

Canadian
Forces
College

Collège
des
Forces
Canadiennes



VÉHICULES AÉRIENS SANS PILOTE POUR ASSURER LA SOUVERAINETÉ DE L'ARCTIQUE : EST-CE NÉCESSAIRE ET FAISABLE?

le major L. Vachon

JCSP 39

Master of Defence Studies

Disclaimer

Opinions expressed remain those of the author and do not represent Department of National Defence or Canadian Forces policy. This paper may not be used without written permission.

© Her Majesty the Queen in Right of Canada, as represented by the Minister of National Defence, 2013

PCEMI 39

Maîtrise en études de la défense

Avertissement

Les opinions exprimées n'engagent que leurs auteurs et ne reflètent aucunement des politiques du Ministère de la Défense nationale ou des Forces canadiennes. Ce papier ne peut être reproduit sans autorisation écrite.

© Sa Majesté la Reine du Chef du Canada, représentée par le ministre de la Défense nationale, 2013.

CANADIAN FORCES COLLEGE – COLLÈGE DES FORCES CANADIENNES
JCSP 39 – PCEMI 39
2012 – 2013

MASTER OF DEFENCE STUDIES – MAÎTRISE EN ÉTUDES DE LA DÉFENSE

**VÉHICULES AÉRIENS SANS PILOTE POUR ASSURER LA SOUVERAINETÉ
DE L'ARCTIQUE : EST-CE NÉCESSAIRE ET FAISABLE?**

**UNMANNED AERIAL VEHICLES TO ENSURE THE SOVEREIGNTY OF THE
ARCTIC IS NECESSARY AND FEASIBLE?**

By Major L. Vachon
Par le major L. Vachon

“This paper was written by a student attending the Canadian Forces College in fulfilment of one of the requirements of the Course of Studies. The paper is a scholastic document, and thus contains facts and opinions, which the author alone considered appropriate and correct for the subject. It does not necessarily reflect the policy or the opinion of any agency, including the Government of Canada and the Canadian Department of National Defence. This paper may not be released, quoted or copied, except with the express permission of the Canadian Department of National Defence.”

Word Count: 17 043

“La présente étude a été rédigée par un stagiaire du Collège des Forces canadiennes pour satisfaire à l'une des exigences du cours. L'étude est un document qui se rapporte au cours et contient donc des faits et des opinions que seul l'auteur considère appropriés et convenables au sujet. Elle ne reflète pas nécessairement la politique ou l'opinion d'un organisme quelconque, y compris le gouvernement du Canada et le ministère de la Défense nationale du Canada. Il est défendu de diffuser, de citer ou de reproduire cette étude sans la permission expresse du ministère de la Défense nationale.”

Compte de mots : 17 043

TABLE DES MATIÈRES

Table des matières	i
Liste des tableaux	ii
Sommaire	iii
Chapitres	
1. Introduction	1
2. L'Histoire	3
L'histoire de la terminologie	3
L'histoire des véhicules aériens sans pilote	6
3. Souveraineté vs sécurité de l'Arctique	20
4. Les différents types de véhicules aériens sans pilote	36
5. Les défis liés à l'utilisation	47
6. Conclusion	63
Bibliographie	66

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1.1 — Capacités JUSTAS

44

SOMMAIRE

La région de l'Arctique prédomine souvent dans les débats concernant la souveraineté du Canada. En effet, cette région est de plus en plus accessible à l'activité humaine à la suite du réchauffement de la planète. Si cette tendance persiste, et la plupart des indications le suggèrent, l'Arctique va devenir l'une des routes commerciales essentielles pour le transport maritime commercial. Cependant, l'Arctique canadien est un endroit isolé, désertique et très austère, le gouvernement canadien fait souvent appel aux Forces canadiennes afin d'établir une présence dans le Nord et ainsi assurer la sécurité et la souveraineté du Canada. Pour aider les Forces canadiennes dans cette tâche, le Gouvernement du Canada planifie faire l'acquisition de véhicules aériens sans pilote. Est-ce que ces aéronefs peuvent vraiment participer à assurer la souveraineté du Canada? De plus, est-ce qu'il est possible pour les véhicules aériens sans pilote, en comparaison avec les aéronefs utilisés actuellement par les Forces canadiennes, d'assurer efficacement la souveraineté dans l'Arctique?

Puisqu'on entend souvent les termes « drones », « avion téléguidé », « avion sans pilote » lorsqu'on parle des véhicules aériens sans pilote la première partie de ce travail de recherche présentera l'historique des différents termes utilisés depuis l'apparition de ces types d'aéronefs. De plus, toujours dans cette même section, ce travail de recherche présentera l'histoire du développement des véhicules aériens qui, contrairement à ce que certains auteurs affirment, débuta dès les années 1843. Les véhicules aériens sans pilote ont continué leurs évolutions pour devenir extrêmement populaires de nos jours.

