suffisantes pour répondre à la demande d'instruction.



Une disposition prévoyait également l'ajout de ressources liées aux FTD au programme sous la forme de fonds de réserve pour actifs supplémentaires à mesure que de nouveaux clients adhéraient au programme. Conformément à cette disposition financière imbriquée dans le contrat, une certaine portion des frais d'entraînement du programme était utilisée pour améliorer le programme. Un des objectifs de cette façon de faire était qu'une fois qu'assez de stagiaires auraient été inscrits au programme, on disposerait d'assez d'argent pour acheter des FTD supplémentaires. Tous les clients du NFTC à l'exception des quatre signataires initiaux (au lancement) ont dû payer ces frais<sup>95</sup>.

### Points faibles du programme NFTC

Le contrat du NFTC comprenait aussi plusieurs faiblesses contractuelles. Les trois principaux éléments problématiques étaient la nature complexe des droits de scolarité, le niveau élevé de revenus garantis par le gouvernement et plusieurs hypothèses erronées concernant le ressourcement. Ces faiblesses entraîneraient des conséquences qui allaient nuire au succès de l'entente du point de vue du MDN et de l'entrepreneur principal.

La structure des droits de scolarité ressentait nécessairement les effets de la nécessité de payer les frais de location des immobilisations. Les droits de scolarité étaient composés de cinq différents types de frais payables : les frais de transition, les coûts fermes, les coûts fermes fixes, les frais variables et les frais remboursables. Les frais de transition étaient des coûts associés au démarrage du programme à compter du 1<sup>er</sup> mai 1996 et jusqu'à ce que toutes les phases de l'instruction aient été chargées et soient en exécution. Les coûts fermes concernaient la maintenance des aéronefs et l'administration de l'infrastructure relative au programme. Les coûts fermes fixes concernaient les paiements liés au capital et aux intérêts de location versés à Milit-Air pour les obligations émises pour acquérir les immobilisations. Ces frais sont payables deux fois l'an pendant les vingt années d'activité du programme. Les frais variables concernent les pièces de rechange pour aéronefs, les pièces consommables et les révisions de moteurs. De leur côté, les frais remboursables concernent le carburant, l'huile et l'oxygène<sup>96</sup>. Le grand nombre de types de frais a rendu les aspects financiers du contrat difficiles à comprendre pour les personnes ne faisant pas partie du petit groupe d'agents financiers spécialisés qui étaient responsables de l'administration du programme.

Même la série complexe de frais qui composent les droits de scolarité n'offre qu'un aperçu simplifié de la tarification du NFTC<sup>97</sup>. En fait, chaque utilisateur payait des droits de scolarité différents en fonction du moment auquel il a adhéré au programme en raison des périodes différentes pour l'amortissement des immobilisations ainsi que du nombre de stagiaires inscrits par la nation, qui pouvait rendre nécessaire l'acquisition d'immobilisations supplémentaires pour correspondre aux actifs de formation accrus. Initialement, le concept prévoyait qu'une tarification simplifiée pourrait être offerte à l'aide d'une « facturation à l'heure de vol » entièrement calculée et tenant compte de tous les aspects des exigences relatives à l'instruction d'un stagiaire<sup>98</sup>. Ce concept était très difficile à calculer, car le prix de l'heure de vol dépendait de la personne qui participait au vol et de l'aéronef utilisé. Tous ces facteurs complexes compliquaient la mise en marché, car le client potentiel voulait qu'on lui soumette un prix avant qu'il ne s'engage. Cependant, il était difficile d'établir un prix précis avant qu'un engagement n'ait été pris. Cette situation s'explique notamment par la garantie gouvernementale inconditionnelle pour les paiements



de location dont on a parlé précédemment, qui signifiait que les paiements seraient effectués, que le Canada entraîne le nombre de pilotes permis ou non. Plus précisément, même si aucune formation n'était offerte, le Canada devrait payer 79 % des coûts de l'ensemble du programme<sup>99</sup>. Le risque est que l'entrepreneur soit incapable d'offrir l'éventail et la quantité de services requis ou qu'il choisisse de ne pas le faire. Dans un tel cas, même en marge d'un recours judiciaire coûteux et long, le Canada demeurerait responsable du montant associé aux coûts fixes, qui était de l'ordre de 1,3 G\$.

Les droits de scolarité et la tarification n'étaient pas les seuls enjeux complexes en lien avec le NFTC. Une des plus importantes lacunes qui ont nui au succès du programme du point de vue du MDN et de l'entrepreneur est que plusieurs des hypothèses de départ en fonction desquelles le contrat avait été rédigé étaient erronées ou optimistes. Ces hypothèses invalides ont mené à l'attribution de ressources insuffisantes au programme. Le problème fondamental était que pour garder les coûts au plus bas, le programme a reçu des ressources tenant compte de la demande moyenne plutôt que de la demande de pointe.

### Hypothèses erronées et contrat de NFTC

Il existe plusieurs exemples d'hypothèses erronées ayant mené à l'attribution de ressources inadéquates au programme. Toutefois, pour lancer la discussion, il est crucial de comprendre que, même si un soutien vaste et varié est nécessaire pour maintenir en puissance et entretenir un programme d'entraînement en vol, il existe trois actifs clés très coûteux. Les actifs clés, qui peuvent favoriser ou empêcher le succès d'un tel programme, sont les aéronefs, les FTD et les PIQ. Pour calculer la quantité dans laquelle ces actifs clés sont requis, il existe diverses hypothèses préliminaires sur la base desquelles les décisions de ressourcement sont prises, notamment : le calendrier des jours d'entraînement en vol (CJEV), les capacités des aéronefs, les effets du plan d'instruction (PLANIN) sur l'utilisation et la disponibilité des FTD, le nombre de PIQ, les heures de vol, le paradigme de génération des sorties et l'attribution de contrats à fournisseur unique<sup>100</sup>.

Le CJEV est presque assurément l'hypothèse maîtresse sur laquelle reposent tous les autres facteurs. Le CJEV se rapporte au nombre de jours par année pendant lesquels les conditions météorologiques sont favorables à l'entraînement en vol, qui sont appelés les jours d'entraînement en vol. Les jours défavorables à l'entraînement en vol sont appelés les jours de mauvais temps. Le calendrier est établi en fonction de 30 ans de données météorologiques sur le site d'entraînement. Dans le cas du NFTC, les deux sites d'entraînement sont la 4<sup>e</sup> Escadre Cold Lake et la 15<sup>e</sup> Escadre Moose Lake. Puisque ces deux sites étaient utilisés comme lieux d'entraînement depuis des dizaines d'années, on disposait d'une grande quantité de données météorologiques. Les autres facteurs dont il faut tenir compte pour le calcul des jours d'entraînement en vol sont les exigences météorologiques associées à la phase de l'entraînement ou à la mission. De façon générale, les phases d'entraînement pour pilotes débutants ou n'ayant pas encore obtenu leur brevet exigent de meilleures conditions météorologiques que les phases d'entraînement destinées à des pilotes brevetés, car, à mesure que les stagiaires avancent dans les diverses phases, leur capacité de s'adapter à différentes conditions météorologiques augmente, ce qui fait que les exigences relatives aux conditions météorologiques sont généralement assouplies. De plus, les phases d'entraînement pour pilotes débutants mettent l'accent sur l'acquisition de compétences





de pilotage élémentaires et, pour ce faire, on souhaite que les conditions météorologiques soient optimales afin qu'on puisse se concentrer sur le perfectionnement des compétences sans avoir à composer avec des conditions météorologiques défavorables.

Dans le cas des phases d'entraînement pour pilotes débutants du NFTC, on utilise à la 15<sup>e</sup> Escadre un calendrier reposant sur 175 JEV et, pour la phase d'entraînement de pilotes breveté, on utilise à la 4<sup>e</sup> Escadre un calendrier de 192 JEV. Il s'agit du même CJEV que celui qui est utilisé pour l'entraînement du Tutor à Moose Jaw et sur CF5 à Cold Lake, les avions qui étaient utilisés antérieurement. Toutefois, au fil du temps, cette hypothèse s'est montrée inexacte dans une grande mesure. L'imprécision était largement due à l'écart existant entre les capacités des aéronefs utilisés avant et après le NFTC. Par exemple, l'ARC utilisait l'aéronef Tutor avec une limite de 25 nœuds (kt) pour les vents latéraux dans le cas des missions en solo menées par des stagiaires et avec une limite de 35 kt pour les vents latéraux si la mission était exécutée avec un PIQ (mission en duo). Dans le cas de l'aéronef Harvard, la limite initialement fixée pour les vents de travers, tant pour les missions en solo qu'en duo, était de 16 kt. Plus tard dans le programme, ces limites ont été repoussées, après qu'il eut été démontré qu'il était sécuritaire de le faire, à 15 kt pour les stagiaires en mission solo et à 25 kt pour les missions en duo. Qui plus est, l'aéronef Tutor a été autorisé à pénétrer une couche nuageuse à 5 000 pieds avec givrage d'aéronef léger à modéré, alors que le Harvard ne peut pas être utilisé dans des conditions de givrage. De toute évidence, à la lumière de l'écart existant entre les capacités des aéronefs, le CJEV doit être différent. En fait, les phases d'entraînement de pilotes débutants à bord de Harvard sont maintenant menées en fonction d'un calendrier de 168 JEV. Cette différence est partiellement attribuable à l'écart de capacités et elle est également partiellement attribuable à des modèles météo d'une précision accrue et qui tiennent compte des variations observées dans les régimes climatiques au fil des 10 à 15 dernières années. Par conséquent, d'un point de vue mathématique, l'utilisation d'un CJEV comptant 175 JEV pour les phases d'entraînement de pilotes débutants sur Harvard mènerait à l'hypothèse selon laquelle un nombre réduit d'aéronefs sont maintenant nécessaires pour offrir l'entraînement.

Une autre hypothèse clé concerne les taux d'utilisation des FTD. La méthode utilisée pour calculer le nombre de FTD requis a été fondée sur le nombre total de missions en FTD requises. Par conséquent, le nombre de simulateurs inclus dans le plan d'instruction (PLANIN) a été multiplié par le nombre de places pour entraînement de stagiaires vendues, puis divisé par le nombre de jours de travail. On a utilisé le nombre de jours de travail plutôt que le nombre de jours d'entraînement en vol, car on a supposé que les missions sur FTD seraient menées pendant les jours de mauvais temps. Ainsi, l'hypothèse supposant un taux d'utilisation des simulateurs uniforme et harmonieux selon lequel le travail était réparti sur une longue période, ce qui avait pour effet de réduire la quantité de ressources nécessaires en matière de personnel et de matériel pour répondre aux besoins.

Toutefois, une telle perspective ignore les réalités inhérentes à un plan d'instruction, selon lesquelles presque tous les vols doivent être précédés d'une mission en FTD. Par conséquent et en raison des dates de début des cours aux stagiaires (les cours sont présentés à des groupes de stagiaires pour réduire le nombre d'instructeurs d'école de formation au sol), le nombre de FTD pour aéronef Harvard disponibles était souvent inadéquat. Ainsi, la réalité est que, compte tenu du flux de missions du PLANIN, l'utilisation des FTD était un paradigme constitué de pointes et de creux. Cette situation était problématique à de nombreux égards, notamment parce qu'elle rendait la dotation en instructeurs pour FTD,





qui était une responsabilité de l'entrepreneur, extrêmement difficile puisque l'entrepreneur hésitait à fournir suffisamment d'instructeurs pour répondre aux besoins en période de pointe pour la simple raison que tous ces instructeurs n'étaient pas nécessaires à l'extérieur des périodes de pointe. Cependant, quand les stagiaires ne pouvaient pas exécuter une mission sur simulateur en raison d'une disponibilité insuffisante, il leur devenait impossible d'exécuter la mission d'entraînement en vol correspondante, ce qui signifiait que les avions demeuraient au sol. Même si un nombre suffisant de FTD pouvaient avoir été offerts pendant l'année, ils ne l'étaient pas toujours simultanément, ce qui a eu des conséquences directes, qui ont pris la forme d'une efficacité réduite du programme.

Il y a eu de nombreux enjeux qui ont eu des répercussions sur le succès des hypothèses utilisées pour la dotation en PIQ. Le premier était une évaluation erronée de la disponibilité des PIQ, ce qui a mené à l'utilisation d'un rapport de trois stagiaires pour un PIQ. L'hypothèse sous-jacente était que la présence des PIQ réduirait le besoin de cours de perfectionnement professionnel, les déploiements et les tâches sans lien direct avec le vol. Depuis le début des activités, on a observé une constante augmentation du nombre de PIQ nécessaires. Cette situation a été exacerbée par les changements réglementaires en vertu desquels les membres de l'ARC reçoivent maintenant jusqu'à 12 mois de prestations de maternité ou 9 mois de prestations de paternité, ce qui a pour effet de réduire les effectifs qualifiés en activité au chapitre des PIQ<sup>101</sup>.

Tôt dans le programme, il a été reconnu que le nombre de PIQ était insuffisant pour permettre de répondre aux besoins de formation. En 2001, la 2<sup>e</sup> École de pilotage des Forces canadiennes (2 EPFC) a recommandé de porter le nombre de PIQ à 80, une hausse par rapport aux 60 PIQ alloués. Au début de 2002, le niveau de dotation avait été porté à 71 PIQ, nombre qui a continué d'augmenter lentement au fil de la durée du programme<sup>102</sup>. Le Centre de recherche opérationnelle et d'analyse, ultérieurement renommé Direction d'analyse et de recherche opérationnelle, a été créé par la 1<sup>re</sup> Division aérienne du Canada (1 DAC) pour élaborer un modèle d'attribution des ressources (MAR) pour le NFTC. Cette modélisation est passée par plusieurs itérations afin de le peaufiner à la lumière de l'évolution des obligations et des responsabilités liées aux PIQ. Quoi qu'il en soit, le rapport entre PIQ et stagiaires est désormais fixé à deux pour un. Par conséquent, dans ce cas, une partie de l'enjeu était une série de développements et de changements apportés à la réglementation qui ont eu lieu tôt dans le cycle de vie du programme et qui ont modifié les hypothèses préalablement formulées.

Un autre facteur qui aurait un effet profond sur les décisions en matière de ressourcement et sur le succès du programme était le paradigme de génération des sorties ou, plus simplement, le « modèle de vague ». Il a été déterminé, en fonction du nombre de places de formation vendues et de l'utilisation d'un calendrier comptant 175 JEV, que le programme d'entraînement sur Harvard exigeait 81 sorties par jour. De plus, le contrat avait été conçu autour d'un jour de vol de 10,5 heures comme valeur de référence aux fins de la dotation et de l'attribution des ressources pour les sous-traitants. Toute demande de prolongation de ce temps exigeait financement et négociation entre le MDN, l'entrepreneur principal et les sous-traitants. Cela a débouché sur le paradigme du programme à cinq vagues, qui a contribué à réduire le nombre d'avions requis pour exécuter les sorties nécessaires. Par exemple, ce nombre de sorties pouvait être atteint au moyen de quatre vagues de 21 avions ou de cinq vagues de 17 avions.



On suppose que les PIQ du NFTC mènent deux missions en vol par jour. En règle générale, les PIQ participent aux vagues 1 et 3 ou aux vagues 2 et 4 et la cinquième vague est constituée de stagiaires exécutant des missions en solo ou d'autres missions, comme des missions de vérification des compétences, qui exigent la présence d'un PIQ. Les difficultés éprouvées pour obtenir une dotation complète pour la cinquième vague ont entraîné une situation dans laquelle le programme était calculé en fonction de cinq vagues, mais ne pouvait souvent pas en utiliser plus que quatre. De plus, dans le paradigme du NFTC, deux missions d'entraînement exigent normalement entre huit et neuf heures. Ainsi, tout temps requis pour des tâches secondaires, l'administration du personnel, le conditionnement physique, les cours en ligne ou les cours de perfectionnement professionnel s'ajoute à la journée de travail d'une durée de huit à neuf heures. Cela fait en sorte qu'il est difficile pour les PIQ de soutenir à long terme le rythme de travail imposé par un régime de deux missions par jour. Par conséquent, dès le départ, la cinquième vague était problématique du point de vue de la dotation et le programme aurait dû être mieux conçu, que ce soit pour en faire un programme à quatre vagues exigeant davantage d'aéronefs ou un programme à six vagues exigeant davantage de personnel.

Les PIQ ont besoin de temps de vol réservé chaque année pour maintenir un niveau de compétence élevé. Cela permet de voir à ce que les stagiaires soient accompagnés par des instructeurs hautement compétents dont ils peuvent reproduire le comportement et à ce que les PIQ soient compensés au chapitre de leurs compétences pour la grande partie de leur temps de vol pendant lequel c'est le stagiaire qui pilote l'aéronef. Compte tenu du fait que le NFTC a été conçu pour prendre de l'ampleur, des heures de perfectionnement des compétences ont été associées à chaque place de stagiaire dans le programme d'entraînement en vol. Ainsi, plus le nombre de stagiaires inscrits au programme augmentait, plus le temps de perfectionnement des compétences augmentait afin de tenir compte de l'augmentation du nombre de PIQ requis pour entraîner les nouveaux stagiaires. Cependant, le nombre d'heures de perfectionnement des compétences associées aux places était relativement bas et il reposait sur des calculs établis avant l'avènement du paradigme du NFTC.

En 2000, les exigences de la 1 DAC en matière d'heures de perfectionnement des compétences ont augmenté considérablement pour toutes les unités. À la lumière du nombre de places dans le programme NFTC vendues, les heures vouées au perfectionnement des compétences intégrées au programme représentaient environ 40 % des besoins révisés<sup>103</sup>. Pour compenser cet écart, des places pour stagiaires ont été converties en heures de perfectionnement des compétences. Cela a considérablement réduit le nombre de places disponibles pour l'entraînement des stagiaires. Par exemple, le Canada a acheté 131 places dans la phase 2A, mais, en moyenne, il a utilisé 16 places pour augmenter le nombre d'heures vouées au perfectionnement des compétences afin de respecter les exigences de la 1 DAC. C'est l'une des principales raisons pour lesquelles les objectifs de production du programme NFTC n'ont pas été atteints pendant les douze premières années du programme. Ces hypothèses erronées ont causé une spirale de dégradation des relations entre l'ARC et l'entrepreneur. En raison des enjeux liés à la capacité et des hypothèses erronées, le nombre de stagiaires de l'ARC ne correspondait pas aux niveaux attendus. Cela a créé une situation dans laquelle l'entrepreneur devait supporter le fardeau d'une diminution des revenus se chiffrant en dizaines de millions de dollars due aux heures de vol non effectuées.



En mai 2011, l'entrepreneur a indiqué à l'ARC qu'il restreignait les services offerts, y compris en période de pointe, au minimum prévu dans le contrat tel qu'interprété par l'entrepreneur. Par conséquent, l'ARC a mis sur pied une équipe spéciale pour examiner les incidences. L'équipe spéciale a aussi reçu le mandat de trouver une solution dans les limites des ressources disponibles à la lumière de la nouvelle interprétation qu'en faisait l'entrepreneur ainsi que d'accroître la production pour compenser les pénuries de pilotes découlant de la capacité réduite du NFTC. Le résultat de ce travail fut un paradigme de la formation des pilotes entièrement renouvelé, y compris des modifications tous azimuts au recrutement des stagiaires pilotes, de la méthode de sélection du personnel navigant et de la philosophie de la formation, et ce, tant pour le FEVS que pour le NFTC. Mis en œuvre en 2012, le système revu produit maintenant environ 115 nouveaux détenteurs du brevet de pilote (NDBP) avec une augmentation de coûts minimale par rapport à un système qui produisait précédemment entre 85 et 90 NDBP par année. Il faut souligner qu'en l'absence du changement de paradigme utilisé pour la formation des pilotes, le coût lié à l'atteinte d'une production de 115 NDBP par année (NFTC et FEVS combinés) a été estimé à un minimum de 800 M\$ pour la période restante du contrat du programme de NFTC (de 2011 à 2021).

Un autre problème résidait dans la nature du NFTC : un contrat à fournisseur unique. Le MDN a soumis une structure à fournisseur unique parce qu'il croyait que le consortium dirigé par BI incluait tous les entrepreneurs qui avaient présenté une soumission en tant qu'entrepreneurs principaux en marge du contrat du FEVS en 1991. Pour cette raison, le MDN croyait que le consortium représentait le seul soumissionnaire qualifié. De plus, l'équipe de l'industrie était l'entité qui avait exprimé de l'intérêt envers le programme. Il existait aussi une croyance selon laquelle, en raison du coût inférieur de l'ENJJPT et de la minutie avec laquelle les coûts seraient examinés par les pays clients potentiels, on se trouvait dans une situation dans laquelle BI serait fortement incitée à maintenir les coûts au plus bas niveau possible. Le MDN a aussi indiqué que l'avenue du fournisseur unique était la seule qui offrait la possibilité de respecter l'échéancier imposé par l'OTAN<sup>104</sup>.

Même si l'approche par fournisseur unique suscitait de l'inquiétude, le programme a continué malgré les constatations du Bureau du vérificateur général du Canada (BVG), selon lesquelles ni l'approche par fournisseur unique ni la marge de profit négociée directement par Travaux publics et Services gouvernementaux Canada (TPSGC) ne respectaient la réglementation gouvernementale en matière de contrats<sup>105</sup>. Dans le cas d'une entente de service de 20 ans, le contrat est de facto un contrat à fournisseur unique, même si un appel d'offres concurrentiel a lieu pour sélectionner le fournisseur de service de droit. En raison du niveau très élevé de revenu garanti prévu dans le contrat et des pénalités élevées prévues en cas de résiliation, l'ARC est enchaînée au fournisseur de service dont la soumission aura été retenue. Même si le MDN choisissait d'exercer le droit de résiliation prévu dans l'ASC, les coûts engendrés pourraient être aussi élevés que 79 % de la portion garantie de la valeur restante du contrat.

### Entraînement de vol de l'OTAN au Canada – Conclusion

Le NFTC est un programme innovateur qui intègre un partenariat public-privé selon lequel le MDN a évité les pièges d'un projet d'immobilisations de grande ampleur dans un contexte de restrictions. Cela était en harmonie avec l'orientation voulue dans le Livre blanc sur la défense de 1994 et a permis



à l'ARC de mettre à niveau et de moderniser considérablement son système de formation de pilotes. De plus, l'expansion du programme par l'entremise de ventes à des forces aériennes alliées était un principe central. De telles ventes étaient nécessaires pour dégager des économies d'échelle suffisantes pour assurer la viabilité du programme. L'approbation du CT incluait le pouvoir de conclure des ventes de services de formation au bénéfice du MDN et de l'économie canadienne. L'ASC lui-même comprenait des mécanismes intégrés pour assurer que l'on dispose de ressources suffisantes dans le cas d'une expansion. Tous ces facteurs ont convergé pour créer un système de formation de haute qualité<sup>106</sup>.

Les principales lacunes du contrat étaient le paradigme des immobilisations et des hypothèses profondément erronées en lien avec les trois ressources clés. Ces problèmes ont nui à la production. En fait, selon l'examen mené par le CS Ex en 2012, la production obtenue entre 2001 et 2010 n'a jamais dépassé 74 % des extrants ciblés<sup>107</sup>. Le paradigme utilisé pour acheter les immobilisations ont forcé le Canada à payer de la formation, et ce, qu'elle soit dispensée ou non. De plus, il y a eu des hypothèses erronées en matière de ressourcement dans des secteurs critiques, notamment : CJEV, capacités des aéronefs, effets du PLANIN sur l'utilisation et la disponibilité des FTD, dotation en PIQ, heures de perfectionnement des compétences et paradigme de génération des sorties.

## Forfait d'entraînement au vol et de soutien

En 2005, le MDN a obtenu l'autorisation de lancer<sup>108</sup> un projet sur vingt ans (plus une période de transition de deux ans) et d'une valeur de 1,77 G\$ avec Allied Wings (AW), une division de Kelowna Flightcraft, pour offrir à l'État des services de soutien pour la formation de pilotes<sup>109</sup>. La valeur totale du contrat, y compris l'augmentation survenue pendant la durée du contrat et le financement requis pour la période de transition, a approché les 2,3 G\$<sup>110</sup>. Même si les ressemblances avec le NFTC abondent, il y a eu une tentative d'intégration des leçons retenues pendant les premières années de ce contrat<sup>111</sup>. Par conséquent, en examinant l'histoire de NFTC ainsi que ses points forts et ses points faibles, nous sommes en mesure d'évaluer avec une haute efficacité le futur contrat visant la formation de pilotes.

## Contexte du FEVS

En 1989, l'État a annoncé une série de fermetures de bases et d'installations militaires pour réduire le déficit et ralentir la croissance de la dette<sup>112</sup>. Cela a été suivi par l'annonce de l'intention de fermer la BFC Portage la Prairie plus tard au cours de cette même année et de cesser les activités d'entraînement en vol de pilotes militaires<sup>113</sup>. Le MDN a lancé une initiative visant à rajeunir son entraînement en vol principal et sur hélicoptère, qui n'avait que peu changé en de nombreuses années. Il n'y a eu aucune discussion au sujet de la mise en place d'une phase d'entraînement en vol sur aéronefs multimoteurs.

En 1992, à l'issue d'un appel d'offres concurrentiel, BI a commencé à offrir de la formation dans le cadre d'un mandat de cinq ans assorti de deux périodes optionnelles de prolongation d'un an, qui ont toutes deux été exercées. Conformément aux modalités du contrat, BI a fourni des services de formation élémentaire, notamment : entraînement au vol, nouveaux aéronefs et formation au sol. BI a aussi fourni au MDN des services maintenance des aéronefs multimoteurs (EFE) et des aéronefs prêtés aux fins de la formation des pilotes d'hélicoptères. De plus, BI a fourni l'éventail complet des activités liées



à l'exploitation d'un terrain d'aviation dans le cadre d'ententes conclues avec plusieurs sous-traitants et une nouvelle organisation du nom de Southport Aerospace Centre Inc. Cet organisme de développement nouveau, appartenant à des intérêts locaux et sans but lucratif a été créé de la même façon que les sociétés de gestion sans but lucratif qui avaient déjà été responsables d'autres anciennes bases du MDN<sup>114</sup>. Plusieurs prolongations de contrat ont été conclues dans la foulée de la période préliminaire.

L'ARC a vu cette expérience initiale comme un moyen innovateur d'obtenir de nouveaux aéronefs et de moderniser la formation dans un contexte financier marqué par les restrictions. En utilisant le contrat initial du FEVS comme modèle, tous les services requis en marge de l'initiative de DMPS ont été impartis à un entrepreneur principal. L'ARC a donc décidé de continuer avec le paradigme du partenariat public-privé utilisé dans le contrat du FEVS subséquent et pour le NFTC<sup>115</sup>.

### Similitudes entre le FEVS et le NFTC

Il existait de nombreuses similitudes entre le NFTC et le FEVS. D'abord et avant tout, les deux contrats partageaient le même paradigme d'impartition selon lequel l'État avait confié à un entrepreneur principal unique le mandat de fournir un large éventail de services de soutien et les deux contrats ont été des vecteurs de modernisation profonde de leurs aspects respectifs du système de formation des pilotes.

Dans le cadre des deux programmes, une société a été employée comme entrepreneur principal. Dans leur rôle d'entrepreneur principal, AW et BI devaient fournir tous les services visés par le contrat. Certains de ces services étaient fournis par AW et BI elles-mêmes et d'autres étaient fournis par des sous-traitants. Le concept d'entrepreneur principal a délésté l'ARC et l'État de la tâche de gérer de multiples ententes conclues avec plusieurs entreprises. L'ARC a payé des frais de service pour qu'une organisation civile gère les ententes secondaires conclues avec d'autres entreprises civiles. Ce concept était conforme à la philosophie de la DMPS qui visait à réduire les répercussions sur le personnel en impartissant les fonctions administratives et de gestion. Toutefois, l'inconvénient était qu'une couche de profits était requise. Même si les sous-traitants avaient inclus les profits dans leurs ententes avec AW et BI, les entrepreneurs principaux avaient également prévu des profits pour les services de gestion.

Comme ce fut le cas du NFTC, un des principaux avantages de l'option de DMPS était la recapitalisation des actifs et de l'infrastructure d'entraînement. Conformément aux modalités du contrat du FEVS, AW a fourni beaucoup de nouvelles immobilisations pour moderniser et mettre à jour la formation offerte à Southport. Par l'intermédiaire d'EFE, AW s'est engagée à acheter des aéronefs Grob 120A pour l'entraînement au vol élémentaire et des Beechcraft King Air C90B pour l'entraînement au vol sur aéronefs multimoteurs. Contrairement au cas du NFTC, les nouveaux actifs ont été achetés directement par l'entrepreneur principal par l'entremise d'une organisation tierce sans but lucratif. Toutefois, pour permettre l'obtention de meilleures modalités financières pour AW, l'État a agi comme preneur ferme pour les prêts nécessaires à l'achat des immobilisations devant être utilisées comme EFE. Pour ce qui est de l'EFG, le MDN a fourni des hélicoptères Bell 206 Jet Ranger pour l'entraînement au vol en hélicoptère élémentaire et plusieurs hélicoptères militarisés Bell 412CF Outlaw pour mettre en place une formation avancée pour pilotes d'hélicoptère. Cela fut une cassure par rapport à la méthode utilisée depuis longtemps pour l'entraînement des pilotes d'hélicoptère, qui passait par



l'enseignement de compétences essentielles avec une plateforme d'entraînement élémentaire. La durée du cours a été accrue considérablement et l'ajout de la deuxième plateforme avancée a essentiellement créé un programme d'entraînement pour pilotes d'hélicoptère comportant un volet élémentaire et un volet avancé. L'objectif de cet étoffement du programme d'entraînement était d'approfondir les compétences essentielles communes tout en réduisant l'ampleur de l'entraînement requis au niveau de l'unité d'entraînement opérationnel, qui est particulièrement coûteux. AW était également responsable de l'achat de nouveaux simulateurs pour une instruction sur simulateur d'un niveau supérieur à ce qui se voyait auparavant ainsi que de toutes les tâches liées à l'entraînement au vol élémentaire. Les PIQ de l'ARC devaient fournir de l'entraînement en vol en marge de l'entraînement pour pilotes d'hélicoptère et d'aéronefs multimoteurs alors qu'AW et ses sous-traitants étaient responsables des instructeurs de formation au sol, des didacticiels, des services liés aux vols et des aéronefs requis pour l'entraînement au pilotage d'aéronefs multimoteurs et à voilure tournante (hélicoptères). Toujours dans une optique de modernisation, AW a bâti de nouveaux hangars pour aéronefs ainsi qu'un complexe de formation d'une superficie de 7,432 mètres carrés<sup>116</sup>. Ainsi, dans l'ensemble, les deux contrats partageaient un paradigme similaire pour ce qui est de la structure générale et du concept.

### Points forts du programme du forfait d'entraînement au vol et de soutien

Un examen du programme d'entraînement qui a suivi lèvera le voile sur bon nombre d'aspects du programme du FEVS qui sont avantageux pour le MDN et sur plusieurs principaux avantages du programme que le FEVS partage avec le NFTC. Parmi ces avantages, citons la conformité aux politiques et objectifs de DMPS du gouvernement, la réduction de nombre de membres du personnel en uniforme requis et la modernisation de la flotte dans un contexte financier difficile pour les projets d'immobilisations. De plus, le FEVS compte plusieurs points forts qui découlent largement des leçons retenues de l'expérience de NFTC : souplesse accrue pour faciliter les modifications apportées au travail, modalités pour variation dans la quantité (VDQ) et mise en œuvre d'honoraires d'incitation au rendement (HIR).

Le FEVS possède beaucoup des points forts du programme de NFTC. De façon similaire au NFTC, le FEVS adhère aux principes de la DMPS adoptés par l'État. Le programme est perçu comme avantageux pour la communauté locale et la province du Manitoba parce qu'il a permis la création de dizaines d'emplois stables et bien rémunérés<sup>117</sup>. Les politiciens locaux et la communauté des affaires locales sont d'avis que le programme est le point culminant d'une campagne de longue haleine contre la fermeture de la base prévue par le MDN. En fait, l'octroi du contrat du FEVS à AW a permis une intensification des activités exécutées dans les installations de Southport. Le programme permet aussi l'atteinte du double objectif du MDN concernant le maintien de l'entraînement au vol militaire au pays et la réduction du nombre de militaires en uniforme. En outre, il y a eu une modernisation substantielle des immobilisations utilisées dans le cadre du programme de formation. Un élément particulièrement important fut la mise en place de trois simulateurs perfectionnés dont deux (un pour l'aéronef Outlaw et un pour l'aéronef King Air) possédaient une capacité de mouvement complète<sup>118</sup>. L'efficacité de l'ensemble du programme a été largement accrue, car ces simulateurs aux très grandes capacités ont réduit la mesure dans laquelle le programme dépendait de conditions météorologiques favorables pour l'exécution de l'entraînement. Ces simulateurs ont aussi élargi considérablement l'éventail des tâches qui pouvaient être répétées au sol avant la tenue d'une mission de vol.



Étant donné que le FEVS a débuté plusieurs années après le NFTC, on a tenté d'appliquer les leçons retenues à la nouvelle entente contractuelle, notamment en ce qui concerne une souplesse accrue pour faciliter les modifications à apporter au travail, des modalités concernant la VDQ et la mise en œuvre d'HIR. Le principal objectif de ces modifications était d'accroître les incitatifs à l'intention de l'entrepreneur et la souplesse dont disposait l'entrepreneur, deux éléments qui étaient perçus comme insuffisants dans le contexte du programme de NFTC.

Un exemple de la capacité de favoriser et de mettre en œuvre le changement est que le concept du FEVS a évolué considérablement au cours des premières années. Le contrat de base du FEVS prévoyait trois places par année pour une phase II (Grob), phase qui avait initialement été appelée la « phase I prolongée ». En raison des lacunes au chapitre de la production de la phase II de l'entraînement du programme de NFTC<sup>119</sup>, les modalités du contrat de base ont été bonifiées dans le cadre d'une modification portant sur une durée de cinq ans. L'objectif de cet ajout contractuel d'une valeur de 50 M\$ était de reproduire la formation offerte dans le cadre du programme de NFTC et cela a été jugé suffisant pour que les stagiaires puissent passer à l'entraînement sur hélicoptère ou aéronef multimoteurs. Toutefois, cela n'a pas été jugé complètement équivalent, ce qui fait que cela n'a pas permis aux diplômés de passer à l'entraînement sur avion à réaction rapide de NFTC. La modification incluait la création d'un FTD pour Grob parce que cette formation était considérée comme faisant partie intégrante de l'entraînement de la phase II. Un des éléments les plus intéressants de la mise en œuvre de la modification était que la compagnie avait accepté de travailler « à ses risques » pendant deux ans avant la fin des négociations et la signature de la modification. Pendant cette période, les missions prévues dans le PLANIN pour le FTD ont été menées à bord de l'aéronef<sup>120</sup>. Ainsi, les programmes sont devenus encore plus similaires et symbiotiques, l'un nourrissant l'autre et vice versa, alors que la formation dans son ensemble évoluait du point de vue du programme. Il y a eu plusieurs autres exemples, comme l'augmentation de la production de la phase I de l'entraînement de 113 à 140 stagiaires<sup>121</sup>, qui a débouché sur un plan d'instruction entièrement revu et produit par l'ARC<sup>122</sup>. De plus, en raison d'une importante pénurie de pilotes d'hélicoptère disponibles, l'entraînement en vol dispensé dans le cadre du cours élémentaire de pilotage d'hélicoptère (CEPH) a aussi été ajouté à la liste de services fournis par AW de 2009 à 2013<sup>123</sup>. Ces exemples indiquent que le plan d'instruction du programme du FEVS a évolué considérablement<sup>124</sup>.

On a aussi inclus un mécanisme permettant à l'autorité technique (AT) de disposer d'une certaine souplesse au chapitre du contingentement de cours sans que cela doive passer par des négociations contractuelles<sup>125</sup>. Dans le paradigme du programme de NFTC, le contrat prévoyait un certain nombre de places pour stagiaires pour chaque phase. Si, pendant une année ou une autre, l'ARC souhaitait augmenter le nombre de places, la capacité disponible devait être vérifiée à la lumière du contrat et les prix connexes devaient être négociés. Cela était souvent un processus long et ardu. Pour remédier à cette situation, le contrat du FEVS comprenait un mécanisme appelé VDQ. On trouvait au cœur de ce concept la capacité pour l'ARC d'augmenter ou de réduire de 10 % le volume annuel lié à une tâche prévue au contrat. Par conséquent, si on se sert de la phase I comme exemple, l'ARC pouvait faire passer le nombre de places pour une année de 113 à 124 sans frais supplémentaires. Cette souplesse s'appliquait à toutes les phases d'entraînement au vol du FEVS et à toutes les tâches de soutien prévues au contrat. Toutefois, une certaine protection des revenus de l'entrepreneur était également prévue en





ceci que, si la quantité était réduite, pour une année ou une autre, de 10 % ou moins, l'ARC n'aurait droit à aucun remboursement. Par conséquent, dans la foulée d'une VDQ, l'ARC pouvait demander entre 102 et 124 places pour la phase I sans que cela n'ait d'incidence sur le coût. Le seul avis requis pour une telle modification était une lettre de prévision de la production annuelle envoyée à l'entrepreneur<sup>126</sup>. Ce mécanisme a accru la capacité de l'ARC de réagir aux variations à court terme des besoins en formation, quelle qu'en soit la cause, sans que cela ait d'incidence sur les coûts.

Autre divergence par rapport au paradigme de NFTC, le FEVS a adopté le concept d'HIR, qui a été utilisé dans d'autres contrats du MDN, notamment le contrat de services de soutien à la 5<sup>e</sup> Escadre Goose Bay conclu avec la multinationale SERCo<sup>127</sup>. Le concept de base était qu'un profit réduit serait payé pour avoir répondu aux exigences de l'énoncé des travaux (EDT) et que des HIR constitueraient la majeure partie du profit de l'entrepreneur. Ainsi, l'objectif était que l'entrepreneur soit très motivé à « offrir un excellent rendement dans les secteurs désignés comme particulièrement importants<sup>128</sup> ». Les mesures incitatives étaient très importantes pour l'entrepreneur, car la valeur totale disponible sur toute la durée de vie du contrat était de 57,5 M\$ ou un montant estimé de 73,27 M\$ si on tient compte des augmentations estimées. L'hypothèse était que l'entrepreneur ne dégagerait qu'un petit profit en se conformant à l'EDT, mais que les HIR encourageraient l'innovation, l'excellence et la souplesse<sup>129</sup>. Cet objectif a été largement atteint, car l'entrepreneur a exprimé un fort désir d'obtenir les HIR les plus élevés possibles<sup>130</sup>. À titre d'exemple des incitatifs positifs que l'entrepreneur a obtenus au titre des HIR, AW a partagé une portion de sa récompense avec ses employés afin d'encourager une forte participation. AW a judicieusement supposé qu'une telle motivation augmenterait ses chances d'obtenir des honoraires d'incitation au rendement élevés. Un exemple de cette motivation était la tendance de l'entrepreneur d'accepter des tâches ou des modifications à l'EDT « à ses risques » afin de démontrer son esprit de collaboration et sa souplesse. Même si on a éprouvé des difficultés au chapitre de l'administration des HIR, dans l'ensemble, les HIR ont été un outil efficace pour la gestion du FEVS et ils ont exercé une influence positive sur l'entrepreneur.

### Points faibles du programme du FEVS

Le contrat du FEVS comprend aussi plusieurs éléments problématiques. Les principaux enjeux sont la lourdeur des exigences administratives liées aux HIR et une souplesse insuffisante au chapitre de la commercialisation. Du point de vue du MDN, ces points faibles ont nui au succès d'ensemble de l'entente.

Même s'il est exact de dire que les HIR ont été un aspect positif du programme du FEVS, l'administration des honoraires exigeait beaucoup de travail et c'était une source de tensions entre l'ARC et l'entrepreneur. Le Comité des honoraires d'incitation au rendement (CHIR) tenait deux réunions semestrielles<sup>131</sup>. Ce groupe recevait les présentations de l'entrepreneur et du président de l'équipe d'évaluation du rendement (EER)<sup>132</sup>, qui présentaient les points de vue de chaque partie sur la portion des HIR disponibles que le CHIR devrait accorder à l'entrepreneur. De plus, l'EER doit tous les mois recueillir des données auprès d'un grand nombre d'experts en la matière (EM) au niveau tactique et opérationnel, qu'on appelle les « contrôleurs du rendement » (CR). Les CR ont le mandat d'observer et de surveiller un domaine précis de l'EDT et de présenter un compte rendu à l'EER. Lors des réunions mensuelles, l'EER et l'entrepreneur s'efforcent de valider toutes les observations et de dissiper





les litiges potentiels. À la fin du plan d'évaluation du rendement (PER) d'une durée de six mois, l'EER regroupe les rapports mensuels dans un rapport détaillé préliminaire contenant toutes les observations relatives à la période et une note recommandée pour présentation du CHIR. Pendant le processus, on offre à l'entrepreneur plusieurs occasions de fournir des intrants et de donner son point de vue. Le CHIR détermine ensuite le pourcentage des HIR que l'entrepreneur doit recevoir pour la période visée. Il y a également un processus de suivi pendant lequel l'entrepreneur peut demander au CHIR une nouvelle étude<sup>133</sup>. Toutes ces tâches sont des tâches secondaires effectuées par du personnel en place sans que des années-personne supplémentaires ne soient ajoutées pour tenir compte de l'ampleur considérable de ces tâches administratives.

Un autre secteur de disparité de longue haleine, dans le contexte des HIR, concerne les critères de rendement (CR). Selon l'annexe F du contrat du FEVS, les CR permettent à l'ARC d'indiquer à l'entrepreneur les domaines devant recevoir une attention particulière afin d'améliorer la prestation d'ensemble du service<sup>134</sup>. Tôt dans la période contractuelle, le CHIR a choisi en connaissance de cause de maintenir des champs d'intérêt particuliers généraux sur la base de l'hypothèse selon laquelle l'imposition de CR trop précis entraverait l'initiative et l'ingéniosité de l'entrepreneur. Toutefois, l'entrepreneur souhaitait avoir des CR les plus précis possible pour que les activités soient adéquatement ciblées. L'objectif était de produire des observations très positives et, donc, de faire en sorte que l'entrepreneur et ses employés reçoivent les HIR les plus substantiels possible. Il a fallu plusieurs PER pour qu'on prenne conscience de la réalité à cet égard et pour que l'incidence positive des HIR se manifeste.