La région de l'Arctique est aussi devenue très populaire durant les dernières années. La deuxième partie de ce travail de recherche démontrera que la souveraineté du Canada d'un point de vue juridique et historique n'est pas menacée. Il y a effectivement quelques différends avec le Danemark et les États-Unis, mais il n'en reste pas moins que la souveraineté du Canada n'est pas menacée. Ceci étant dit, il en est tout à fait différent pour ce qui a trait à la sécurité de l'Arctique. En effet, puisque la région de l'Arctique devient de plus en plus accessible aux trafics maritimes commerciaux, cela aura un impact majeur sur la sécurité de l'Arctique.

La troisième partie de ce travail de recherche s'attardera sur la possibilité d'utiliser des véhicules aériens sans pilote dans l'environnement unique, austère et inhospitalier qu'est l'Arctique. Cette partie proposera l'importance de la persistance, le rayon d'action, le temps de réponse, la couverture, la fiabilité, ainsi que les effets de la météo sur l'utilisation des véhicules aériens sans pilote pour les opérations dans l'Arctique. De plus cette partie démontrera, en comparaison avec le « CP-140 Aurora », que seulement certains véhicules aériens sans pilote sont capables de répondre aux besoins afin d'accomplir efficacement des missions dans l'Arctique canadien.

INTRODUCTION

La région de l'Arctique prédomine souvent dans les débats regardant la souveraineté du Canada.¹ Avec les changements climatiques qui ont des effets discernables dans l'Arctique, dont l'ouverture du passage du nord-ouest dans un futur rapproché, cela a effectivement pour effet de remettre le sujet au premier plan.

L'Arctique canadien est un endroit isolé, désertique et très austère, le gouvernement canadien fait souvent appel aux Forces canadiennes afin d'établir une présence dans le Nord et ainsi assurer la sécurité et la souveraineté du Canada. Le gouvernement canadien reconnaît aussi l'importance du Nord pour le Canada et planifie même d'augmenter les ressources militaires afin que les Forces canadiennes puissent augmenter leurs présences dans l'Arctique. Par exemple, l'une des ressources que le gouvernement planifie d'acquérir afin d'augmenter cette présence est l'achat de navires de patrouilles arctiques d'ici les vingt prochaines années.² Cependant, le Nord canadien est extrêmement vaste et les accès par les voies maritimes sont limités. Les forces canadiennes se doivent de faire appel aux aéronefs CP-140 Aurora par exemple pour permettre une surveillance du Nord plus efficacement. Une autre des ressources que le Gouvernement du Canada planifie faire l'acquisition est le véhicule aérien sans pilote.³ Les Canadiens assument que ces véhicules aériens sans pilote seront capables d'effectuer des patrouilles dans l'Arctique, et ainsi donc augmenter la sécurité des approches au continent nord-américain et afin d'assurer la souveraineté du Canada.

¹ Matthew Carnaghan et Allison Goody, « La souveraineté du Canada dans l'Arctique », *Bibliothèque du Parlement*, PRB 05-61F, 26 janvier 2006, p. 1.

² Département de la Défense Nationale, *Stratégie de défense: Le Canada d'abord* (Ottawa: Groupe communication Canada, 2008), p. xx.

³ Véhicule aérien sans pilot version française de : Unmanned Aerial Vehicle (UAV).

Il y a plusieurs questions que le gouvernement du Canada se doit de se poser avant de savoir si les véhicules aériens sans pilote pourront répondre aux attentes du gouvernement. Est-ce que ces aéronefs peuvent vraiment participer à assurer la souveraineté du Canada? La question la plus importante que le Canada se doit de se poser est la suivante : est-ce qu'il est possible pour les véhicules aériens sans pilote, en comparaison avec les aéronefs utilisés actuellement par les Forces canadiennes, d'assurer efficacement la souveraineté dans l'Arctique? Ce mémoire de recherche se basera sur les documents officiels du gouvernement et d'autres documents de recherche universitaire afin de démontrer que les véhicules aériens peuvent effectivement assurer la sécurité de l'Arctique, mais aussi que les avions de patrouille maritime « CP-140 Aurora » jouent déjà un rôle suffisant dans ce domaine. De plus, ce travail se basera sur les caractéristiques de véhicule aérien sans pilotes fournis par les différentes industries ainsi que les références reconnues de défense discutant de ce type de véhicule. Les véhicules aériens sans pilote que ce travail analysera, afin d'identifier si ceux-ci peuvent effectivement être employés afin d'assurer la souveraineté du Canada, seront basés sur les caractéristiques que l'on retrouve dans le projet du système interarmées d'acquisition d'objectifs au moyen de véhicules aériens téléguider de surveillance (JUSTAS). Ce travail assumera aussi que les aéronefs présentement utilisés dans l'inventaire des Forces canadiennes seront toujours en utilisation lors de l'entrée en fonction des véhicules aériens sans pilote que le projet JUSTAS aura identifié.