Un autre secteur problématique du FEVS était la souplesse insuffisante au chapitre de la commercialisation. On présentait initialement le programme comme étant la prochaine étape logique que l'ARC devait suivre pour consolider sa position de « centre d'excellence international pour l'entraînement d'aviateurs militaires étrangers<sup>135</sup> ». En 2005, un représentant de haut niveau d'AW a mentionné que, même si le NFTC était la pierre angulaire de l'entraînement au pilotage international au Canada, « [...] l'ingrédient manquant était un volet d'entraînement sur aéronefs multimoteurs et hélicoptères élémentaire et capable d'être réellement mis en marché<sup>136</sup> ». Cette opinion ne reflétait pas uniquement le point de vue de l'industrie, car, comme un document d'information du ministère de la Défense nationale l'a clairement indiqué en 2005, même si l'objectif principal du FEVS était de fournir des services d'entraînement à l'ARC, l'intention était de « continuer la mise en marché du programme d'entraînement de pilotes du FEVS auprès des alliés de l'OTAN et du Commonwealth et d'autres forces armées alliées<sup>137</sup> ». Par conséquent, dès les premiers jours du FEVS, l'entrepreneur et l'ARC étaient clairement déterminés à mettre en marché activement le programme et à en assurer l'expansion.

Toutefois, contrairement au programme de NFTC, le contrat n'intégrait aucune autorité et aucun mécanisme permettant d'en faciliter l'expansion. Dans le contexte du FEVS, l'objectif de la commercialisation est, comme on peut le lire à l'article 22.0, qui porte sur la souplesse en matière de commercialisation, est « [...] de réduire les coûts et de faire croître le programme du FEVS<sup>138</sup> ». Pour atteindre cet objectif, le Canada a été autorisé à mettre en marché toute capacité inutilisée transitoire ou excédentaire. Toutefois, le texte du contrat ne contenait aucune définition de ces pouvoirs. De plus, l'autorisation conférée au programme par le CT ne faisait état que de la vente de la capacité excédentaire et on n'y trouvait aucun pouvoir de bonification de la capacité en raison d'une vente. Cela signifiait que toute vente exigeant une bonification de la capacité nécessitait l'obtention d'une autorisation de commercialisation



supplémentaire du CT, ce qui était un processus ardu<sup>139</sup>. L'entrepreneur était autorisé à proposer l'entraînement à des utilisateurs civils, mais seulement avec l'autorisation écrite du RI pour s'assurer qu'une telle vente n'entrave pas la prestation à l'ARC de l'entraînement prévu dans le contrat. En pratique, cela a limité l'entrepreneur à des ventes d'activités d'entraînement comme celles offertes avec le FTD pour Bell 412 après les heures pendant lesquelles l'entraînement était offert à l'ARC. Même si de telles ventes ont été conclues, leur incidence monétaire sur l'ensemble du programme a été mineure. Ainsi, même si la commercialisation de l'entraînement était l'un des objectifs du FEVS tant pour l'entrepreneur que l'ARC, les mécanismes approuvés dans le cadre du contrat étaient très restrictifs.

## FEVS – Conclusion

Le FEVS est l'élément le plus récent de la mise sur pied de mécanismes d'impartition par l'ARC de services d'entraînement de pilotes. Le FEVS était compatible avec les objectifs de DMPS de l'État, comme la réduction du nombre de militaires en uniforme tout en modernisant les flottes d'aéronefs d'entraînement et l'augmentation du recours à la simulation dans le cadre de l'entraînement. De plus, la FEVS intégrait plusieurs améliorations découlant de l'application des leçons retenues du programme de NFTC, d'une ampleur et d'une complexité supérieures. Ces améliorations comprenaient une souplesse supérieure pour faciliter les changements à apporter au travail, des modalités pour variation dans la quantité (VDQ) et la mise en œuvre des HIR. Toutefois, le contrat du FEVS comportait également des zones problématiques comme les difficultés découlant des niveaux de tolérance au risque différents chez les divers intervenants liés au contrat, les coûteuses exigences relatives à l'administration des HIR et une souplesse insuffisante au chapitre de la commercialisation et de l'expansion. Il faut tenir compte de ces enjeux dans le cadre de l'étude d'un futur modèle d'impartition de l'entraînement pour pilotes.

## Conclusion

Dans le contexte politique et stratégique difficile de la fin du 20<sup>e</sup> siècle, l'ARC a imparti son système de formation de pilotes au moyen d'une initiative englobant deux grands contrats de DMPS d'une valeur se chiffrant en milliards de dollars (NFTC et FEVS). Le programme de NFTC était en grande partie une approche unique et innovatrice permettant de remédier à un système d'entraînement en déclin dans un contexte de contraintes politiques et financières multiples. L'ARC a eu recours à un partenariat public-privé à grande échelle à l'intérieur duquel un entrepreneur principal fournissait immobilisations et services de soutien. L'objectif était d'établir une relation étroite et directe avec l'entrepreneur, relation qui pourrait être étendue par l'entremise de ventes à l'étranger avantageuses pour toutes les parties. Toutefois, les lacunes fondamentales affectant les hypothèses sur lesquelles reposait le contrat ainsi que les faiblesses inhérentes au paradigme ont limité la productivité et le succès du NFTC.

Le contrat du FEVS reposait sur une structure contractuelle similaire, mais il comprenait une tentative d'application des leçons retenues du programme de NFTC. Il y a eu un effort concerté pour l'accroissement de la souplesse en incluant des modalités contractuelles qui facilitaient la variation dans la quantité d'entraînement sans coût supplémentaire. De plus, on a utilisé les HIR pour inciter l'entrepreneur à être innovateur, créatif et réactif. Même si les mécanismes des HIR étaient lourds et, parfois, sources de litiges, ils ont largement atteint leur objectif, qui était de motiver l'entrepreneur à tendre vers l'amélioration continue.



Puisque les programmes sont maintenant arrivés à maturité, un examen de leurs points forts et de leurs points faibles lève le voile sur les avantages et les pièges de la DMPS telle qu'elle a été appliquée au contexte dynamique de l'entraînement des pilotes. Dans l'ensemble, l'ARC a atteint son objectif de rajeunissement du système de formation des pilotes, mais il y a aussi des leçons importantes qui doivent être appliquées à l'avenir pour obtenir du succès.

## Point de vue de l'entrepreneur

Après l'examen du FEVS et du NFTC, il apparaît évident que ces contrats de grande envergure ont été une réussite et qu'ils doivent être améliorés du point de vue de l'ARC. Les enjeux d'avenir pour l'ARC sont grands en raison de l'importance des dépenses requises et de la durée de l'entente potentielle, mais, fait intéressant, les entrepreneurs partagent ce point de vue. Par conséquent, dans un esprit d'amélioration et de collaboration, les deux entrepreneurs principaux ont été consultés afin d'obtenir leur avis sur des éléments susceptibles d'être améliorés dans leur contrat respectif<sup>140</sup>. Les questions portaient principalement sur la structure contractuelle et le degré auquel leurs objectifs organisationnels respectifs ont été atteints ou non<sup>141</sup>.

Les observations de l'entrepreneur ont été regroupées à la lumière des facteurs cruciaux<sup>142</sup>. Pour assurer les meilleurs résultats possible à l'ARC dans le prochain contrat, il est essentiel de tenir compte du point de vue et de la rétroaction de l'entrepreneur. En acquérant une certaine compréhension des objectifs commerciaux des entrepreneurs, l'ARC est plus susceptible d'atteindre ses objectifs futurs.

## Paradigme de l'acquisition d'immobilisations

Tant pour le FEVS que pour le NFTC, on a utilisé un paradigme d'équipement fourni par l'entrepreneur (EFE) pour l'acquisition des immobilisations nécessaires au programme. Du point de vue de l'entrepreneur, le principal enjeu était la définition du besoin comme établi dans l'EBO, puis précisé dans l'EDT. Dans le cas du NFTC, l'entrepreneur a reçu la consigne d'acheter des avions Hawk. Pour ce qui est de l'avion à turbopropulseur, la meilleure solution disponible ne répondait pas aux exigences en matière d'antigivrage ou de vents latéraux. Toutefois, l'avion a tout de même été accepté par l'ARC. Conformément aux discussions, le modèle de ressourcement du NFTC n'a pas été rajusté pour tenir compte de la capacité révisée, ce qui signifiait que, dès le départ, l'entrepreneur devait déployer de grands efforts pour offrir les sorties requises. En bref, si une solution passant par de l'EFE doit être utilisée, l'entrepreneur doit être libre de faire correspondre la plateforme au besoin et, si ce n'est pas le cas, les hypothèses de ressourcement initiales doivent être revues, ce qui pourrait faire augmenter les coûts.

Un autre aspect du paradigme de l'EFE est l'applicabilité et l'application de la politique gouvernementale en matière de passation de marchés et de la réglementation connexe. Par exemple, le paradigme des immobilisations EFE de Milit-Air a été approuvé par le CT conformément aux règles en vigueur à l'époque, mais de nouvelles règles ont été mises en place avec la publication du Manuel de la gestion de TPSGC<sup>143</sup>. En tant qu'autorité contractante (AC), TPSGC a imposé de nouveaux règlements à un contrat assorti de coûts fermes fixes d'une durée de vingt ans sans que l'entrepreneur n'ait le moindre recours. Cela illustre le problème permanent que le paradigme d'EFE a causé à l'entrepreneur dans



le cadre de ce contrat à long terme, car, avec l'évolution du contexte réglementaire, on s'attendait à ce que l'entrepreneur continue de se conformer aux exigences à ses propres frais, ce qui était difficile compte tenu du plan d'activités de l'entrepreneur.

## Ressources nécessaires

Les entrepreneurs ont formulé de nombreux commentaires au sujet des ressources nécessaires. Comme indiqué précédemment, voici les trois principales ressources : PIQ, FTD et aéronefs. Une des principales plaintes portait sur le fait que l'ARC a été incapable de respecter son obligation contractuelle de fournir assez de PIQ pour le NFTC et certains volets du FEVS<sup>144</sup>. Cet enjeu a indiscutablement été l'un des plus importants problèmes rencontrés au début du programme du NFTC. La gestion du personnel militaire est telle que le processus à suivre pour demander et approuver un changement permanent au tableau d'effectifs et de dotation d'une unité s'étire souvent sur deux ans ou plus parce qu'il faut tenir compte de toutes les priorités de l'ARC. Par conséquent, du point de vue de l'entrepreneur, il semble incongru de subir des remontrances pour ne pas avoir offert suffisamment de sorties alors que, si davantage de sorties avaient été offertes, il n'y aurait pas eu assez de PIQ pour les effectuer. De plus, puisque le nombre de PIQ était si problématique pendant les premières années du NFTC, il fallait presque toujours fonctionner selon un modèle d'activités intensifiées. L'ARC s'attendait à ce que les activités intensifiées soient nécessaires, mais cela a considérablement fait augmenter les coûts de l'entrepreneur, sans que cela ne soit accompagné d'une récompense ou d'une mesure incitative pour compenser ce qui était, au moins partiellement, un problème causé par l'ARC.

La capacité d'intensification est une fonction de la dotation et des immobilisations, deux éléments assortis d'un long délai d'approvisionnement aux fins d'une augmentation des ressources. Le concept de capacité d'intensification à court terme exige un délai d'approvisionnement approprié, car seules les ressources actuelles, y compris le personnel salarié, sont disponibles. Pour bâtir une réelle capacité d'intensification à court terme, il faut disposer d'une surcapacité équivalente qui n'est pas utilisée quand on n'en a pas besoin. Même si une surcapacité intégrée est sensée d'un point de vue des opérations, elle exige du financement supplémentaire. Il est souvent difficile de demander, justifications à l'appui, et d'obtenir l'approbation de l'État pour le financement d'une capacité qui ne doit être utilisée que pendant une fraction du temps. Il y a cependant des limites à ce qui peut être fait pendant les vagues supplémentaires et les fins de semaine, car les pressions financières exercées par le personnel faisant des heures supplémentaires sont difficiles à soutenir pour l'entrepreneur. Qui plus est, l'ARC et l'entrepreneur n'ont aucune emprise sur les conditions météorologiques et les enjeux liés aux fabricants d'équipement d'origine (FEO) du domaine des aéronefs, comme on peut le voir dans les écarts statistiques du modèle d'attribution des ressources (MAR) du NFTC, ce qui exige la mise en place d'une capacité d'intensification à court terme. Comme on ne dispose souvent d'aucune surcapacité, la capacité requise doit être obtenue en intensifiant l'utilisation des actifs disponibles. Toutefois, cette approche est coûteuse et on ne la met en œuvre qu'avec le soutien de membres du personnel civil volontaires lorsqu'une telle approche n'est pas prévue dans le contrat. On ne doit s'en servir que lorsque cela est nécessaire pour éviter un épuisement généralisé dû à une intensification endémique.

Il faut aussi comprendre que les entreprises fonctionnent selon un concept de gestion juste-à-temps. Les entreprises du secteur industriel s'efforcent d'être les plus efficaces possible et d'optimiser l'utilisation



des ressources pour garder les coûts au plus bas niveau possible. Quand elles appliquent ce concept, les entreprises du secteur industriel ne cherchent pas à obtenir des ressources au moment où la demande à leur endroit culmine, sauf si une telle façon de faire est explicitement établie dans le contrat et si elles reçoivent une rémunération conséquente. En effet, les entreprises du secteur industriel calculent les ressources requises en fonction de la marge de manœuvre dont elles disposent pour gérer la demande de façon à ce que les ressources requises soient inférieures à la demande de pointe. Cette méthode permet de contenir les coûts et elle est représentative de la nature concurrentielle du secteur privé. Le résultat est que la souplesse voulue par l'ARC au chapitre de la production est souvent impossible à obtenir parce que les ressources requises pour le projet sont acquises d'une façon faisant en sorte que tout niveau supérieur à la demande moyenne est en fait une intensification. Les entrepreneurs se sont entendus pour dire que cela a été une grande source de mécontentement chez les clients, même si l'effet en a été des prix réduits.

### Mesure du rendement

Une autre grande source d'inquiétude pour les entrepreneurs est la mesure du rendement. Les deux entrepreneurs ont signé des contrats à prix fixe et à long terme. De leur point de vue, les deux contrats étaient assortis d'éléments liés au rendement, mais il était évident pour les deux entrepreneurs que la prévisibilité des coûts était le principal facteur<sup>145</sup>. Toutefois, dans le contexte du NFTC, quand les problèmes relatifs à la production ont pris de l'ampleur, la relation entre l'ARC et l'entrepreneur a piqué du nez. Le contrat est demeuré à prix ferme et fixe, mais l'AC a adopté une approche fondée sur le rendement et a menacé d'imposer des pénalités et des retenues financières pour rendement insatisfaisant, mais sans primes correspondances pour les situations de rendement exceptionnel ou supérieur aux attentes.

Un autre enjeu était la méthode utilisée pour mesurer le rendement. Même si le critère d'évaluation du rendement dominant est l'obtention d'un diplôme par le nombre prévu de stagiaires dans les délais prescrits, il a été extrêmement difficile de mesurer la conformité à ce critère. De nombreux facteurs peuvent nuire à la production de pilotes et l'entrepreneur n'a aucune emprise sur beaucoup d'entre eux. Par exemple, l'entrepreneur fournit des ressources pour le programme qui le concerne en fonction d'un modèle météorologique, mais, pour la plupart des années, on enregistre des écarts par rapport au modèle moyen<sup>146</sup>. Sachant cela, il est irrationnel de considérer que l'entrepreneur est l'unique responsable des écarts. La méthode générale de mesure du rendement doit donc être assortie de mesures d'adaptation à ce sujet. Toutefois, du point de vue de l'ARC, cela ne justifie pas une production de stagiaires insuffisante. Par conséquent, on peut parfois se retrouver dans une situation dans laquelle l'ARC ne reçoit pas le nombre de stagiaires prévu, mais, en raison des mesures d'adaptation mises en place, l'entrepreneur respecte l'EDT en tous points.

### Relation

Dans l'ensemble, l'une des principales difficultés est la relation entre l'entrepreneur et le client et, de toute évidence, il existe des intérêts divergents entre les principaux joueurs liés aux contrats. Le principal objectif des activités commerciales est de dégager des profits et de veiller à la satisfaction du client alors que le but de l'ARC est la production de pilotes et que le but premier de l'AC est de réduire les



dépenses au minimum et d'éliminer le risque. Cette divergence d'intérêts ouvre la porte à d'importantes difficultés relationnelles en lien avec les processus et les profits.

## Relation et processus

Du point de vue de l'entrepreneur, l'État est un client difficile à satisfaire en raison du nombre d'intervenants dont il est composé<sup>147</sup> et de la nature complexe des contrats. Toutefois, il faut garder à l'esprit qu'en fait, bien que l'ARC soit l'utilisateur final, d'un point de vue juridique, le client est l'AC. Qui plus est, il est souvent extrêmement difficile pour l'entrepreneur d'atteindre les objectifs fixés par tous les intervenants. Un environnement d'une telle complexité n'est pas un terrain fertile pour la souplesse et l'innovation. En fait, même la plus petite modification est coûteuse et chronophage<sup>148</sup>. Pour cette raison, le libellé du contrat est souvent unilatéral et draconien. L'impartition, de 2009 à 2013, de l'entraînement au vol lié au cours élémentaire de pilotage d'hélicoptère lié au FEVS en est un bon exemple. En 2012, à cause d'une nouvelle interprétation de l'autorisation accordée par le CT pour le programme permettant l'entraînement au vol offert par des civils, l'entraînement relatif au cours élémentaire de pilotage d'hélicoptère est redevenu une responsabilité militaire. L'entrepreneur a alors perdu des revenus et des employés et a été atterré par ce qui semblait être une modification arbitraire à la politique. Dans l'ensemble, la structure semble avoir été créée non pas pour atténuer le risque, mais bien pour éliminer le risque, ce qui diffère de l'environnement commercial, dans lequel les risques sont gérés afin de permettre l'atteinte de l'objectif. Un tel cadre ne favorise pas la résolution des problèmes par la collaboration ou une approche de gestion du risque bilatérale.

Un autre élément problématique concernant les contrats était l'état de changement quasi constant. Cet enjeu a été démontré dans la gestion contractuelle du client. Le nombre de modifications apportées aux deux contrats a largement dépassé celui qui était prévu dans l'EDT. Cela a débouché sur des niveaux de dotation supérieurs au sein des services concernés par les contrats et a compliqué la préparation des propositions tarifaires, ce qui a considérablement augmenté les coûts de l'entrepreneur dans ces champs d'activités, et ce, au-delà de ce qui avait été prévu et au-delà du financement offert dans le cadre d'un contrat à long terme et à prix ferme et fixe d'une telle nature. De plus, en raison de la rotation du personnel rendue nécessaire par les méthodes de gestion du personnel, on a dû composer avec des problèmes d'uniformité (roulement du personnel) et avec des lacunes au chapitre de la qualification (l'ancienneté avant les qualifications) dans les relations avec les intervenants de l'État, et ce, dans une ampleur supérieure à ce qu'on voit dans le monde des affaires. Le constant remplacement des décideurs de l'État a rendu difficile et coûteuse la passation de marchés avec le gouvernement par rapport à la norme des entreprises privées.

## Relations et profit

Pour établir et maintenir une relation de travail productive, il est important de comprendre les facteurs qui permettent à l'entrepreneur de dégager des profits. L'ampleur des profits qu'une entreprise doit dégager dépend du degré d'effort et de risque qu'elle doit déployer ou prendre pour les générer. Les contrats à long terme à prix ferme et fixe sont assortis d'un faible niveau de risque pour l'État, car les coûts sont hautement prévisibles. Toutefois, pour l'entrepreneur, ces mêmes contrats sont assortis d'un degré de risque élevé et, plus la durée du contrat est longue, plus le risque devient élevé. Ce



profil de risque est dû aux incertitudes relatives aux coûts, car la complexité du projet et la durée du contrat augmentent le nombre d'inconnus liés au projet. Par conséquent, l'entrepreneur intègre à ses tarifs des tampons destinés à absorber les variations de coûts liées aux inconnus. Il est possible que les tampons s'avèrent insuffisants et, si c'est le cas, l'entrepreneur subit des pertes. Il n'y a pas nécessairement d'attentes fixes en matière de profits, mais, plus le risque augmente, plus les profits potentiels doivent être élevés.

Cependant, dans le cas des contrats d'entraînement de pilotes, la structure de revenus repose sur le nombre de stagiaires inscrits aux cours et sur le nombre d'heures de vol effectuées en lien avec ces inscriptions. Toute réduction à ces chapitres se répercute sur les revenus générés et, de ce fait, sur les profits. Quand un contrat génère des pertes, l'entrepreneur se trouve dans une situation très précaire, ce qui ne peut que nuire aux relations, sauf si on a mis en place des modalités prévoyant des ajustements dans une telle situation. Les contrats à long terme et à prix ferme et fixe ne contiennent pas de modalité de cet ordre.

## Commercialisation

La commercialisation est un sujet qui intéresse vivement les entrepreneurs. Une des principales raisons de l'intérêt que les entrepreneurs nourrissent envers ces programmes était que l'aviation était un secteur d'activités central dans leurs modèles opérationnels. Une incursion dans le domaine de l'entraînement des pilotes militaires était une avenue de croissance naturelle pour leur entreprise. La participation des nations alliées était une porte vers une croissance supplémentaire de leurs relations commerciales avec la nation alliée participante. De plus, cette stratégie était en harmonie avec les objectifs publiquement dévoilés des deux programmes. Dans le cas de NFTC, le programme a été lancé une fois que la participation étrangère minimale avait été obtenue, mais l'analyse de rentabilisation du programme reposait sur l'hypothèse d'une participation étrangère accrue, mais cette participation n'a jamais atteint le niveau initialement prévu. Cela a eu une énorme incidence sur les paramètres financiers du programme. Pour ce qui est du FEVS, même si l'expansion était un objectif établi du programme, l'autorisation connexe n'a jamais été obtenue. Par conséquent, du point de vue des entrepreneurs, la commercialisation était une activité secondaire aux yeux de l'ARC et aucun des deux programmes n'a déployé son plein potentiel.