La première partie de ce mémoire de recherche présentera l'historique de l'évolution des véhicules aériens sans pilote ainsi qu'une brève explication des différents types de véhicule aérien sans pilote actuellement utilisés à travers le monde. La deuxième

partie de ce travail identifiera pourquoi il est important d'effectuer des opérations dans l'Arctique et ainsi démontrer clairement qu'il y a un besoin pour l'utilisation d'aéronefs de surveillance telle que les véhicules aériens sans pilote ou les « CP-140 Aurora », et ce malgré le fait que la souveraineté du Canada dans l'Arctique n'est pas menacée. La troisième partie elle discutera des défis liés à l'opération de véhicule aérien sans pilote dans l'Arctique afin d'établir s'il est réaliste d'assumer que ces véhicules pourront effectivement participer à la sécurité du Canada et la souveraineté du pays. De plus, toujours dans cette dernière partie les véhicules aériens sans pilote seront comparés aux avions de patrouilles maritimes « CP-140 Aurora », qui sont déjà utilisés pour la surveillance du Nord canadien, afin de conclure qu'elle est la solution la plus logique afin de participer à la sécurité du Nord canadien et ainsi assurer la souveraineté du Canada.

L'HISTOIRE

L'Histoire de la terminologie

Avant de regarder l'histoire du développement des véhicules aériens sans pilote, il faut tout d'abord s'attarder sur les différentes terminologies utilisées pour décrire ces types véhicules. Il existe plusieurs termes pour définir les véhicules aériens sans pilote et il ne semble pas y avoir un standard quant à leurs utilisations. Par exemple, l'un des termes les plus souvent utilisés, afin de décrire les véhicules aériens sans pilote, est le terme « drone ». Ce terme fut utilisé initialement afin de décrire les véhicules aériens sans pilote au tout début de leurs apparitions. Le terme « drone » vient du mot anglais

signifiant faux-bourdon en français.⁴ Ceci réfère au bruit continu et de mêmes fréquences qu'émet le moteur des drones en vols et qui s'apparentent énormément à celui des faux bourdons. Le terme « avion sans pilote » lui, fut son apparition en France en 1918 afin de décrire un avion réel, dirigé par ondes radio et « stabilisé par des gyroscopes ».⁵ Un autre terme, celui d'« engin cible » fit son apparition dans les années trente jusque dans les années soixante, afin de définir les drones employés comme cible par les forces militaires, plus particulièrement l'artillerie antiaérienne. Le développement de ces engins cibles continua et le potentiel de l'utilisation de ces drones pour l'observation des champs de bataille fut reconnu. Cependant, à l'époque les systèmes de guidage étaient trop sensibles au brouillage et il fallut donc attendre jusqu'à ce que « le progrès de l'informatique influence de manière décisive l'évolution des procédés de communication et de manière analogue les drones ».⁶ Ce fut après cette évolution informatique que les « engins cibles » furent reconfigurés afin de permettre la surveillance des champs de bataille. C'est alors que le terme « engin cible » évolua afin de devenir « véhicule piloté à distance ». Durant les années qui suivirent, le développement technologique a amené la miniaturisation des composantes et la taille des véhicules pilotés à distance fut grandement réduite.⁷

Il fallut attendre jusqu'en 1990 afin de voir apparaître le terme « véhicule aérien sans pilote ». Les premiers véhicules aériens sans pilote furent utilisés initialement durant

⁴ Océane Zubeldia, *Histoire des drones : De 1914 à nos jours*, (France : Perrin, 2012), p. 22.

⁵ *Ibid.*

⁶ *Ibid.*

⁷ *Ibid.*, p. 23.

la guerre du Vietnam et depuis ce temps, il est resté depuis ce temps.⁸ Bien que le terme « véhicule aérien sans pilote » soit toujours le plus reconnu de nos jours, d'autres termes ont aussi fait leurs apparitions après les années 1990. Au début du 2000, le développement technologique de navigation global par positionnement par satellite (Global Positioning System), la transmission de données par satellite ainsi que l'imagerie électro-optique et radar, ont permis la numérisation du champ de bataille. L'utilisation de ces nouvelles technologies, en plus des transmissions de donnée à très haut débit, additionnée à l'utilisation des satellites afin de contrôler ces véhicules aériens sans pilote, a contribué à la reconnaissance de ce type de véhicule en tant que systèmes. Malgré que le terme « véhicule aérien sans pilote » soit le plus couramment utilisé par population en général, le terme « système aérien sans pilote » est de plus en plus utilisé par les communautés internationales spécialisées dans l'utilisation de ce type de véhicule.⁹