## Conclusion

Sans l'ombre d'un doute, le paradigme de l'entraînement des futurs pilotes fera appel à la DMPS sous une forme ou une autre. Il est donc extrêmement important d'acquiescer une bonne compréhension du point de vue de l'entrepreneur et d'en tenir compte, dans la mesure du possible. Les entrepreneurs participant actuellement au FEVS et au NFTC ont accepté de fournir des intrants au sujet des enjeux qu'ils aimeraient voir être corrigés à l'avenir. Leurs observations étaient révélatrices et elles ont permis de projeter un nouvel éclairage sur les enjeux. Dans l'ensemble, le fait que le client visé dans les contrats actuels d'entraînement de pilotes regroupe un grand nombre d'organisations est une source de difficultés considérables, notamment parce que les priorités ne sont pas arrivées les unes aux autres et parce que les communications sont déficientes. De la frustration est causée par le nombre d'intervenants, les intérêts divers et les politiques contractuelles lourdes, qui sont en autant de facteurs qui réduisent



l'efficacité. Cet enjeu est exacerbé par le fort taux de roulement du personnel observé au sein de l'ARC et du gouvernement en lien avec l'administration du contrat au nom de l'État. Qui plus est, les entrepreneurs estiment que la tolérance zéro en matière de risque démontrée par l'AC est non seulement un obstacle à l'atteinte des objectifs fixés pour l'entraînement de pilotes de l'ARC, mais aussi un frein à la productivité et à l'innovation de la part de l'entrepreneur. Les commentaires les plus intéressants concernaient la nécessité d'établir une relation proactive et collaborative entre l'ARC et ses fournisseurs de service qui, en langage militaire, sont des multiplicateurs de force.

## Leçons retenues

À l'approche des dates clés, l'avenir de l'ARC et de son système de formation de pilotes est encore en suspens. Si on examine le contexte de la DMPS au Canada ainsi que l'impartition du système de formation des militaires et le point de vue de l'entrepreneur, il y a des leçons dont il faut tenir compte en lien avec le paradigme futur. Les leçons sont classées en fonction de chacun des facteurs cruciaux. Avant de tirer des conclusions à propos de l'avenir, il faut absolument se pencher sur les principales leçons tirées du passé.

## Philosophie et principes de la DMPS

Dans l'ensemble, l'application des principes et de la philosophie de la DMPS au système de formation des pilotes de l'ARC a produit de nombreux résultats positifs, mais ne s'est pas élevée au rang de panacée, comme on l'espérait. La DMPS a permis de dégager de maigres économies de 60 M\$ par années plutôt que les 300 M\$ par année qu'on prévoyait atteindre en 2000. La prémisse fondamentale de la DMPS est que les entreprises au secteur privé cristallisent le plein potentiel du libre marché pour réaliser des gains d'efficacité qui sont hors de la portée des organisations publiques. Cette théorie suppose que les entreprises possèdent une souplesse et une faculté d'innovation supérieure à celles des organisations gouvernementales bureaucratiques, ce qui les aide à trouver des solutions. Toutefois, il est clair que la DMPS a été loin d'atteindre les objectifs en matière d'économies ciblés dans le Livre blanc sur la défense de 1994<sup>149</sup>. L'autre grand enjeu était l'évaluation globale et la mesure du rendement des progrès de la DMPS, qui ont été non seulement difficiles, mais aussi minées par des lacunes fondamentales<sup>150</sup>. Il est extrêmement important de souligner que la vérification que le CS Ex a mené du NFTC en 2012 a déterminé que la production réalisée entre 2001 et 2010 n'a jamais été supérieure à 74 % des extrants ciblés<sup>151</sup>. Ainsi, malgré l'atteinte des objectifs fixés dans le Livre blanc sur la défense de 1994 pour la réduction du nombre de militaires en uniforme et l'impartition des activités non essentielles, les lacunes au niveau de la production ont prouvé que la DMPS n'est un remède universel aux difficultés inhérentes à l'entraînement des pilotes de l'ARC.

## Paradigme de l'acquisition d'immobilisations

Le facteur le plus important pour le futur programme est le paradigme de l'acquisition d'immobilisations. La méthode d'acquisition utilisée dans les contrats actuels est le financement privé fondé sur des flux de rentrées garantis. Le contexte d'austérité dans lequel évoluait l'État rendait plus rapide et politiquement attrayant d'utiliser du financement pour fonctionnement et entretien (F et E) plutôt que des fonds pour immobilisations. En termes pratiques, l'ARC a loué les immobilisations, même





si cela n'était pas la méthode recommandée par le ministère des Finances dès 1997<sup>152</sup>. Même si elle a facilité l'acquisition d'une nouvelle flotte d'aéronefs d'entraînement, cette approche a débouché sur deux résultats négatifs : des coûts accrus et des conséquences imprévues.

L'effet le plus évident des immobilisations fournies sous forme d'EFE a été une augmentation du coût du programme. Par exemple, le coût de l'aéronef Grob était de 1,4 M\$, mais<sup>153</sup>, dans le cadre du contrat du FEVS, l'ARC devait déboursier 3,4 M\$ par aéronef. Dans le cas de l'aéronef King Air, dont le coût était de 3,3 M\$<sup>154</sup>, l'ARC devait payer 13,2 M\$ par appareil. Ces valeurs sont calculées en fonction d'un coût d'achat connu et comprennent le profit, des frais d'administration et un taux d'intérêt de 10 % pour financement privé. Puisque le MDN ne finance pas les achats d'immobilisations, mais effectue plutôt d'importants paiements en numéraire à des dates établies, les coûts liés à l'acquisition d'EFE avec financement privé sont environ trois fois supérieurs à ceux d'un achat direct<sup>155</sup>. Même si le MDN devait financer un tel achat, cela serait fait par emprunt d'État au taux des intérêts débiteurs du Trésor, qui est mis à jour et publié régulièrement par la section de la dette publique sur le site Web du ministère des Finances<sup>156</sup>. Bien que le résultat net d'un tel plan d'action serait un coût réduit, le financement de l'EFE serait encore une solution 200 % plus coûteuse que l'achat direct<sup>157</sup>. Ainsi, le coût d'achat direct par le MDN des aéronefs requis dans le cadre du FEVS aurait été de 40,5 M\$ et il aurait été de 62 M\$ si l'achat avait été effectué par l'entremise d'un achat financé par le gouvernement, deux montants qui se comparent avantageusement au coût de 162 M\$ correspondant à l'option d'EFE choisie. Donc, le coût global du programme de FEVS aurait été réduit d'environ 85 M\$ si les aéronefs avaient été achetés par financement privé, ce qui représente une diminution de 5 % du coût total du programme<sup>158</sup>. Dans le cas du NFTC, le coût du programme aurait été amputé d'environ 564 M\$ si les aéronefs avaient été achetés, puis fournis à titre d'EFG<sup>159</sup>. De telles économies auraient substantiellement réduit le coût de l'entraînement par stagiaire.

D'autres avantages potentiels sont associés au financement public. Comme indiqué précédemment, la réduction du coût par stagiaire aurait augmenté l'attrait du programme pour les clients potentiels. Certains des clients qui ont quitté le programme de façon hâtive auraient pu décider de continuer à participer au programme<sup>160</sup>. Il aurait aussi pu être plus facile d'attirer des clients supplémentaires, ce qui, à l'époque, aurait donné une nouvelle impulsion à l'expansion du programme de NFTC, aurait contribué au flux de rentrées de l'entrepreneur et aurait produit d'autres avantages pour l'ARC sous la forme d'économies d'échelle accrues.

Un autre avantage de l'achat public d'immobilisation est que les problèmes associés à un revenu garanti élevé s'en seraient trouvés atténués. Les revenus garantis élevés sont associés aux paiements liés au capital et aux intérêts de location concernant les immobilisations utilisées dans le cadre du programme à titre d'EFE. Le fait que l'entrepreneur souhaite obtenir des revenus garantis est compréhensible compte tenu du coût élevé associé au paradigme d'acquisition des immobilisations. Toutefois, de telles garanties sont inconditionnelles et irrévocables, et ce, peu importe le rendement de l'entrepreneur<sup>161</sup>. Cela crée un risque selon lequel, si l'ARC se trouve dans l'incapacité d'utiliser pleinement les ressources d'entraînement disponibles, l'entrepreneur décide de restreindre les services. Plus précisément, quand on se trouve devant un déclin des revenus, la façon la plus efficace d'éliminer un déficit est de réduire les coûts jusqu'à ce qu'on revienne au niveau des revenus garantis ou aussi près que possible de celui-ci.



Cela crée une spirale descendante selon laquelle l'ARC réduit la formation au niveau du service offert, ce qui force ensuite l'entrepreneur à réduire davantage son offre de services. C'est exactement ce qui a mené au cataclysme contractuel qui a ravagé le NFTC en 2011. Pendant cette période de frictions avec l'entrepreneur, l'ARC devait encore payer tous les frais garantis.

Une des principales inepties du programme de NFTC était d'inclure à la fois le plan d'instruction et le contrat dans le Plan d'instruction intégrée, ce qui comprend tout le programme du NFTC. Toute modification au plan d'instruction devait être minutieusement évaluée en tenant compte de la fatigue des aéronefs et de la durée de vie des moteurs, car les modifications pouvaient avoir des conséquences sur la durée de vie des actifs. Cela a mené à l'intégration du PLANIN à l'entente du NFTC. Par conséquent, toutes les modifications apportées au programme sont devenues des enjeux exigeant une analyse non seulement d'un point de vue opérationnel et de maintenance, mais aussi d'une perspective juridique et contractuelle. Cela a fait en sorte qu'il est devenu difficile de comprendre pourquoi des modifications étaient apportées et, dans de nombreux cas, cela a nui à l'élaboration du plan d'instruction et à la capacité de remédier aux préoccupations relatives à la production. Même les modifications qui, selon l'ARC, étaient intrinsèquement avantageuses, étaient reçues avec scepticisme par les partenaires civils<sup>162</sup>.

Une autre difficulté est que, parce que les flottes d'aéronefs d'entraînement appartiennent à des organisations civiles, ces aéronefs ne figurent pas dans la structure du gestionnaire du système d'arme (GSA) de l'ARC. Cette organisation faisant partie du MDN<sup>163</sup> fournit un soutien spécialisé en matière de gestion technique pour tous les aéronefs de l'ARC, à l'exception des flottes d'EFE. Si on avait choisi de procéder par EFG, les flottes d'aéronefs d'entraînement auraient été attribuées à un GSA précis. Le GSA aurait favorisé des mises à niveau et des améliorations qui auraient facilité l'exécution de changements à l'appui des PLANIN ainsi que de modifications visant à faciliter la conformité avec les changements apportés à l'équipement de survie de l'aviation (ESA) pendant la durée de vie du programme<sup>164</sup>. Dans le cas des flottes liées au NFTC, chaque mise à niveau potentielle devait être analysée à la lumière de son applicabilité dans le cadre du contrat. Si on jugeait que la mise à niveau proposée était hors de la portée du contrat pertinent, l'ARC était responsable de son financement, mais il n'existait aucun mécanisme clairement défini permettant d'apporter de telles modifications à des flottes appartenant à une organisation civile au moyen de fonds gouvernementaux<sup>165</sup>. De plus, les mises à niveau dépendent de la capacité de l'entrepreneur, en tant qu'Autorité de navigabilité technique (ANT), de traiter les changements. Ce problème peut se présenter de diverses façons, l'une d'entre elles étant la nécessité de posséder une capacité technique adéquate pour traiter les changements proposés à titre d'ANT. On a observé des lacunes à ce chapitre pendant un certain nombre d'années dans le cadre du NFTC, et ce, jusqu'à ce que l'entrepreneur commence à confier du travail à d'autres entrepreneurs et à confier du travail à l'interne au service technique de sa société mère. Même si l'organisation du GSA s'occupe principalement de la gestion de flottes militaires, les aéronefs obtenus à titre d'EFE ne font pas partie de sa structure organisationnelle, ce qui crée aussi des difficultés d'ordre procédural supplémentaires pour la mise en œuvre de mises à niveau ou de modifications visant les flottes d'aéronefs d'entraînement<sup>166</sup>. Il est donc clair que le paradigme de l'EFE a fait augmenter le coût du FEVS et du NFTC tout en ajoutant des conséquences imprévues.



## Ressources nécessaires

L'accès à des ressources suffisantes est l'un des facteurs les plus importants du succès de la prochaine évolution du paradigme de l'entraînement des pilotes. Il est crucial d'évaluer adéquatement les besoins en ressources et de voir à ce que des ressources soient disponibles en quantité suffisante. Les lacunes du NFTC au chapitre de la production prenaient racine dans des hypothèses de départ erronées en lien avec les trois grandes catégories de ressources. Comment on l'établit dans le MAR du NFTC, il s'agit des PIQ, des aéronefs et des FTD. Le rapport entre PIQ et stagiaires utilisé dans l'hypothèse du NFTC était erroné. L'expérience a démontré que pendant la formation des stagiaires débutants, un rapport d'un PIQ pour deux stagiaires était nécessaire compte tenu de contraintes et d'exigences liées au temps du personnel identiques à celles du NFTC. Puisque le nombre de PIQ a été augmenté pendant la première décennie du programme, les besoins liés au perfectionnement ont plus que doublé, ce qui a eu pour effet de faire reculer les ressources disponibles pour l'entraînement des stagiaires et la production.

Enfin, le dernier modèle de PLANIN, dans lequel les missions sur FTD étaient des préalables directs à l'exécution de missions en vol, était beaucoup trop rigide pour qu'on soit en mesure de réagir à des conditions météorologiques sous-optimales ou ne correspondant pas aux prévisions. Les hypothèses concernant la capacité d'atténuer la faible disponibilité des simulateurs en effectuant de l'entraînement en simulateur pendant les journées lors desquelles les conditions météorologiques étaient défavorables ont été catégoriquement écartées. Une mission sur FTD doit être effectuée quand l'entraînement d'un stagiaire l'exige et non quand le FTD est libre. Par exemple, si un stagiaire doit s'exercer sur FTD un lundi afin d'exécuter le vol correspondant le mardi, le FTD doit être libre et non utilisé par d'autres stagiaires. Si le FTD n'est pas accessible le lundi, mais est libre le mardi, le stagiaire prend automatiquement du retard sur son calendrier de formation. Cela est encore plus problématique pendant des périodes de mauvais temps susceptibles de forcer le report de la mission en vol, ce qui retarde encore davantage le calendrier de formation du stagiaire. Tout retard dans la disponibilité du FTD met en lumière les fausses hypothèses relatives à l'efficacité du programme en cinq vagues et du rôle qu'il a joué dans la réduction du nombre d'aéronefs acquis. Ces facteurs créent une situation dans laquelle la demande est soumise à des pointes et à des creux. En termes simples, les ressources octroyées au NFTC avaient été calculées pour répondre à la demande moyenne en fonction d'une hypothèse selon laquelle le calendrier et la gestion permettraient d'aplanir la courbe de demande. Les activités réelles ont prouvé que cette hypothèse était fautive. De par sa nature, l'entraînement des pilotes est une activité sensible au temps puisqu'elle exige des conditions météorologiques propices, sur lesquelles on n'a aucune emprise et qui ne peuvent pas être parfaitement prédites. Le MAR du NFTC et le nouveau modèle d'attribution des ressources pour l'entraînement des pilotes-étudiants (MAREPE) utilisent un modèle météorologique qui a été considérablement amélioré et qui est beaucoup plus scientifique que le CJEV. Le MAR est assez précis sur une période donnée, mais il existe des variations statistiques touchant les conditions météorologiques à l'intérieur d'une année donnée. Même si les demandes relatives aux ressources exposées aux conditions météorologiques s'équilibrent avec le temps, la durée des cours est souvent insuffisante pour permettre la normalisation de ces variations. Par conséquent, l'attribution de ressources adéquates (c.-à-d. pointe ou quasi-pointe) est nécessaire pour permettre au programme de fonctionner de façon régulière et sans intensification constante ou quasi constante.



## Mesure du rendement

La mesure du rendement est un autre élément dont on doit absolument tenir compte dans le contexte de l'impartition de l'entraînement au vol. Tous les contrats reposent la prestation d'un service défini à l'intérieur d'une période définie. Les méthodes auxquelles l'ARC a normalement recours pour mesurer le succès de l'entraînement de ses pilotes sont difficilement applicables dans un contexte d'impartition. Cela a été clairement mentionné dans une lettre que le commandant de la 1 DAC<sup>167</sup> a envoyé, en 2005, au Chef d'état-major adjoint de la Force aérienne<sup>168</sup> et qui portait sur le NFTC : « [...] le contrat actuel est flou pour ce qui est des livrables et de la façon dont la réussite du programme doit être mesurée<sup>169</sup> ». Dans l'environnement de formation existant, l'indicateur de succès était l'obtention d'un diplôme par un nombre donné de nouveaux détenteurs de brevet de pilote (NDBP) par année, nombre qui, idéalement, répondrait aux besoins de l'ARC. Les progrès réalisés tout au long de l'année étaient mesurés en quantifiant le nombre de sorties effectuées par rapport au nombre idéal de sorties afin de remettre un diplôme au nombre requis de NDBP et de maintenir le niveau de compétence des PIQ. Quand ces objectifs n'étaient pas atteints, le système procédait à une intensification des opérations afin d'atteindre le niveau requis pour atteindre les objectifs. En bref, l'ARC commandait tous les aspects de l'entraînement (c.-à-d. personnel et ressources) nécessaires à l'atteinte de ses objectifs.

Cependant, dans l'environnement contractuel, il y a des facteurs sur lesquels l'ARC ne possède aucune emprise ou sur lesquelles elle peut difficilement influencer. Dans l'environnement propre à l'impartition, l'entrepreneur fournit les ressources minimales requises pour offrir les services prévus au contrat. D'un certain point de vue, cette façon de faire est avantageuse parce qu'elle maintient les coûts pour l'ARC à un niveau minimal. Toutefois, quand un programme accuse un retard de production, les limites du contrat nuisent à la réacquisition des cibles. Par exemple, dans la cadre du contrat du NFTC, la durée d'un jour d'entraînement en vol est de 10,5 heures, du lundi au vendredi. D'autres limites sont imposées au nombre de sorties à bord d'aéronefs et de missions en FTD et au nombre de sorties pouvant être effectuées pendant la fin de semaine. De plus, le contrat impose des limites au nombre d'opérations intensifiées que l'ARC peut mener et à la méthode que l'ARC peut utiliser pour mener ces opérations. Les possibilités en matière d'intensification sont définies dans la section 6.4 Rectification - Retard sur le calendrier de l'EDT du NFTC. Trois possibilités sont offertes : ajout d'aéronefs supplémentaires aux vagues pendant la journée de travail normale, prolongation de la journée de travail normale pour permettre des sorties supplémentaires (cinquième vague sur Hawk ou sixième vague sur Harvard) et travail pendant la fin de semaine, au besoin. Ces possibilités doivent faire l'objet de discussions et d'une entente avec l'entrepreneur lors de la réunion bimensuelle sur les indicateurs de rendement clés (IRC). Cela tient lieu de méthode permettant de contrôler les coûts de l'entrepreneur dans le cadre du paradigme du prix ferme et fixe. Ainsi, tout écart par rapport à ces restrictions est accompagné d'une majoration des coûts.

De plus, la mesure du rendement offert par l'entrepreneur en matière de prestation de services peut être très difficile, ce qui peut être une source de frustration. Comme mentionné précédemment, l'ARC mesure normalement le succès à la lumière du nombre de stagiaires obtenant leur diplôme au moment prévu. Cependant, si le nombre de jours de mauvaises conditions météorologiques dépasse les prévisions du modèle utilisé pour le programme, les retards que cela cause dans le programme d'entraînement ne peuvent pas faire diminuer la note de rendement attribuée à l'entrepreneur. En outre,



la mesure de l'exécution des sorties subit également les effets des ressources non disponibles et des mauvaises conditions météorologiques sur lesquelles on estime que l'entrepreneur n'a aucun pouvoir. Un exemple de cet enjeu est le problème constant associé à la disponibilité du moteur Rolls Royce Adour installé sur l'aéronef Hawk<sup>170</sup>. Puisque l'entrepreneur mène ses activités conformément à son plan d'activités et qu'il octroie des ressources au programme en fonction des hypothèses formulées dans le modèle du programme, sa responsabilité est limitée si ces hypothèses se révèlent erronées, si les conditions météorologiques sont défavorables, etc.

Un des résultats des problèmes contractuels du NFTC rencontrés en mai 2011 concernait l'organisation de la réunion bimensuelle sur les IRC à laquelle participaient des représentants de l'ARC et de l'entrepreneur. Compte tenu des difficultés associées au contrat (c.-à-d. production insuffisante aux yeux de l'ARC et revenus négatifs du point de vue de l'entrepreneur), les deux parties se sont entendues pour dire qu'une nouvelle approche était nécessaire. Comme on l'a déjà mentionné, l'ARC a revu le paradigme de l'entraînement des pilotes afin d'offrir l'entraînement requis avec des ressources réduites, une façon de tenir compte des nouvelles hypothèses en matière de ressources. Du point de vue de l'entrepreneur, le nouveau paradigme avait été mis en place en connaissance des risques connexes dans le but de tenir la promesse d'une augmentation des activités d'entraînement. Le nouveau programme du NFTC ainsi que le programme modifié du FEVS ont été initialement acceptés par les deux entrepreneurs et l'AC à titre d'essai, ce qui a permis d'exécuter une meilleure évaluation des incidences financières. Les activités aériennes sont cruciales pour les revenus de l'entrepreneur offrant le NFTC. Pour appuyer la production et la mesure du rendement, une nouvelle méthode de mesure du rendement était nécessaire. On a donc mis sur pied le forum sur les IRC dans le but de redéfinir le cadre de gestion du rendement et de conférer aux commandants locaux de l'ARC et aux superviseurs de l'entrepreneur le pouvoir de collaborer pour maintenir un rythme opérationnel raisonnable et augmenter le nombre de stagiaires diplômés<sup>171</sup>.

L'objectif des réunions relatives aux IRC était d'assurer le suivi des progrès réalisés par le programme et de convenir, des modifications requises à la lumière du rendement. Aux fins de la rédaction de l'entente, on a considéré trois indicateurs clés comme des outils de mesure pour le programme : compte X, compétence du personnel et contingent annuel d'heures de vol (CAHV)<sup>172</sup>. Le groupe des IRC est composé d'opérateurs, d'employés responsables de la maintenance et de représentants contractuels de l'ARC et de l'entrepreneur. Le groupe étudie les progrès réalisés par le programme en lien avec les trois facteurs mesurés afin de déterminer si des opérations intensifiées sont nécessaires. On effectue aussi un examen statistique des sorties n'ayant pas eu lieu et des raisons pour lesquelles elles n'ont pas eu lieu. La principale raison d'être de l'analyse est de déterminer si le nombre de sorties perdues est conforme au modèle, si l'entrepreneur a fourni un nombre suffisant de sorties et si l'ARC a respecté son obligation de fournir un nombre suffisant de PIQ. Même si les opérations intensifiées sont prévues dans le contrat, la réelle nécessité d'intensifier les opérations doit faire l'objet d'un examen minutieux, car ces opérations sont coûteuses pour l'entrepreneur et on préfère certaines options à d'autres en raison d'aspects financiers. Qui plus est, en raison du nombre de conventions collectives s'appliquant à la main-d'œuvre civile, il faut donner un préavis avant de déclencher des opérations intensifiées afin de respecter les modalités de ces conventions collectives. De plus, les travailleurs civils font des heures supplémentaires de façon volontaire et on ne peut pas les forcer à en faire. Par conséquent, l'entrepreneur



a besoin d'un préavis suffisant pour déterminer avec certitude s'il peut ou non répondre à une demande d'intensification des opérations visant des vagues supplémentaires ou des activités de fin de semaine.

Dans l'ensemble, la tenue des réunions sur les IRC a eu un effet positif sur le NTC et elle appuie le nouveau paradigme de l'entraînement. Le nombre de stagiaires diplômés a augmenté, tout comme le CAHV. Il y a toutefois des limites à l'efficacité des réunions sur les IRC, car le contrat exerce une forte influence sur le comportement du groupe et on ne dispose pas de la souplesse voulue pour saisir pleinement les occasions opérationnelles, comme une période imprévue de conditions météorologiques meilleures que prévu. L'actuelle structure des IRC met trop l'accent sur le contrat et les participants aux opérations ne disposent pas de la marge de manœuvre requise pour avoir un effet sur le programme<sup>173</sup>.

Comme il en a été question plus tôt, les responsables de la rédaction du contrat du FEVS ont tenté de bonifier les mesures incitatives s'adressant à l'entrepreneur pour atteindre un niveau de rendement élevé en ajoutant des HIR. L'administration des HIR exige beaucoup de main-d'œuvre, tant de la part de l'ARC que de celle de l'entrepreneur. De plus, l'ARC voulait offrir à l'entrepreneur une occasion de faire preuve d'esprit d'innovation. Toutefois, cette méthodologie ne tient pas compte du coût et du risque que l'innovation représente pour l'entrepreneur. On a tenté d'atténuer cet enjeu en définissant des objectifs larges vers lesquels l'entrepreneur pourrait tendre, mais on a constaté que cela créait un environnement conflictuel pendant le processus d'évaluation, ce qui amenuisait l'effet positif de la mesure incitative. On a résolu cette impasse en fixant des objectifs plus précis et des critères de rendement détaillés pour l'entrepreneur, le tout en fonction d'un échéancier établi.

La mesure du rendement a posé problème tant pour le FEVS que pour le NFTC. La méthode employée pour mesurer le succès du programme n'était pas clairement définie. De plus, aucun des deux programmes, et encore moins le NFTC, n'étaient assortis du modèle et des ressources nécessaires pour leur permettre d'absorber les variations annuelles des conditions météorologiques et de la disponibilité des aéronefs. Les mécanismes d'intensification semblaient bien définis, mais les éléments déclencheurs connexes étaient flous dans la formulation du contrat, ce qui a limité la souplesse opérationnelle. Enfin, même si on peut affirmer que les HIR ont largement été une réussite, ils ont imposé un fardeau administratif considérable à l'ARC et à l'entrepreneur. Le fait de remédier à ces éléments problématiques en matière de mesure du rendement favorisera de futurs succès.

## Relation

À la lumière des expériences vécues par l'ARC et l'entrepreneur, il semble qu'une relation fonctionnelle soit primordiale pour assurer le succès des deux parties dans l'environnement de la DMPS. Il est aussi évident que les sources de revenus de l'entrepreneur échappent parfois à l'utilisateur final. Qui plus est, l'accent mis sur l'évitement du risque dans les politiques et les procédures de passation de marchés du gouvernement ignore le transfert de risque que les contrats à long terme et à prix ferme et fixe imposent à un entrepreneur dans un environnement aussi fluide que celui de l'entraînement de pilotes. Ainsi, il existe plusieurs leçons dont il faut tenir compte en matière de relations avec l'entrepreneur et qui peuvent être avantageuses pour l'ARC et aider l'ARC à atteindre ses objectifs en marge du prochain paradigme de l'entraînement des pilotes.



Il y a d'abord et avant tout la réalité des profits et des revenus. Les industriels du secteur privé concluent des ententes commerciales dans le but de dégager des profits. Le profit est le résultat de revenus dépassant les coûts. Bien que les politiques gouvernementales reconnaissent la nécessité de dégager des profits, la protection de l'argent des contribuables dans le contexte du secteur public a préséance, ce qui fait que les politiques et la réglementation sont élaborées de façon à lier le profit au risque connexe et à réduire au minimum les efforts financiers. Même si la réduction au minimum du risque et des dépenses est une bonne chose du point de vue du secteur public, elle doit être faite d'une façon permettant de répondre aux besoins des entreprises privées et favorisant la création de relations mutuellement avantageuses.

À la lumière de la méthode de catégorisation des profits employée par le gouvernement, il semble clair que le gouvernement ne tient pas compte du transfert de risque vers les entrepreneurs inhérent à la conclusion de contrats à long terme et à prix ferme et fixe dans un environnement dynamique comme celui de l'entraînement de pilotes. Même si l'entrepreneur tente de mettre en place des tampons dans sa structure tarifaire, ce qui a pour effet d'augmenter les coûts, il existe un risque bien réel que les estimations de l'entrepreneur ne permettent pas de compenser l'évolution des coûts dix ans après la signature du contrat, voire plus tard. Lorsque les revenus de l'entrepreneur sont négatifs, non seulement les profits sont absents, mais l'exécution des activités coûte de l'argent à l'entrepreneur, comme ce fut le cas du contrat de NFTC. Cela crée une situation dans laquelle le contrôle des coûts devient la principale priorité des entreprises privées et, dès lors, la probabilité que les objectifs du client soient atteints est grandement réduite. Cela est particulièrement vrai dans le domaine de l'entraînement des pilotes, où les revenus sont intrinsèquement liés à l'utilisation de la capacité prévue par le contrat. Parce que l'ARC décide du nombre de stagiaires participant au programme et de l'utilisation du CAHV, l'importance de ces facteurs pour l'entrepreneur doit être pleinement considérée. Il faut aussi reconnaître que la souplesse en matière d'entraînement que l'ARC recherche est obtenue en contrepartie de coûts financiers. Qui plus est, le concept d'entrepreneur principal est accompagné d'un prix. En effet, cela ajoute une couche de profits au FEVS et au NFTC, ce qui a pour effet de faire gonfler le coût de l'entraînement des stagiaires. Cela a une incidence sur la souplesse du programme et la capacité de commercialisation de l'instruction, ce qui réduit les économies d'échelle potentielles.

Deuxièmement, la politique de passation de marchés du gouvernement et sa tolérance nulle au risque sont mal adaptées au paradigme de l'entraînement des pilotes. Les politiques de passation des marchés sont lourdes et le préavis qui s'en trouve nécessaire pour mettre en place des modifications est incompatible avec les besoins en matière de formation de pilotes. Il est également apparent que la reconnaissance cognitive de l'incidence du transfert du risque aux entrepreneurs n'était que partiellement comprise. En outre, l'environnement contractuel est très difficile, ce qui augmente les coûts que l'entrepreneur doit assumer. Le client aux branches multiples inhérent à l'entraînement des pilotes de l'ARC fait en sorte que l'entrepreneur doit surmonter d'immenses obstacles pour satisfaire toutes les parties concernées, qui semblent souvent posséder des profils d'acceptation du risque divergents. Les situations dans lesquelles les revenus et les risques ne sont pas en harmonie entraînent de mauvaises relations qui mettent en péril l'atteinte des objectifs de toutes les parties concernées.

Enfin, il est clair que ni l'ARC ni ses entrepreneurs n'ont pleinement saisi l'ampleur des changements inhérents aux programmes. Une telle activité a été considérée dans l'EDT, mais le volume des





modifications a largement dépassé les deux analyses de rentabilisation. Sans l'ombre d'un doute, un volet de cette activité dans le cas des résultats du NFTC découle des problèmes liés au programme dont on a déjà discuté, comme les hypothèses relatives aux ressources erronées. Cependant, la rédaction du PLANIN a été entièrement reprise en deux occasions jusqu'à maintenant et de nombreuses modifications de moindre ampleur ont été apportées. Comme l'expérience l'a démontré, la réalité de l'entraînement des pilotes passe par l'amélioration et l'élaboration continues du PLANIN. Si on accorde à ce fait l'importance qu'il requiert à l'avenir, on obtiendra un modèle d'activités adéquat et une résistance au changement réduite de la part de tous les intervenants.

Pour l'ARC, il est primordial de pouvoir compter, à l'avenir, sur une relation mutuellement avantageuse avec son entrepreneur ou ses entrepreneurs. De plus, les politiques de passation du marché du gouvernement ne sont pas parfaitement adaptées à l'environnement de l'entraînement des pilotes. Enfin, la quantité de modifications apportées au PLANIN et le rythme auquel elles lui ont été apportées ont largement dépassé les prévisions établies pour les deux programmes. Il est évident que, dans la réalité dynamique des contrats d'entraînement de pilotes de grande envergure, un fort taux de changement est une réalité fondamentale.

## Commercialisation

La commercialisation a été un aspect important de la mise sur pied des deux programmes. Il s'est toutefois avéré difficile d'attirer et de conserver des clients. Même si le NFTC a essentiellement été mis sur pied de façon à favoriser la commercialisation, tel n'a pas été le cas du FEVS, ce qui a entravé son succès. Qui plus est, les coûts du programme se comparaient désavantageusement à ceux des autres avenues possibles.

Dans le cas du FEVS, il y avait une intention de vendre la formation, mais, contrairement au NFTC, on ne disposait d'aucune autorité pour permettre la croissance du programme<sup>174</sup>. Il semble que la stratégie était qu'une fois qu'un client avait été trouvé, le pouvoir d'étendre le programme devait être obtenu. Toutefois, cette approche ne tenait pas compte des effets du processus d'approbation lourd et ardu. De plus, la synergie existant entre le FEVS et le NFTC n'était pas vue d'un bon œil au sein de l'ARC<sup>175</sup>. On avait supposé que les autres pays souhaiteraient uniquement acheter des services de formation de pilotes de chasse. Cependant, cela n'a pas toujours été le cas. La Force aérienne royale saoudienne (RSAAF) a acquis des services de formation de la phase I en plus de sa formation du programme NFTC et il s'agissait en fait d'un préalable à cette dernière. Plusieurs autres nations ont également exprimé de l'intérêt pour la formation pour pilotes d'hélicoptère ou d'aéronef multimoteur dans le cadre du FEVS, mais ces ventes ont été entravées par l'absence de pouvoir en matière d'élargissement des capacités. Par exemple, la Marine royale saoudienne, la Force aérienne royale du Brunei, la Marine brésilienne et la Marine allemande ont exprimé un intérêt au sujet de places dans le FEVS. Contrairement au FEVS, le NFTS contenait des seuils d'expansion intégrés qui permettaient de revoir à la hausse les trois principales ressources avec l'augmentation du nombre de stagiaires. Le problème était qu'un modèle d'aéronef est assorti d'un cycle et d'une période de production limités. Par exemple, 21 Hawk de modèle Mk 115 ont été fabriqués, après quoi la production a été orientée vers une version modifiée<sup>176</sup>. Par conséquent, après les quelques premières années du programme, il était peu probable qu'il soit possible d'acquérir des aéronefs similaires. Il serait donc nécessaire de





considérer l'exploitation d'une flotte mixte (modèles anciens et récents) ou d'acheter des aéronefs supplémentaires au lancement du programme afin de disposer de la capacité rendue nécessaire par les ventes futures, ce qui augmenterait le coût global.

## Conclusion

Un examen du contexte de la DMPS au Canada, de ses effets sur les contrats actuels et des points de vue des entrepreneurs révèle de nombreuses leçons retenues. En fait, il y a des leçons retenues pour chacun des facteurs cruciaux. En tenant compte adéquatement de ces enjeux, on jette les bases de succès futurs.

La méthode d'acquisition des immobilisations au moyen d'EFE, qui a été utilisée dans le cadre des deux contrats, a permis de recapitaliser les flottes d'aéronefs d'entraînement. Cela a toutefois eu des incidences négatives : des coûts accrus et des conséquences imprévues en lien avec le paradigme reposant sur la location. Le coût considérablement supérieur à celui d'une solution qui aurait fait appel à de l'EFG a limité la souplesse du programme dans un contexte fiscal serré et a substantiellement nui aux efforts de commercialisation. Des hypothèses erronées en matière de ressourcement et des flux de rentrées garantis élevés ont généré des enjeux de production qui n'ont pas pu être corrigés sans apporter de profondes modifications au programme. La coopération obtenue dans le cadre du NFTC afin de favoriser la mise en place de modifications met en lumière la valeur d'une bonne relation entre l'ARC et l'entrepreneur. Cette relation a continuellement été mise à mal par les politiques de passation de marchés du gouvernement, archaïques et mal adaptées au contexte dynamique de l'entraînement des pilotes. Si on tient compte adéquatement de ces leçons, on peut formuler un certain nombre de recommandations pour le futur paradigme.

## Conclusion

Le moment est venu pour l'ARC de prendre des décisions qui détermineront l'orientation de son programme d'entraînement de pilotes. Des facteurs fiscaux et politiques ont débouché sur le Livre blanc sur la défense de 1994. Ce document dressait les grandes lignes des plans gouvernementaux de réduction des ressources financières et humaines attribuées à la Défense nationale. Pour atteindre ses objectifs de réduction des coûts, le gouvernement a mis l'accent sur la minimisation des besoins en personnel et la réduction des coûts par l'impartition. La mise en place du NFTC et du FEVS ont consolidé le passage du système classique faisait appel à du personnel militaire au paradigme de la DMPS. Toutefois, on a découvert que la DMPS n'est pas la panacée qu'on croyait qu'elle était pendant les années '90<sup>177</sup>. De plus, les avantages financiers que la DMPS a permis d'obtenir n'ont été qu'une fraction des prévisions initiales<sup>178</sup>. Cela ne signifie néanmoins pas qu'aucun gain n'a été réalisé. Dans un contexte de restrictions financières extrêmes, les flottes d'aéronefs d'entraînement ont été recapitalisées et un système d'entraînement de haute qualité a été mis sur pied. Toutefois, outre les objectifs financiers non atteints, plusieurs autres points négatifs ont découlé du paradigme de la DMPS qui a été utilisé; on peut notamment penser aux conséquences imprévues et au coût accru associés aux immobilisations obtenues à titre d'EFE. Le but de la présente étude est d'examiner les effets de la DMPS sur l'entraînement des pilotes de l'ARC afin de déterminer pour la suite des choses une avenue permettant de mettre l'accent sur les points forts de la DMPS et d'en éliminer les points faibles.



Pour mettre en relief les aspects positifs de l'impartition tout en contournant les aspects négatifs, l'ARC doit apprendre de son expérience. Il faut tenir compte de plusieurs facteurs cruciaux et prendre les mesures qui s'y rapportent si on désire assurer la réussite du programme futur, car une certaine forme d'impartition sera utilisée. Parmi ces facteurs, on trouve la mise en œuvre des principes et de la philosophie de la DMPS, le paradigme de l'acquisition d'immobilisations, les besoins en ressources, la mesure du rendement, la relation ARC/entrepreneur et la commercialisation. En fait, le succès du futur programme d'entraînement des pilotes dépend de l'efficacité avec laquelle on se penche sur ces facteurs cruciaux.

Les leçons retenues à l'issue d'un examen de ces facteurs cruciaux doivent être appliquées pendant l'élaboration de la prochaine génération du paradigme d'entraînement des pilotes de l'ARC. Le paradigme de la DMPS a fait diminuer le nombre de militaires requis pour l'entraînement des pilotes. Cela libère du personnel hautement compétent, ce qui lui permet d'exécuter d'autres tâches opérationnelles. Les économies de coûts dégagées dans ce contexte grâce à l'impartition sont difficiles à mesurer. Les objectifs que l'État souhaitait atteindre en matière d'économies par l'entremise de la DMPS n'ont pas été atteints et aucune comparaison de coûts approfondie avec une solution militaire classique n'a été menée à bien. Cela serait un sujet intéressant pour une future recherche.

Le paradigme d'acquisition des immobilisations est l'un des facteurs clés qu'il faut considérer pour l'élaboration du futur programme. Le système actuel utilise un modèle d'EFE qui a été rendu nécessaire par le climat financier et financement pour F et E opportun. Toutefois, même une analyse plutôt superficielle démontre clairement que cette méthode est beaucoup plus coûteuse qu'une solution passant par de l'EFG. Cette réalité doit être étroitement considérée aux fins de la planification future, car des coûts inférieurs augmentent l'attrait que représente le programme aux yeux du gouvernement et en facilitent la commercialisation auprès de clients potentiels. Une solution passant par de l'EFG permettrait aussi d'éliminer les complications découlant des hauts niveaux de revenus garantis requis par les parcs d'EFE. C'est un élément qui a largement contribué aux problèmes vécus par l'ARC et l'entrepreneur en lien avec le NFTC. Il faut garder à l'esprit que, dès 1997, le ministère des Finances a recommandé une solution passant par de l'EFG<sup>179</sup>. Cependant, l'obtention de fonds pour immobilisations peut être très difficile et, pour cette raison, une analyse de rentabilisation détaillée établissant une comparaison entre un paradigme d'EFE et d'EFG pour les immobilisations devrait être un sujet hautement prioritaire pour des recherches futures pour l'ARC. Si le paradigme impliquant de l'EFE est choisi, il faut déployer tous les efforts possibles pour inclure les parcs d'EFE à la structure de gestion des aéronefs de l'ARC pour atténuer les conséquences imprévues associées à des aéronefs loués.

Quelle que soit la solution choisie pour l'avenir, l'attribution des ressources déterminera l'efficacité de la production du programme. Il y a trois actifs clés qui doivent être modélisés et ressourcés adéquatement : aéronefs, FTD et PIQ. Dans le cadre du NFTC, il y a eu de nombreuses hypothèses erronées en lien avec le ressourcement qui ont nui au programme dès son lancement. Voici ce sur quoi portaient certaines de ces hypothèses : le calendrier des jours d'entraînement en vol (CJEV), les capacités des aéronefs, les effets du plan d'instruction (PLANIN) sur l'utilisation et la disponibilité des FTD, le nombre de PIQ, les heures de vol pour maintien des compétences, le paradigme de génération des sorties (vagues) et l'attribution de contrats à fournisseur unique. Dans l'ensemble, le FEVS et le NFTC ont reçu des ressources suffisantes pour répondre à la demande moyenne. Cela a eu pour effet que les



deux programmes n'étaient pas en mesure de répondre facilement aux besoins d'intensification des opérations découlant de conditions météorologiques imprévues ou d'autres entraves à la production. Des recherches devraient être menées sur la méthode de ressourcement afin de permettre la formulation d'hypothèses adéquates pour la modélisation en fonction d'un ressourcement approchant le niveau de pointe. Cela devrait déboucher sur une analyse de rentabilisation dans laquelle le coût accru du ressourcement approchant le niveau de pointe est comparé au coût des lacunes du programme sur le plan de l'efficacité dues à la capacité de production perdue et aux opérations d'intensification<sup>180</sup>.

La mesure du rendement est un élément clé qui devra être amélioré à l'avenir. Des mesures du rendement précises et justes permettent de rentabiliser au maximum l'argent de l'État et elles ont une incidence positive sur le rendement et la rentabilité de l'entrepreneur. Toutefois, les caprices de l'entraînement au vol font en sorte que la mesure du rendement est un exercice très difficile. Les administrateurs du NFTC ont mis en œuvre un modèle d'IRC pour améliorer la communication entre l'ARC et l'entrepreneur. Cependant, dans leur mouture actuelle, les réunions sur les IRC accordent trop d'attention au contrat. À l'avenir, les réunions sur les IRC doivent être centrées sur les opérations. Les intervenants doivent détenir l'autorité nécessaire pour prendre des décisions et passer à l'action dans les limites fixées par le contrat. Cela sera avantageux tant pour l'ARC (production) que pour l'entrepreneur (revenus).

Un autre mécanisme qui devrait permettre d'obtenir un rendement supérieur est de bonifier les mesures incitatives offertes à l'entrepreneur. Dans le cadre du contrat du FEVS, on a mis en place des HIR, qui offrent des incitatifs financiers à l'entrepreneur s'il fait preuve d'esprit d'innovation ou si son rendement est supérieur aux paramètres prévus dans le contrat. Cela donne aussi à l'ARC une occasion de faire en sorte que l'entrepreneur redouble d'efforts dans des domaines ciblés. Par conséquent, il faudrait mener des recherches sur la quantification de l'incidence des HIR sur les contrats de l'État et considérer la possibilité d'intégrer des HIR à tout programme futur.

À l'avenir, il faudrait aussi mettre l'accent sur la relation entre l'ARC et les entrepreneurs. De nombreux garde-fous doivent être intégrés au processus de passation de marchés gouvernemental pour voir à ce que les fonds fédéraux soient dépensés dans l'intérêt du public. Cependant, au net, le résultat est que l'État, qui est représenté par l'AC, a une très faible tolérance au risque. Qui plus est, l'AC et ses procédures ne reconnaissent pas le haut niveau de risque que les contrats à long terme et à prix ferme et fixe font peser sur les entrepreneurs. Du point de vue de l'entrepreneur, les procédures gouvernementales et leurs limites sont souvent une source de frustration et elles entravent la croissance et la productivité du programme. Une relation saine garantissant un profit raisonnable est un élément essentiel du programme futur. De futures recherches devraient mettre l'accent sur la corrélation entre le revenu et les relations avec l'entrepreneur dans le cadre des contrats de l'État.

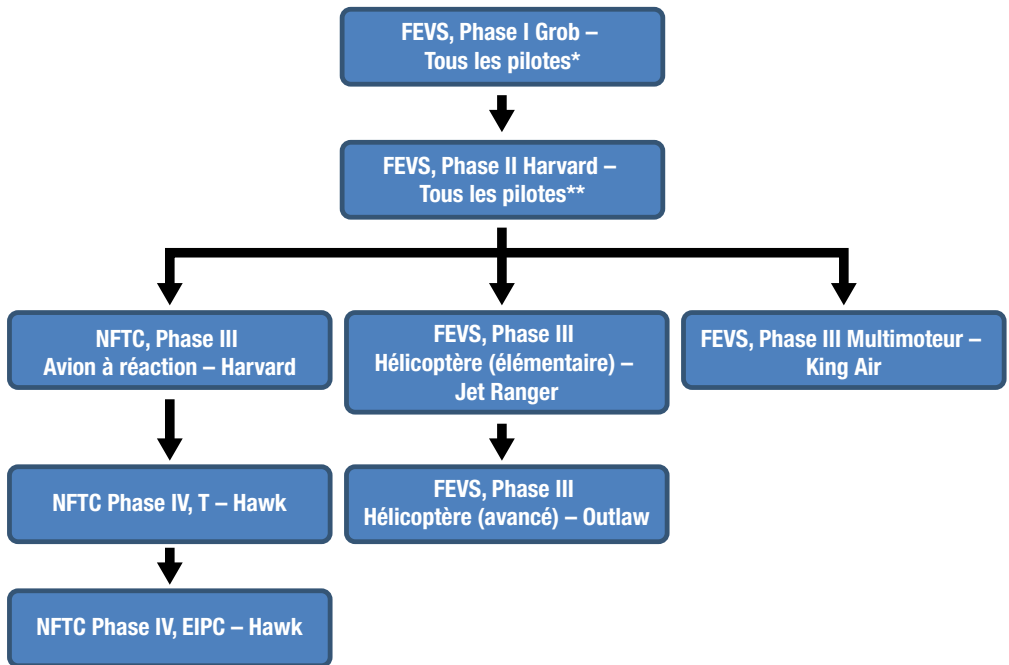
La commercialisation doit faire l'objet d'une approche systématique pour être couronnée du succès. Le NFTC a été mis sur pied en ayant à l'esprit la vente de capacité et le contrat comprenait des déclencheurs et des mécanismes qui favorisaient l'expansion du programme. Qui plus est, l'autorité requise pour l'expansion devrait être obtenue avant la genèse du programme en raison de la longueur des délais d'autorisation. L'expansion du programme contribuera aux économies d'échelle et, donc, permettra de réduire les coûts pour tous les participants. Les efforts de commercialisation visant des partenaires potentiels devraient commencer dès maintenant, à l'étape de la définition du programme.



Le programme Formation du personnel navigant de l'avenir (FPNA) facilitera la formation du personnel navigant de l'ARC pour les deux prochaines décennies, dès 2023. Cette initiative d'une immense envergure donne à l'ARC une occasion d'améliorer la structure qu'elle utilise pour former son personnel navigant et d'appliquer les nombreuses leçons retenues à la lumière d'un examen des facteurs cruciaux. Pour assurer la réussite de ce projet, l'État devrait être son propre entrepreneur principal et confier uniquement des services précis à ses sous-traitants. L'État devrait aussi analyser minutieusement les avantages d'une solution passant par de l'EFG pour ce qui est des immobilisations. À eux seuls, ces deux éléments peuvent permettre de dégager des économies se chiffrant en centaines de millions de dollars. À long terme, le futur paradigme de l'entraînement devrait conserver ces deux éléments et s'en servir comme principes essentiels. On doit ériger sur cette fondation un programme adéquatement ressourcé et modélisé qui soit assorti de mécanismes de mesure du rendement bien compris et accompagnés des autorisations requises du point de vue de la commercialisation et de l'expansion. Ce programme doit aussi reconnaître l'importance d'une relation productive et saine avec les entrepreneurs. Ce faisant, l'ARC assurera le succès de son futur programme d'entraînement, elle profitera des avantages de la DMPS et elle en évitera les pièges.



## Appendice A : Phases de l'entraînement des pilotes de l'ARC (FEVS et NFTC).





## Appendice B : Questions pour sondage auprès des entrepreneurs

1. Qu'est-ce qui a attiré votre entreprise dans l'industrie de l'entraînement de pilotes militaires?
2. De votre point de vue, quels sont les éléments du contrat qui ont le mieux fonctionné pour votre entreprise?
3. Quels sont les éléments du contrat qui ont mal fonctionné du point de vue d'un entrepreneur?
4. Quels éléments de la formulation et de la structure du contrat aimeriez-vous voir être modifiés lors de la préparation du prochain contrat?
5. Selon vous, quelle serait la meilleure façon d'arriver à un équilibre entre le besoin de souplesse de l'ARC (intensification, nombre de stagiaires variable, modifications au plan d'instruction, etc.) et le désir d'une entreprise de pouvoir compter sur des flux de rentrées et des profits prévisibles?
6. Quel rôle les profits jouent-ils dans la façon dont une entreprise perçoit un tel contrat? Quelles sont les attentes de l'entreprise en matière de profits?
7. Dans le cadre d'un contrat d'une durée de plusieurs années comme celui-ci, s'attend-on à ce qu'une entreprise augmente son RCP/ses profits tous les ans? S'attend-on à ce que les revenus de l'entreprise croissent?
8. Quelle est la plus grande difficulté avec laquelle vous avez dû composer en lien avec les procédures de passation de marchés du gouvernement?



Le lieutenant-colonel (Lcol) Jonathan Clow est pilote de l'Aviation royale canadienne. Il est affecté au Commandant suprême allié Transformation de l'OTAN, à Norfolk, en Virginie, et est responsable de la surveillance stratégique de l'instruction liée à l'opération Resolute Support de l'OTAN en Afghanistan. Auparavant commandant de la 2<sup>e</sup> École de pilotage des Forces canadiennes, le Lcol Clow est un instructeur de vol qualifié de catégorie A1. Il a été le premier officier à occuper simultanément les postes de directeur de programme pour la formation de pilotage de l'OTAN au Canada et pour la Formation d'entraînement au vol et services de soutien (CFTS). Il est titulaire d'un baccalauréat en études stratégiques et d'une maîtrise en études de la défense du Collège militaire royal du Canada. Il est aussi diplômé du Collège d'état-major et de commandement des Forces canadiennes et du United States Air War College.

## Abréviations

<b>1 DAC</b>	1 <sup>re</sup> Division aérienne du Canada
<b>2 EPFC</b>	2 <sup>e</sup> École de pilotage des Forces canadiennes
<b>AC</b>	autorité contractante
<b>ARC</b>	Aviation royale canadienne
<b>ASC</b>	Accord de services Canada
<b>AT</b>	autorité technique
<b>AW</b>	Allied Wings
<b>BI</b>	Bombardier International
<b>BVG</b>	Bureau du vérificateur général
<b>CAHV</b>	contingent annuel d'heures de vol
<b>CHIR</b>	Comité des honoraires d'incitation au rendement
<b>CJEV</b>	calendrier des jours d'entraînement en vol
<b>CR</b>	critère du rendement
<b>CS Ex</b>	Chef – Services d'examen
<b>CT</b>	Conseil du Trésor
<b>DMPS</b>	diversification des modes de prestation des services
<b>EDT</b>	énoncé des travaux
<b>EER</b>	équipe d'évaluation du rendement
<b>EFE</b>	équipement fourni par l'entrepreneur
<b>EFG</b>	équipement fourni par le gouvernement
<b>EIPC</b>	entraînement initial des pilotes de chasse



<b>ENJJPT</b>	Instruction interarmées des pilotes d'avion à réaction – Europe et OTAN
<b>ESA</b>	équipement de survie de l'aviation
<b>FAMB</b>	formation en aviation militaire de Bombardier
<b>FEO</b>	fabricant d'équipement d'origine
<b>FEVS</b>	forfait d'entraînement au vol et de soutien
<b>FPNA</b>	Formation du personnel navigant de l'avenir
<b>FTD</b>	dispositif d'entraînement au pilotage
<b>GPM</b>	groupe professionnel militaire
<b>GSA</b>	gestionnaire du système d'arme
<b>HIR</b>	Honoraires d'incitation au rendement
<b>IRC</b>	indicateur de rendement clé
<b>MAR</b>	modèle d'attribution des ressources
<b>MAREPE</b>	modèle d'attribution des ressources pour entraînement des pilotes-étudiants
<b>MDN</b>	ministère de la Défense nationale
<b>NDBP</b>	nouveaux détenteur de brevet de pilote
<b>NFTC</b>	entraînement en vol de l'OTAN au Canada
<b>PIQ</b>	pilotes-instructeur qualifié
<b>PLANIN</b>	plan d'instruction
<b>PRF</b>	Programme de réduction des Forces
<b>RAAF</b>	Force aérienne royale australienne
<b>RGI</b>	responsable de la gestion de l'instruction
<b>RSAAF</b>	Force aérienne royale saoudienne
<b>RSAF</b>	Force aérienne de la République de Singapour
<b>TCAS</b>	système de surveillance du trafic et d'évitement des collisions
<b>TPSGC</b>	Travaux publics et Services gouvernementaux Canada
<b>VCEMD</b>	Vice-Chef d'état-major de la défense
<b>VDQ</b>	variation dans la quantité





## Notes

1. Le terme ARC est utilisé dans l'ensemble du présent article même si la composante aérienne des Forces armées canadiennes n'a été rétablie sous la forme de l'ARC qu'en 2011.
2. Canada, Ministère de la Défense nationale (MDN), Chef - Service d'examen (CS Ex), « Évaluation de l'instruction et de la disponibilité opérationnelle de la Force aérienne Partie 1 – Formation professionnelle initiale de la Force aérienne », novembre 2012, consulté le 25 septembre 2018, <http://www.crs-csex.forces.gc.ca/reports-rapports/2012/187p0940-fra.aspx>.
3. Il faut compter environ quatre ans entre l'admission et l'arrivée à la norme fixée par les escadres de l'ARC.
4. Canada, MDN, CS Ex, Directeur général - Vérification, « Vérification du Programme de réduction des forces », janvier 1997, p. 3/19, consulté le 25 septembre 2018, <http://www.crs-csex.forces.gc.ca/reports-rapports/pdf/1997/705529-fra.pdf>.
5. Lieutenant-colonel (Lcol) Clifford Beattie, « The Hypothetical Most Efficient Organization: The Fatal Flaw in the Alternative Delivery Process », article du Collège des Forces canadiennes, 2000, consulté le 25 septembre 2018, [https://www.cfc.forces.gc.ca/259/181/51\\_beattie.pdf](https://www.cfc.forces.gc.ca/259/181/51_beattie.pdf).
6. Beattie, « Hypothetical Most Efficient Organization ».
7. Ensemble, les deux programmes (NFTC et FEVS) ont produit environ 85 à 90 nouveaux détenteurs du brevet de pilote (NDBP) par année entre 2000 et 2012. Cela contraste avec le fait que le système a reçu le financement nécessaire pour produire 95 NDBP jusqu'en 2008, après quoi le financement du FEVS a été accru pour porter la production à 105 NDBP (Conseil de gestion du programme [CGP] 0708).
8. Canada, MDN, « Évaluation de l'instruction et de la disponibilité opérationnelle de la Force aérienne ».
9. Le contrat de NFTC initial est arrivé à échéance en 2021. Toutefois, en décembre 2016, on a signé une entente de modification de la période opérationnelle ayant pour effet de prolonger la durée du contrat jusqu'à décembre 2023 et prévoyant une option de prolongation supplémentaire jusqu'en décembre 2024.
10. À compter de 2015, l'ARC a modifié et renommé le projet. Le programme de formation des futurs pilotes a été renommé Formation du personnel navigant de l'avenir (FPNA) et inclut de la formation pour pilotes, officiers de systèmes de combat aérien (OSCA) et opérateurs de détecteurs électroniques aéroportés (OP DEA). L'objectif est de tirer profit des liens de synergie existant entre les exigences inhérentes à l'entraînement du personnel navigant.



11. Craig Hoyle, « T-6C to head UK military training renewal », FlightGlobal, octobre 2014, consulté le 25 septembre 2018, <http://www.flightglobal.com/news/articles/t-6c-to-head-uk-military-training-renewal-405203/>.
12. Brigadier-général (Bgén) M.P. Galvin, Rapport de visite - Force aérienne royale de Singapour [sic] (RSAF) et Force aérienne royale de l'Australie (RAAF) - Système de sélection et d'entraînement des pilotes, 17<sup>e</sup> Escadre Winnipeg : dossier numéro 1176-1 [AOT de la FA], 3 janvier 2013.
13. Tom Kington, « Common Jet Pilot Training Falts », DefenceNews, 3 décembre 2013, consulté le 25 septembre 2018, <http://www.defensenews.com/article/20131203/DEFREG01/312030021/Common-Jet-Pilot-Training-Falts>.
14. L'objet de la présente étude est l'expérience de l'ARC avec la DMPS à grande échelle telle qu'elle est appliquée à la capacité de formation des pilotes.
15. La présente étude désignera les six facteurs suivants par le collectif « facteurs cruciaux » : la mise en œuvre des principes et de la philosophie de la DMPS, le paradigme de l'acquisition d'immobilisations, les besoins en ressources, la mesure du rendement, la relation ARC/entrepreneur et la commercialisation.
16. Major (Maj) Jennifer M. Stephens, « Delivering Value Through Logistics », *Army Logistician*, novembre-décembre 2008, consulté le 7 octobre 2014, [http://www.almc.army.mil/alog/issues/NovDec08/delivervalue\\_spectrum.html](http://www.almc.army.mil/alog/issues/NovDec08/delivervalue_spectrum.html).
17. Stephens, « Delivering Value Through Logistics ».
18. Kindred Motes, « The Rise of Privatised Military Firms During and After the Cold War », Université de l'Essex, thèse de maîtrise 2013, consulté le 25 septembre 2018, [http://www.academia.edu/7170804/The\\_Rise\\_of\\_Privatised\\_Military\\_Firms\\_During\\_and\\_After\\_the\\_Cold\\_War](http://www.academia.edu/7170804/The_Rise_of_Privatised_Military_Firms_During_and_After_the_Cold_War).
19. Canada, Bureau du vérificateur général du Canada (BVG), « Novembre 1999 – Rapport du vérificateur général du Canada », Chapitre 27 – Défense nationale – Différents modes de prestation de services, consulté le 25 septembre 2018, <http://www.oag-bvg.gc.ca/internet/docs/9927ce.pdf>.
20. Le terme « l'État » est employé partout dans le présent document pour désigner le gouvernement canadien.
21. « Collapse of the Soviet Union », *Portalus.RU*, 4 septembre 2007, consulté le 3 octobre 2014, [http://www.portalus.ru/modules/english\\_russia/print.php?subaction=showfull&cid=1188915416&archive=&start\\_from=&ucat=11&](http://www.portalus.ru/modules/english_russia/print.php?subaction=showfull&cid=1188915416&archive=&start_from=&ucat=11&).



22. Michelle R. Garfinkel, « The Economic Consequences of Reducing Military Spending », *Réserve de la banque fédéral de St. Louis*, novembre-décembre 1990, consulté le 25 septembre 2018, [https://research.stlouisfed.org/publications/review/90/11/Spending\\_Nov\\_Dec1990.pdf](https://research.stlouisfed.org/publications/review/90/11/Spending_Nov_Dec1990.pdf).
23. Lcol Michael Rostek, « Une méthodologie permettant un changement radical? Les mesures de restructuration de la gestion, du commandement et du contrôle », *Revue militaire canadienne*, vol. 5, n° 4, 2005, consulté le 25 septembre 2018, <http://www.journal.forces.gc.ca/vo5/no4/manageme-gestion-fra.asp>.
24. Portalus, « Collapse of the Soviet Union ».
25. Garfinkel, « Economic Consequences of Reducing Military Spending ».
26. Garfinkel, « Economic Consequences of Reducing Military Spending ».
27. Rob H. Kamery, « A Brief Review of the Recession of 1990-1991 », conférence internationale d'Allied Academies de 2004, consulté le 25 septembre 2018, [http://www.sbaer.uca.edu/research/allied/2004\\_maui/legal\\_ethical\\_regulatory\\_issues/14.pdf](http://www.sbaer.uca.edu/research/allied/2004_maui/legal_ethical_regulatory_issues/14.pdf).
28. Kamery, « A Brief Review of the Recession of 1990-1991 ».
29. Rostek, « Une méthodologie permettant un changement radical? ».
30. Beattie, « Hypothetical Most Efficient Organization ».
31. L'Institut des services axés sur les citoyens, « Diversification des modes de prestation des services », août 1999, consulté le 21 juillet 2014, <http://iccs-isac.org/en/clearinghouse/asd.htm>.
32. Rostek, « Une méthodologie permettant un changement radical? »
33. Intetics Inc., « Strategic, Core and Non-Core Activities: What to outsource for best results? » *Intetics : The Remote In-Sourcing Company*, 2 avril 2014, consulté le 25 septembre 2018, <http://www.intetics.com/strategic-core-and-non-core-activities-what-to-outsource-for-best-results/>.
34. Canada, MDN, « Livre blanc sur la défense de 1994 », p. 9, consulté le 25 septembre 2018, <http://publications.gc.ca/site/fra/9.503601/publication.html>.
35. Canada, MDN, « Livre blanc sur la défense de 1994 », p. 9-10.
36. Canada, MDN, « Livre blanc sur la défense de 1994 », p. 10.



37. Joel Sokolsky, « Canada, Getting It Right This Time: The 1994 Defence White Paper », US Army War College, 31 mai 1995, consulté le 25 septembre 2018, [www.dtic.mil/cgi-bin/GetTRDoc?AD=ADA297786](http://www.dtic.mil/cgi-bin/GetTRDoc?AD=ADA297786).
38. Sokolsky, « Canada, Getting It Right This Time ».
39. Sokolsky, « Canada, Getting It Right This Time », p. 9.
40. Canada, MDN, « Livre blanc sur la défense de 1994 ».
41. Canada, MDN, « Livre blanc sur la défense de 1994 », p. 17.
42. Beattie, « Hypothetical Most Efficient Organization ».
43. Beattie, « Hypothetical Most Efficient Organization ».
44. Beattie, « Hypothetical Most Efficient Organization ».
45. Rostek, « Une méthodologie permettant un changement radical? ».
46. Canada, MDN, « Livre blanc sur la défense de 1994 », p. 43.
47. Murray Brewster, « National Defence struggling to staff mental health positions in remote outposts », *The Globe and Mail*, 30 novembre 2014, consulté le 25 septembre 2018, <http://www.theglobeandmail.com/news/national/somnia/article21840761/>.
48. Canada, BVG, « Novembre 1999 – Rapport du vérificateur général du Canada ».
49. Canada, BVG, « Novembre 1999 – Rapport du vérificateur général du Canada ».
50. Canada, MDN, « Livre blanc sur la défense de 1994 ». p. 46.
51. Canada, MDN, « Livre blanc sur la défense de 1994 ». p. 46.
52. Beattie, « Hypothetical Most Efficient Organization ».
53. Beattie, « Hypothetical Most Efficient Organization ».
54. Beattie, « Hypothetical Most Efficient Organization », p. 3.
55. Beattie, « Hypothetical Most Efficient Organization ».
56. Canada, MDN, « Livre blanc sur la défense de 1994 ».



57. Canada, MDN, « Livre blanc sur la défense de 1994 », p. 45.
58. Pendant la durée du programme NFTC, la division de formation militaire de Bombardier a été renommée Formation à l'aviation militaire de Bombardier (FAMB), mais Bombardier incorporée est désignée par le sigle BI dans la présente étude.
59. Ministère de la Défense nationale, « Documentation - Forfait d'entraînement au vol et de soutien », 30 mars 2005, consulté le 5 août 2014, <http://www.forces.gc.ca/fr/nouvelles/article.page?doc=forfait-d-entrainement-au-vol-et-de-soutien-fevs/hnocfoke>.
60. Rostek, « Une méthodologie permettant un changement radical? »
61. Colonel Glynne Hines, « Alternate Service Delivery: Managing to Get It Done Right », article rédigé dans le cadre du Programme des études de sécurité nationale, Collège des Forces canadiennes, 2000, consulté le 25 septembre 2018, <http://www.cfc.forces.gc.ca/papers/nssc/nssc4/hines2.pdf>.
62. Hines, « Alternate Service Delivery: Managing to Get It Done Right ».
63. Les deux programmes sont le NFTC et le FEVS. Le NFTC est composé de deux sites opérationnels : un situé à Moose Jaw, en Saskatchewan et un autre à Cold Lake, en Alberta. Tous deux relèvent de la 15<sup>e</sup> Escadre Moose Jaw. La 2<sup>e</sup> École de pilotage des Forces canadiennes (2 EPFC) de Moose Jaw exploite des CT155 Hawk (Hawk) et des CT156 Harvard II (Harvard). Le 419 Esc de Cold Lake exploite des aéronefs Hawk. Le FEVS possède un site à Southport, au Manitoba. La 3 EPFC de Southport exploite des aéronefs Grob 120A, CH139 Jet Ranger, Bell 412 CF Outlaw et C90B King Air. Les deux programmes sont hautement interdépendants. La formation est offerte selon plusieurs phases : La phase I (3 EPFC/AW) est offerte sur Grob et les stagiaires qui y réussissent passent à la phase II (2 EPFC), sur Harvard. Les stagiaires sont ensuite sélectionnés pour l'un des trois cheminements de formation possibles : phase III sur hélicoptère à la 3 EPFC avec CH139 Jet Ranger (instruction élémentaire) et Bell 412 CF Outlaw (instruction avancée), phase III sur aéronef multimoteur à la 3 EPFC sur C-90B King Air ou phase III sur avion à réaction à la 2 EPFC pour instruction de pilote d'avion à réaction/de chasse sur Harvard. Les stagiaires qui suivent l'instruction de pilote d'avion à réaction/de chasse suivent l'instruction de transition (phase IV T), qui est donnée sur Hawk à la 2 EPFC. Les stagiaires qui réussissent l'instruction de transition passent ensuite à l'entraînement initial des pilotes de chasse (phase IV EIPC), qui est offert au 419 Esc. Voir l'appendice 1 : Phases de l'entraînement des pilotes de l'ARC (FEVS et NFTC).
64. Canada, BVG, « Novembre 1999 – Rapport du vérificateur général du Canada ».
65. Hines, « Alternate Service Delivery: Managing to Get It Done Right ».



66. La valeur initiale du contrat était de 2,8 G\$, mais elle est passée à 3,4 G\$, ventes à l'étranger incluses. La valeur actualisée du contrat est de 4,3 G\$.
67. Hines, « Alternate Service Delivery: Managing to Get It Done Right ».
68. Canada, BVG, « Septembre 2002 – Le Point – Rapport de la vérificatrice générale du Canada », Chapitre 4 – Défense nationale – L'entraînement en vol de l'OTAN au Canada, consulté le 25 septembre 2018, [http://www.oag-bvg.gc.ca/internet/Francais/parl\\_oag\\_200209\\_04\\_f\\_12389.html](http://www.oag-bvg.gc.ca/internet/Francais/parl_oag_200209_04_f_12389.html).
69. Canada, MDN, « Documentation : Histoire de l'entraînement au vol au Canada », 23 avril 1997, consulté le 25 septembre 2018, <http://www.forces.gc.ca/fr/nouvelles/article/page?doc=entrainement-au-vol-de-otan-au-canada/hnmx17ya>.
70. Canada, Comité permanent des comptes publics (CPCP), « Dix-huitième rapport », 6 juin 2003, consulté le 25 septembre 2018, <http://www.noscommunes.ca/DocumentViewer/fr/37-2/PACC/rapport-18>.
71. Canada, BVG, « Novembre 1999 – Rapport du vérificateur général du Canada ».
72. Canada, MDN, « Documentation : Histoire de l'entraînement au vol au Canada ».
73. Canada, BVG, « Novembre 1999 – Rapport du vérificateur général du Canada ».
74. Hines, « Alternate Service Delivery: Managing to Get It Done Right ».
75. Canada, Travaux publics et Services gouvernementaux Canada (TPSGC), « Canada Services Agreement in Support of the Training of Canadian Military Pilots between Her Majesty the Queen in Right of Canada and Bombardier Inc », 12 mai 1998.
76. Canada, CPCP, « Dix-huitième rapport »
77. Canada, BVG, « Novembre 1999 – Rapport du vérificateur général du Canada ».
78. Bombardier Aéronautique, « Formation militaire », consulté le 17 octobre 2014, <http://www.bombardier.com/en/aerospace/specialized-aircraft/military-training.html>.
79. Hines, « Alternate Service Delivery: Managing to Get It Done Right ».
80. Canada, BVG, « Novembre 1999 – Rapport du vérificateur général du Canada ».



81. Canada, Corporations Canada, « Partie II de la *Loi sur les corporations canadiennes* - Modèle de règlements généraux préparés par Corporations Canada », Ottawa, Innovation, Sciences et développement économique Canada, 1985.
82. L'achat initial visait 18 Hawk, 24 aéronefs Harvard ainsi que deux FTD pour Hawk et trois FTD pour Harvard II. Ce nombre incluait une cellule de Hawk et deux cellules de Harvard II qui devaient être utilisées pour le prélèvement de pièces de rechange. Ces éléments sont désignés comme des actifs de série 1 dans l'annexe R-14 à l'ASC.
83. Les obligations étaient des obligations d'amortissement de série 1 rapportant 5,75 % par année et elles avaient reçu la note AA du Canadian Bond Rating Service (CBRS).
84. Canada, CPCP, « Dix-huitième rapport »
85. Sheppard Air Base, « Euro-NATO Joint Jet Pilot Training Program, Sheppard Air Force Base », consulté le 25 septembre 2018, <http://www.sheppard.af.mil/Library/Fact-Sheets/Display/Article/367537/euro-nato-joint-jet-pilot-training-program-enjjet/>.
86. Rachel Lea Heide, « NATO Air Training Plan », *The Encyclopedia of Saskatchewan*, n.d., consulté le 5 octobre 2014, [http://esask.uregina.ca/entry/nato\\_air\\_training\\_plan.html](http://esask.uregina.ca/entry/nato_air_training_plan.html).
87. Canada, MDN, « Documentation : Histoire de l'entraînement au vol au Canada ».
88. Canada, BVG, « Mai 2006 – Le Point – Rapport de la vérificatrice générale du Canada », Chapitre 3 – Défense nationale – L'entraînement en vol de l'OTAN au Canada, consulté le 25 septembre 2018, [http://www.oag-bvg.gc.ca/internet/Francais/parl\\_oag\\_200605\\_f\\_1118.html](http://www.oag-bvg.gc.ca/internet/Francais/parl_oag_200605_f_1118.html).
89. Canada, BVG, « Septembre 2002 – Le Point – Rapport de la vérificatrice générale du Canada ».
90. Dès le départ, le contrat du NFTC avait fait l'objet d'une conception et d'une analyse de rentabilisation prévoyant l'inclusion des ventes à des forces aériennes clientes. Il est important de souligner que BI n'a effectué aucune vente directe à une partie autre que l'État. Les ventes étaient effectuées par protocole d'entente (PE) entre l'ARC et la force aérienne cliente. Ensuite, l'État faisait l'acquisition de la formation requise pour respecter le PE par l'intermédiaire de l'ASC conclu avec BI.
91. Canada, MDN, « Documentation : Histoire de l'entraînement au vol au Canada ».
92. Canada, TPSGC, « Statement of Work SOW 9177 for the NATO Flying Training in Canada (NFTC) Program », 30 avril 1998 et comprenant des modifications apportées le 19 décembre 2008.



93. Les nations participantes doivent fournir le nombre de PIQ requis en fonction d'un rapport PIQ/stagiaires établi selon la phase de l'instruction. Si la nation ne peut pas ou ne souhaite pas fournir de PIQ, elle doit verser une compensation financière au programme pour que le nombre requis de PIQ puissent être obtenus d'une autre nation sans que cela ne génère de coûts pour la nation fournissant les PIQ. C'est le concept de « mercenaire » utilisé dans le NFTC.
94. Par conséquent, Milit-Air a acheté trois Hawk et deux Harvard, d'une valeur de 106 M\$, montant obtenu par une vente d'obligations supplémentaires à un taux de 5,87 %. Ces avions étaient désignés comme étant des actifs de série 2, c'est-à-dire des actifs requis dans la foulée d'une demande d'instruction due à l'ajout d'un nouveau signataire du programme. On les distingue de l'achat d'actifs initial et de la vente d'obligations connexe, qui sont les actifs de la série 1 conformément à l'ASC, annexe R-14 (actifs de série 1) et annexe R-15-1 (actifs de série 2-1), modification 7 (2002).
95. Canada, TGPSC, « Accord de services Canada ».
96. Canada, BVG, « Rapport Le Point de septembre 2002. »
97. De plus, les incidences liées à la durée de vie en fatigue des aéronefs et aux cycles thermiques ainsi que l'usure normale du matériel entraînaient des coûts variables à chaque phase de formation, ce qui a fait en sorte que chaque heure de vol d'entraînement sur avion à réaction Hawk effectuée à la 15<sup>e</sup> Escadre Moose Jaw était facturée selon un tarif différent de celui de cette même heure de vol effectuée à la 4<sup>e</sup> Escadre Cold Lake.
98. Ces éléments comprennent ce qui suit : logement, vivres, ESA, école de formation au sol, heures sur FTD, coûts liés à l'heure de vol et plusieurs autres facteurs.
99. Canada, BVG, « Rapport Le Point de septembre 2002. »
100. Cette liste est incomplète, car il existe d'autres exemples d'hypothèses erronées. En voici d'autres exemples : les différences entre les conditions météorologiques au polygone de tir du lac Jimmy et à la 4<sup>e</sup> Escadre Cold Lake; le peu d'heures de clarté en hiver à la 4<sup>e</sup> Escadre, ce qui limite le 419 Esc à trois vagues en hiver ainsi que l'exercice MAPLE FLAG, qui limite le 419 Esc à trois vagues pendant cet exercice majeur, qui a lieu en mai et en juin.
101. Canada, MDN, DAOD 5001-2, Indemnité de maternité et indemnité parentale, consulté le 25 septembre 2018, <http://www.forces.gc.ca/fr/a-propos-politiques-normes-directives-ordonnances-administratives-defense-5000/5001-2.page>.
102. Canada, BVG, « Rapport Le Point de septembre 2002. »
103. Canada, TPSGC, « Énoncé des travaux EDT 9177. »





104. Canada, BVG, « Rapport de novembre 1999. »
105. Canada, BVG, « Rapport de novembre 1999. »
106. Major-général (Mgén) C. Bouchard, « NATO Flying Training in Canada (NFTC) Program Performance », 17<sup>e</sup> Escadre Winnipeg, document numéro 2455-3 (A1 Instr), 8 juin 2005.
107. Canada, MDN, Chef - Service d'examen, « Évaluation de l'instruction et de la disponibilité opérationnelle de la Force aérienne ».
108. L'approbation requise pour le financement a été accordée par le Conseil de gestion du programme (CGP) et le pouvoir de dépenser a été accordé par le Conseil du Trésor (CT).
109. Contrat du forfait d'entraînement au vol et de soutien.
110. Paul Samyn, « Portage Contract \$2.3 Billion Windfall », *Winnipeg Free Press*, 22 mars 2005, consulté le 25 septembre 2018, [http://www.shindico.com/index.php?option=com\\_content&view=article&id=115&catid=5&Itemid=26](http://www.shindico.com/index.php?option=com_content&view=article&id=115&catid=5&Itemid=26).
111. Canada, BVG, « Rapport Le Point de septembre 2002. »
112. L'honorable Michael H. Wilson, « Le discours du budget », 27 avril 1989, consulté le 25 septembre 2018, <https://www.budget.gc.ca/pdfarch/1989-sd-fra.pdf>.
113. Canada, MDN, « Documentation - Forfait d'entraînement au vol et de soutien ».
114. Canada, MDN, « Documentation - Forfait d'entraînement au vol et de soutien ».
115. Defence Industry Daily, « Canadian Forces Seek to Build Excellence in Foreign Flight Training », *Defence Industry Daily*, February 22, 2011, consulté le 25 septembre 2018, <http://www.defenseindustrydaily.com/canadian-forces-seek-to-build-excellence-in-foreign-flight-training-01537/>.
116. « Canadian Forces Seek », 2011.
117. Samyn, « Portage Contract \$2.3 Billion Windfall ».
118. Kevin Rollason, « Aviation Training Centre Takes Flight », *Winnipeg Free Press*, 14 septembre 2007, consulté le 25 septembre 2018, <http://www.winnipegfreepress.com/historic/32410714.html>.
119. Canada, MDN, CS Ex, « Évaluation de l'instruction et de la disponibilité opérationnelle de la Force aérienne ».



120. Canada, TPSGC, « Forfait d'entraînement au vol et de soutien ».
121. Cela a été le résultat de l'analyse du PLANIN effectuée par l'équipe spéciale en 2011.
122. Depuis ce temps, le nombre de places de la phase I prévu dans le contrat est passé à 155.
123. Canada, TPSGC, « Forfait d'entraînement au vol et de soutien ».
124. Le contrat du FEVS a été modifié 48 fois de la date de début du contrat à sa date de fin, en 2014.
125. Dans les contrats du FEVS et de NFTC, quatre autorités sont responsables des divers aspects de l'assurance de la qualité et du contrôle de la qualité. Le Responsable de l'instruction (RI) travaille au niveau stratégique à Ottawa, au sein de la Direction de la simulation et de l'instruction (Air) de l'ARC. Le RI est responsable des enjeux concernant le contenu technique du travail relevant du besoin en question. De plus, toutes les modifications doivent faire l'objet de discussions avec le RI avant leur mise en œuvre. Le responsable de la gestion de l'instruction (RGI) travaille à Winnipeg, au quartier général de l'ARC, A3 Instruction. Le RGI est responsable de la norme d'instruction, de la norme de qualification et des qualifications des instructeurs. Toutes les modifications apportées aux plans d'instruction doivent faire l'objet de discussions avec le RGI avant leur mise en œuvre. Le responsable des achats du MDN était responsable de l'ensemble des activités d'approvisionnement et financières se rapportant au contrat au nom du MDN. Enfin, l'autorité contractante (AC) est TPSGC. L'AC est responsable de la gestion du contrat au nom de l'État. Toute modification apportée au contrat ou au travail doit être autorisée par TPSGC et l'entrepreneur ne doit pas exécuter de travail dépassant la portée du contrat ou allant au-delà de cette dernière sans en avoir préalablement reçu l'autorisation de l'AC. Même si cela semble complexe, il faut comprendre qu'en plus de cette structure, on trouvait le service juridique du MDN et celui de TPSGC, qui offrent des conseils à leurs organisations clientes respectives et le représentant de l'entrepreneur, AW, sans oublier sa société mère, KFL, son conseiller juridique et ses assureurs. Le processus à utiliser pour mettre en place une modification était long en raison de la présence d'autant d'intervenants.
126. Canada, TPSGC, « Forfait d'entraînement au vol et de soutien ».
127. Canada, TPSGC, « Annex D Performance Incentive Fee Plan Revision-2, Goose Bay Support Services Contract », 1<sup>er</sup> octobre 2006.
128. Canada, TPSGC, « Annex D Performance Incentive Fee Plan Revision-2 » article 10.7
129. Canada, TPSGC, « Forfait d'entraînement au vol et de soutien ».



130. Ce fait a été confirmé dans les résultats d'une enquête auprès des entrepreneurs principaux du FEVS et du programme de NFTC.
131. Le CHIR est un groupe du niveau de la direction (correspondant au grade de colonel) composé de plusieurs représentants de divers intervenants gouvernementaux. Le CHIR est coprésidé par le directeur - Simulation et instruction (Air) (DSI Air) et le directeur - Services (Grands projets). Les autres membres du CHIR comprennent TPSGC, le directeur - Instruction de la Force aérienne et le commandant de la 15<sup>e</sup> Escadre.
132. Le président de l'EER est le directeur de programme du FEVS. C'est la responsabilité du DSI Air 2, qui est un poste correspondant au grade de lieutenant-colonel.
133. Canada, TPSGC, « Forfait d'entraînement au vol et de soutien ».
134. Canada, TPSGC, « Forfait d'entraînement au vol et de soutien ».
135. Defence Industry Daily, 2011.
136. Defence Industry Daily, 2011.
137. Canada, TPSGC, « Forfait d'entraînement au vol et de soutien ».
138. Canada, TPSGC, « Forfait d'entraînement au vol et de soutien », article 22.1.1.
139. Dans le cas d'une vente potentielle de dix places dans le programme d'entraînement de phase I à la Force aérienne royale saoudienne (dans la présente étude, on utilise le sigle RSAAF pour la désigner plutôt que RSAF, le sigle habituel, afin de la distinguer de la Force aérienne de la République de Singapour [RSAF]), en 2011, il a fallu 18 mois pour en arriver, avec le CT, à une définition de ce qu'est la capacité excédentaire. Cet élément du FEVS, qui est d'une valeur de moins d'un million de dollars canadiens, était la pierre angulaire d'une vente de services d'entraînement d'une valeur de 43 millions de dollars à la RSAAF. Cette vente portait notamment sur des places pour stagiaires dans le NFTC ainsi que de la formation de techniciens à l'Institut de technologie de la Colombie-Britannique. Par conséquent, l'absence de mécanisme d'expansion a nui à l'atteinte de l'objectif général en matière de vente de services d'entraînement à des pays alliés. La définition de capacité excédentaire dont on a convenu était restreinte à la capacité du FEVS à la disposition de l'ARC qui n'était pas incluse dans la charge de 113 places. L'ARC a payé pour l'entraînement de la phase I et la VDQ.
140. Directeur d'Allied Wings (FEVS), série de courriels échangés avec l'auteur du 24 au 26 novembre 2014 et directeur des programmes et des activités commerciales (FAMB), conversation personnelle avec l'auteur, 27 novembre 2014.
141. Pour obtenir une liste complète des questions, veuillez consulter l'appendice B.



142. Tous les éléments dont il est question dans le présent chapitre ont été tirés des réponses de l'entrepreneur.
143. Canada, TPSGC, « Manuel de la gestion des approvisionnements », consulté le 25 septembre 2018, <http://www.tpsgc-pwgsc.gc.ca/biens-property/sngp-npms/bi-rp/conn-know/approv-procure/manuelga-pmmanual-2-eng.html>.
144. Il faut souligner que l'ARC a jusqu'ici maintenu une pénurie de pilotes pendant toute la durée du contrat de NFTC. Par conséquent, l'ARC a tenté d'arriver à un équilibre entre les besoins en dotation de nature opérationnelle et les besoins en dotation liés à la mise sur pied de la force.
145. La nature même des contrats à prix ferme et fixe d'une durée de vingt ans en est un excellent exemple.
146. On se sert d'un modèle météorologique pour calculer des moyennes sur une période se chiffrant en années et ce modèle inclut les écarts statistiques annuels par rapport à la moyenne à long terme. Ainsi, le modèle calcule les ressources en fonction de la moyenne à long terme et non des écarts statistiques.
147. À titre de rappel, l'ARC n'est que l'une des quatre autorités de l'État dans le cadre du contrat.
148. Par exemple, si un utilisateur du niveau tactique (2 EPFC, 3 EPFC ou 419<sup>e</sup> Esc) souhaite qu'une modification soit apportée à un PLANIN, il doit soumettre une demande de changement au RGI au niveau opérationnel, après quoi le RGI transmet la demande au RI, au niveau stratégique, à Ottawa. Le RI évalue alors l'incidence du changement qu'on demande d'apporter au PLANIN sur le travail tel qu'il est défini dans l'énoncé des travaux (EDT) et dans le contrat. La demande est ensuite soumise, conformément aux procédures de travail d'état-major, au responsable des achats, qui transmet à son tour le changement à l'AC. L'AC doit ensuite déterminer, avec l'aide de son équipe juridique, si le travail s'inscrit dans l'étendue des travaux ou non. À cette étape, l'AC doit négocier avec le représentant de l'entrepreneur afin de convenir d'un prix pour l'exécution du travail demandé. Une fois qu'un prix a été fixé, le représentant de l'entrepreneur procède à des vérifications avec son équipe juridique et ses prêteurs, après quoi la modification au contrat est signée et les travaux sont lancés.
149. Rostek, « Une méthodologie permettant un changement radical? »; et la DMPS a permis de dégager de maigres économies de 60 M\$ par années plutôt que les 300 M\$ par année qu'on prévoyait atteindre en 2000.
150. Beattie, « The Hypothetical Most Efficient Organization ».
151. Canada, MDN, CS Ex, « Évaluation de l'instruction et de la disponibilité opérationnelle de la Force aérienne Partie 1 – Formation professionnelle initiale de la Force aérienne »,



- novembre 2012, consulté le 25 septembre 2018, <http://www.forces.gc.ca/fr/a-propos-rapports-pubs-verifi-eval/187p0940.page>.
152. Canada, BVG, « Novembre 1999 – Rapport du vérificateur général du Canada », Chapitre 27 – Défense nationale – Différents modes de prestation de services, 27-17, consulté le 25 septembre 2018, [http://publications.gc.ca/collections/collection\\_2016/byg-oag/FA1-1999-3-27-eng.pdf](http://publications.gc.ca/collections/collection_2016/byg-oag/FA1-1999-3-27-eng.pdf)
  153. 1,5 M\$ moins une valeur résiduelle de 100 000 \$ canadiens attribuée par l'entrepreneur.
  154. 5,3 M\$ moins une valeur résiduelle de 2 M\$ attribuée par l'entrepreneur.
  155. Le coût de la flotte d'aéronefs Grob et King Air financés de façon privée était de 126 M\$ avec un amortissement du vingt ans, mais il aurait été de 40,5 M\$ si le MDN avait acheté les aéronefs directement.
  156. Canada, Ministère des Finances du Canada, « Taux d'intérêt débiteurs mensuels du Trésor pour des périodes d'un an et plus », consulté le 25 septembre 2018, <https://www.fin.gc.ca/admin/len/crf-tid-fra.asp?year=2005&month=06>.
  157. Un coût de financement privé de 126 M\$ avec amortissement sur vingt ans par rapport à un coût de 62 M\$ si le MDN avait acheté les aéronefs au taux d'intérêt débiteur du Trésor de la mi-2007 avec amortissement du vingt ans (4,43 %).
  158. Économies de 85,5 millions de dollars par rapport au coût initial non actualisé du programme du FEVS de 1,77 G\$.
  159. Le coût du financement privé de la flotte de série 1 initiale du NFTC a été de 1,258 G\$ alors qu'il aurait été de 740 M\$ si les aéronefs avaient été achetés et rendus accessibles à titre d'EFG. Au total, actifs supplémentaires compris, état de 871 M\$, ce qui, avec les coûts liés au financement, correspondait à un total de 1,381 G\$.
  160. La Royal Air Force a cessé de participer au NFTC en 2008, même si elle avait signé un contrat valide jusqu'en 2010; les Forces aériennes danoises ont quitté le programme de 2010 même si leur contrat était valide jusqu'en 2020 et les Forces aériennes italiennes ont cessé leur participation au programme en 2011, même si elles n'avaient prévu le faire qu'en 2020.
  161. Canada, BVG, « Novembre 1999 – Rapport du vérificateur général du Canada ».
  162. On peut citer en exemple le retrait des manœuvres de combat élémentaires et des tactiques air-sol du PLANIN de la phase III de l'entraînement sur Hawk, en 2006. Ces modifications ont réduit la fatigue des aéronefs et les cycles thermiques des moteurs, mais elles ont dû être



prises en place à titre d'essai jusqu'à ce que l'entrepreneur les aient acceptées. Cette réalité a limité la souplesse du PLANIN du point de vue de l'ARC.

163. L'organisation responsable des aéronefs d'entraînement est le Directeur général - Gestion du programme d'équipement aérospatial (Avions-écoles et chasseurs), qui relève de la section du sous-ministre adjoint (Matériels) du MDN.
164. Une des dichotomies intéressantes concernant le NFTC est que le MDN doit fournir l'ensemble de l'ESA (EDT du NFTC, livre un, article 8.4, Équipement de survie de l'aviation), mais, jusqu'à la création du poste de gestionnaire du soutien technique (GST) du NFTC, en 2011, dans le cadre d'une entente sur les niveaux de service conclue entre l'ARC et le sous-ministre adjoint (Matériels) (SMA[Mat]), aucun soutien technique spécialisé du MDN n'était octroyé au NFTC. Le SMA(Mat) a créé le poste de GST du NFTC après avoir reconnu que, même si les flottes d'aéronefs EFE du NFTC appartenaient à une organisation civile, ces aéronefs avaient besoin de la surveillance et de l'appui du MDN.
165. Un exemple en est le désir de mettre à niveau la flotte d'aéronefs Harvard en y installant un système de surveillance du trafic et d'évitement des collisions (TCAS). Puisque ce système est hors de la portée du contrat du NFTC, l'ARC est responsable de son financement. De plus, même si le financement nécessaire à l'installation des TCAS à bord des appareils était obtenu, l'ARC pourrait aussi être responsable des sorties perdues des aéronefs retirés du service pour être mis à niveau.
166. Cet enjeu est devenu évident quand la Hawker Beechcraft Corporation (HBC), le FEO du Harvard, a présenté des requêtes volontaires en vertu du chapitre 11 de la loi relative aux faillites, le 3 mai 2012. Pendant cette période, les travaux techniques sur le Harvard ont été mis en arrêt forcé. La situation ne s'est redressée que quand la HBC a été soustraite au régime sur faillites, le 19 février 2013, et renommée Beechcraft Corporation.
167. Les unités de la 15 Ere appartenaient à la 1 DAC jusqu'à la création de la 2<sup>e</sup> Division aérienne du Canada, qui met l'accent sur l'instruction et la doctrine, en 2009.
168. Renommé « commandant adjoint de l'ARC » en 2011.
169. . Commandant de la 1DAC, ARC, lettre au Chef d'état-Major adjoint de la Force aérienne, 2005.
170. Les enjeux touchant l'état de fonctionnement liés aux aubes de turbine basse pression du moteur Adour ont commencé à se manifester en 2006 et ont eu des conséquences sur le programme après 2008, conséquences qui se font encore sentir aujourd'hui. Pour corriger ce problème, Rolls Royce, le fabricant du moteur, a dû modifier la conception du moteur, ce qui a exigé deux années de travail. Bien qu'il présentait une fiabilité accrue, le moteur retravaillé n'a pas permis d'éliminer tous les enjeux relatifs à la disponibilité.



171. Cette directive a été intégrée au plan de mise en œuvre après une réunion entre l'entrepreneur et l'ARC tenue le 22 novembre 2011.
172. Le compte X renvoie au nombre de sorties effectuées par rapport au nombre idéal de sorties nécessaires pour que les stagiaires terminent leurs cours à temps et avec succès. Un compte X positif indique que le programme est en avance sur le calendrier et, à l'opposée, un compte X négatif indique que le programme accuse un retard sur le calendrier. La compétence du personnel renvoie au nombre d'heures de perfectionnement effectuées par le personnel, qui est ensuite comparé aux exigences annuelles, et le CAHV renvoie au nombre d'heures de vol effectuées par rapport au plan mensuel qui doit être respecté pour atteindre les objectifs annuels au chapitre du CAHV. Comme on l'a indiqué, les paramètres financiers de l'entrepreneur sont étroitement liés au CAHV.
173. Brigadier-général M. P. Galvin, Rapport de visite - Force aérienne royale de Singapour [sic] (RSAF) et Force aérienne royale de l'Australie (RAAF) - Système de sélection et d'entraînement des pilotes, 17<sup>e</sup> Escadre Winnipeg : dossier numéro 1176-1 [AOT de la FA], 3 janvier 2013. La contribution positive des IRC axés sur les opérations a été relevée particulièrement pendant la visite des systèmes d'entraînement de la RAAF et de la RSAF menée par l'ARC en 2012, en Australie. Dans le système observé, il existe un haut degré de déconcentration de l'autorité et de transfert de responsabilités au niveau tactique. Dans l'ensemble, même si le concept d'IRC a été intégré au NFTC en tant qu'élément de la mise à jour du paradigme du système d'entraînement à la fin de 2011 et au début de 2012, la structure des IRC observée accorde beaucoup plus d'importance aux opérations que celle du programme de NFTC.
174. À certains moments dans le cadre du programme de NFTC, l'ARC a retardé sa propre formation pour s'assurer que la formation demandée par des pays alliés, qui était liée à des dates de début de cours subséquents fixes, puisse être offerte. Cela était particulièrement évident dans les périodes où les ressources d'entraînement étaient limitées.
175. Avant la formation achetée par la RSAAF, les autres nations clients n'avaient acheté que des places dans le programme de NFTC (celui qui visait la formation des pilotes de chasse). À leur arrivée au NFTC, ces stagiaires de pays alliés avaient déjà suivi la formation de la phase I et, dans certains cas, de la phase II. Dans le cas de la RSAAF, il existait un souhait d'adopter l'intégralité de la formation offerte par l'ARC et c'est pour cette raison qu'on avait aussi acquis des services de formation de la phase I dans le cadre du FEVS.
176. Le Hawk Mk 115 est la version de la famille d'aéronefs Hawk utilisée dans le cadre du programme de NFTC.
177. Beattie, « The Hypothetical Most Efficient Organization ».
178. Canada, MDN, « Livre blanc sur la défense de 1994 ».



179. Canada, BVG, « Rapport de novembre 1999. »

180. Par rapport au ressourcement au niveau moyen pour ce qui est du FEVS et du NFTC.

## Lectures complémentaires

CANADA. MINISTÈRE DES FINANCES CANADA. *Consolidated Revenue Fund Monthly Lending Rates for Periods of One Year and Over*. Consulté le 8 novembre 2014, <http://www.fin.gc.ca/admin/len/crf-tid-eng.asp?year=2005&month=06>. [site fermé]

*Collapse of the Soviet Union 1989–1991*. GlobalSecurity.org. Consulté le 21 novembre 2018, <http://www.globalsecurity.org/military/world/russia/soviet-collapse.htm>.

PELLERIN, Major H. *CT-156 Harvard II Estimates Life Expectancy*. Note de synthèse à l'intention du Directeur – Gestion du programme d'équipement aérospatial (DPEAG), 9 avril 2014.

THIBAUT, Lieutenant-colonel G. *Hawk ROM Capacity Assessment to 2027 based on extrapolation of 135 FI*. Note de synthèse, 9 octobre 2014.





## Bibliographie sélective

- AEROSTRATEGY Managing Consulting. *Aerospace Globalization 2.0: Implications for Canada's Aerospace Industry, A Discussion Paper, Ann Arbor (Mi), AeroStrategy Management Consulting, novembre 2009.*
- ALLBEE K. E. et C. A. SEMPLE, *Aircrew Training Devices: Life Cycle Cost and Worth of Ownership*, Wright-Patterson Air Force Base (Ohio), Air Force Human Resources Laboratory, 1981.
- ARCAND, Alan. *Canada's Aerospace Industry: The Impact of Key Global Trends*, Ottawa, Le Conference Board du Canada, 2012.
- ARENA, M., O. YOUNOSSI, K. BRANCATO, I. BLICKSTEIN et C. GRAMMICH. *Why Has the Cost of Fixed-Wing Aircraft Risen? A Macroscopic Examination of the Trends in U.S. Military Aircraft Costs over the Past Several Decades*, Santa Monica (Calif.), RAND Corporation. Rapport no MG-696-NAVY/AF, 2008.
- BEATTIE, Lieutenant-colonel Clifford. *The Hypothetical Most Efficient Organization: The Fatal Flaw in the Alternative Delivery Process*. Toronto, Études militaires du Collège des Forces canadiennes, 2000. [www.cfc.forces.gc.ca/259/181/51\\_beattie.pdf](http://www.cfc.forces.gc.ca/259/181/51_beattie.pdf).
- CANADA. BUREAU DU VÉRIFICATEUR GÉNÉRAL DU CANADA (BVG). *Novembre 1999 – Rapport du vérificateur général du Canada*, Chapitre 27 – Défense nationale – Différents modes de prestation de services, consulté le 26 novembre 2018, <http://www.oag-bvg.gc.ca/internet/docs/9927ce.pdf>.
- CANADA. BUREAU DU VÉRIFICATEUR GÉNÉRAL DU CANADA (BVG). *Septembre 2002 – Rapport Le Point de la vérificatrice générale du Canada*, Chapitre 4 – Défense nationale – L'entraînement en vol de l'OTAN au Canada. Consulté le 26 novembre 2018, [http://oag-bvg.gc.ca/internet/Francais/parl\\_oag\\_200209\\_04\\_f\\_12389.html](http://oag-bvg.gc.ca/internet/Francais/parl_oag_200209_04_f_12389.html).
- CANADA. MINISTÈRE DE LA DÉFENSE NATIONALE. *Livre blanc sur la défense*, 1964.
- CANADA. MINISTÈRE DE LA DÉFENSE NATIONALE. *Livre blanc sur la défense de 1994*. Consulté le 26 novembre 2018, <http://publications.gc.ca/site/fra/9.503601/publication.html>.
- CANADA. MINISTÈRE DE LA DÉFENSE NATIONALE. AVIATION ROYALE CANADIENNE (ARC). *L'Aviation royale canadienne – Directive sur les concepts futurs*, Documents d'orientation – Stratégie de l'ARC, 27 janvier 2016. Consulté le 26 novembre 2018, [http://rcf.mil.ca/assets/RCAF\\_Intranet/docs/fr/d-air-plans/left-nav/20160527-u-cde-rcaf-fcd-fre-final-with-sig.pdf](http://rcf.mil.ca/assets/RCAF_Intranet/docs/fr/d-air-plans/left-nav/20160527-u-cde-rcaf-fcd-fre-final-with-sig.pdf).



- CANADA. MINISTÈRE DE LA DÉFENSE NATIONALE. CHEF – SERVICE D'EXAMEN. *Évaluation de l'instruction et de la disponibilité opérationnelle de la Force aérienne Partie 1 : formation professionnelle initiale de la Force aérienne*, novembre 2012. Consulté le 26 novembre 2018, <https://www.canada.ca/fr/ministere-defense-nationale/organisation/rapports-publications/verification-evaluation/instruction-disponibilite-operationnelle-force-aerienne-partie-1-formation-professionnelle-initiale-force-aerienne.html>.
- CANADA. MINISTÈRE DE LA DÉFENSE NATIONALE. DÉFENSE NATIONALE ET FORCES ARMÉES CANADIENNES. *Entraînement au vol de l'OTAN au Canada*, 23 avril 1997. Consulté le 26 novembre 2018, <http://www.forces.gc.ca/fr/nouvelles/article.page?doc=entrainement-au-vol-de-otan-au-canada/hnm17ya>.
- CANADA. MINISTÈRE DE LA DÉFENSE NATIONALE. DIRECTEUR GÉNÉRAL – DÉVELOPPEMENT DE LA FORCE (AIR). AGA007000/AF008, *Vecteurs de la Force aérienne* (1re éd.), Ottawa, Quartier général de la Défense nationale, 2014. Consulté le 26 novembre 2018, [http://publications.gc.ca/collections/collection\\_2014/mdn-dnd/D2-300-2014-fra.pdf](http://publications.gc.ca/collections/collection_2014/mdn-dnd/D2-300-2014-fra.pdf).
- CANADA. MINISTÈRE DE LA DÉFENSE NATIONALE. DIRECTEUR GÉNÉRAL – DÉVELOPPEMENT DE LA FORCE (AIR). A-GA-007-000 / AF-008, *Vecteurs de la Force aérienne (résumé)*. Consulté le 26 novembre 2018, [http://publications.gc.ca/collections/collection\\_2014/mdn-dnd/D2-300-1-2014-fra.pdf](http://publications.gc.ca/collections/collection_2014/mdn-dnd/D2-300-1-2014-fra.pdf).
- CANADA. MINISTÈRE DES FINANCES (Tableaux de référence financiers). Diverses années.
- CANADA. MINISTÈRE DES TRAVAUX PUBLICS ET DES SERVICES GOUVERNEMENTAUX. *Volume 1 : Au-delà de l'horizon : les intérêts du Canada dans l'aérospatiale, Examen de l'aérospatiale mandaté par le gouvernement du Canada*. Ottawa, TPSGC, novembre 2012. Consulté le 26 novembre 2018, [http://publications.gc.ca/collections/collection\\_2012/ic/Iu44-89-2012-fra.pdf](http://publications.gc.ca/collections/collection_2012/ic/Iu44-89-2012-fra.pdf).
- CANADA. INNOVATION, SCIENCES ET DÉVELOPPEMENT ÉCONOMIQUE CANADA (ISDE) ET L'ASSOCIATION DES INDUSTRIES AÉROSPATIALES DU CANADA (AIAC). *État de l'industrie aérospatiale canadienne. Rapport 2016*. Consulté le 26 novembre 2018, [http://publications.gc.ca/collections/collection\\_2016/isde-ised/Iu44-104-2016-fra.pdf](http://publications.gc.ca/collections/collection_2016/isde-ised/Iu44-104-2016-fra.pdf).
- CANADA. INNOVATION, SCIENCES ET DÉVELOPPEMENT ÉCONOMIQUE CANADA (ISDE) ET L'ASSOCIATION DES INDUSTRIES AÉROSPATIALES DU CANADA (AIAC). *État de l'industrie aérospatiale canadienne. Rapport 2018*. Consulté le 26 novembre 2018, [https://www.ic.gc.ca/eic/site/ad-ad.nsf/fra/h\\_ad03964.html](https://www.ic.gc.ca/eic/site/ad-ad.nsf/fra/h_ad03964.html).



- CANADA. INNOVATION, SCIENCES ET DÉVELOPPEMENT ÉCONOMIQUE CANADA (ISDE) et L'ASSOCIATION DES INDUSTRIES CANADIENNES DE DÉFENSE ET DE SÉCURITÉ (AICDS). *État de l'industrie canadienne de la défense 2014*. Consulté le 26 novembre 2018, [http://publications.gc.ca/collections/collection\\_2016/isde-ised/Iu44-103-2014-fra.pdf](http://publications.gc.ca/collections/collection_2016/isde-ised/Iu44-103-2014-fra.pdf).
- CARON, J.-D. et C. HUNTER. *NATO Flying Training in Canada: Assessment of Bombardier's Static Scheduling Tool*, QG 1 DAC/RC NORAD, note de recherche du CARO 0209, décembre 2002.
- CHRISTOPHER, Gary, et coll. *Strategic Capability Roadmap Version 1.0 Analytical Framework*, Ottawa, Recherche et développement pour la défense Canada- Division de la recherche opérationnelle, décembre 2009. Rapport technique TR 2009-013. Consulté le 26 novembre 2018, <http://pubs.drdc-rddc.gc.ca/BASIS/pcandid/www/engpub/DDW?W%3DSYSNUM=532766&r=0>.
- COOLEY, T. et I. OSWALT. *Current Trends in M&S ROI Calculation: An Addendum to Calculating ROI Investment for US DoD M&S*, *M&S Journal*, automne 2012..
- DAVIS, Paul K. *Analytic Architecture for Capabilities-Based Planning, Mission-System Analysis, and Transformation*, Santa Monica (Calif.), RAND, 2002.
- DOUGLAS, W. A. B. *La création d'une aviation militaire nationale : histoire officielle de l'Aviation royale au Canada, tome 2*, Toronto, University of Toronto Press, 1986.
- FREIER, Nathan. *Known Unknowns: Unconventional "Strategic Shocks" in Defense Strategy Development*, Carlisle (PA), Army War College, Strategic Study Institute, 2008.
- GOLDBERG, M. et A. TOUW. *Statistical Methods for Learning Curves and Cost Analysis, Topics in Operations Research Series*, Linthicum (Maryland), Institute for Operational Research and Management Sciences, 2003.
- HARRISON, Todd. « Rethinking Readiness » *Strategic Studies Quarterly*, vol. 8, no 3, 2014. Consulté le November 7, 2017, [https://www.airuniversity.af.edu/Portals/10/SSQ/documents/Volume-08\\_Issue-3/Harrison.pdf?ver=2017-01-23-122110-840](https://www.airuniversity.af.edu/Portals/10/SSQ/documents/Volume-08_Issue-3/Harrison.pdf?ver=2017-01-23-122110-840).
- HINES, Colonel Glynne. « Alternate Service Delivery: Managing to Get It Done Right », article rédigé dans le cadre du Programme des études de sécurité nationale, Collège des Forces canadiennes, 2000. Consulté le 26 novembre 2018, <http://www.cfc.forces.gc.ca/papers/nssc/nssc4/hines2.pdf>.
- HUNTER, C. J. , C. MCILWRAITH et N. GOODRIDGE, *Modifications to the NFTC Resource Allocation Model (RAM)*, document technique TM2007-44 de RDDC CARO, octobre 2007.



- OKAZAWA, S. *Measuring Attrition Rates and Forecasting Attrition Volume*, document technique 2007-02 RDDC CARO, Ottawa, Recherche et développement pour la défense Canada, 2007.
- ORLANSKY, J. E., H. L. TAYLOR, D. B. LEVINE et J. G. HONIG. *The Cost and Effectiveness of the Multi-Service Distributed Training Testbed (MDT2) for Training Close Air Support*, Alexandria (Virginie), Institute for Defense Analyses, 1997.
- PESARAN, M. H. et B. PESARAN. *Microfit 5.0*, version Windows, Cambridge (London), Camfit Data Limited, 1997.
- ROSTEK, Lcol Michael, « Une méthodologie permettant un changement radical? Les mesures de restructuration de la gestion, du commandement et du contrôle », *Revue militaire canadienne*, vol. 5, no 4, 2005. Consulté le 26 novembre 2018, <http://www.journal.forces.gc.ca/vo5/no4/manageme-gestion-fra.asp>.
- SÉGUIN, René et Charles HUNTE., *Undergraduate Pilot Training Resource Allocation Model (UGPT RAM) – A Comprehensive Description*, document technique TM2013-221 de RDDC CARO, décembre 2013.
- SOLOMON, Binyam, Paul CHOUINARD et Leonard KERZNER. *The Department of National Defence Strategic Cost Model: Volume II – Theory and Empirics*. DRDC CORA TR 2008-03, 2008. Consulté le 26 novembre 2018, <http://pubs.drdc-rddc.gc.ca/BASIS/pcandid/www/frepub/DDW?W%3DSYSNUM=530537>.
- YOUNOSSI, M. Arena, K. BRANCATO, J. GRASER, B. GOLDSMITH, M. LORELL, F. TIMSON et J. SOLLINGER. *F-22A Multi-Year Procurement Program: An Assessment of Cost Saving*, Santa Monica (Calif.), RAND Corporation, 2007, rapport no MG-664-OSD, 2007.