Il y a eu plusieurs autres débats concernant le terme « véhicule aérien sans pilote ». Les Américains ont eu à débattre pendant un certain temps entre le terme « véhicule aérien sans pilote » et le terme « véhicule aérien inhabité ». Le débat se basait sur le fait que le terme « véhicule aérien sans pilote » était erroné. Il y a effectivement un pilote au contrôle de ce type de véhicule. Le pilote n'est pas à bord de l'appareil et donc, la version « véhicule aérien inhabité » fut proposée. Malgré tout, le terme « véhicule aérien sans pilote » fut quand même le terme choisi étant donné que la version anglaise du terme « sans pilote – unmanned » fait quand même référence au mot homme (sans pilote). Malgré le fait qu'il n'y a pas de pilote à bord, il n'en reste pas moins que le système est

⁸ Laurence R. Newcome, *Unmanned Aviation: A Brief History of Unmanned Aerial Vehicles* (Reston: American Institute of Aeronautics and Astronautics, Inc., 2004), p. 1.

⁹ Océane Zubeldia, *Histoire des drones : De 1914 à nos jours*, (France : Perrin, 2012), p. 23-24.

effectivement contrôlé majoritairement par l'homme. Un autre terme que l'on entend souvent fait référence aux avions ou aéronefs téléguidés. Quoique ces véhicules sont quand même considérés comme un véhicule aérien sans pilote, le terme « avion téléguidé » fait référence plus précisément à de petits appareils, souvent classifié comme des jouets.¹⁰ Le terme véhicules aérien sans pilote sera le terme utilisé pour ce travail de recherche.

L'histoire des véhicules aériens sans pilote

Il est facile d'imaginer que le développement des véhicules aérien sans pilote aurait eu lieu dans le milieu du vingtième siècle. Cependant, plusieurs seront sûrement surpris d'apprendre que le développement des véhicules aérien sans pilote a fait leurs apparitions bien avant. Sans s'attarder sur les cerfs-volants utilisés par les Chinois au deuxième siècle avant Jésus Christ, ou les dirigeables à air chaud développés par les frères Montgolfier à la fin du dix-huitième siècle, il n'en reste pas moins que ceux-ci sont les racines du véhicule aérien sans pilote.^{11 12} En regardant l'époque ou le développement et l'apparition des aéronefs a eu lieu, on remarque que contrairement à ce qu'affirme Océane Zubeldia dans son livre *Histoire des drones*, le premier vol d'aéronef sans pilote a eu lieu à Chard, dans le sud de l'Angleterre en 1848 et fut réalisée par John Stringfellow.¹³ Stringfellow est né dans Sheffield, en Angleterre, et est reconnu pour son travail sur le véhicule aérien motorisé à l'aide d'un engin à vapeur, qu'il a effectué avec

¹⁰ *Ibid.*, p. 24.

¹¹ Clive Hart, *Kites: an Historical Survey* (Mount Vernon: Paul.P. Appel Pub, 1984),p. 25.

¹² Encyclopédie Larousse, « Les frères de Montgolfier », consulté le 2 février 2013, <http://www.larousse.fr/encyclopedie/groupe-personnage/Montgolfier/133850>.

¹³ Laurence R. Newcome, *Unmanned Aviation: A Brief History of Unmanned Aerial Vehicles* (Reston: American Institute of Aeronautics and Astronautics, Inc., 2004), p. 43.

l'aide de Guillaume Samuel Henson. Henson est celui qui conçut les plans pour la construction d'un véhicule aérien motorisé en 1843, mais ce fut Stringfellow qui le construisit, et qui en fut les essais dès 1843. Après plusieurs tentatives ratées, Stringfellow réussit, en 1848, à faire voler le véhicule aérien sans pilote, mesurant environ deux mètres de long par trois mètres d'envergure, propulsé à l'aide d'un engin à vapeur, et guidé par une ficelle pour en assurer le contrôle, sur une distance approximative d'environ vingt-quatre mètres.¹⁴ Malgré qu'il aurait été impossible d'exécuter ce vol avec une personne à bord de ce prototype et que la seule façon de diriger le véhicule se devait d'être à l'aide de ficelles, il n'en reste pas moins qu'il est possible d'affirmer que le premier vol d'aéronefs sans pilote a eu lieu aussi tôt que 1848. En rétrospective, il est aussi possible de conclure que le développement des véhicules aériens sans pilot s'est produit en même temps que celle de l'avion avec équipage. En effet, les pionniers de l'aviation, avant de tester en vol un aéronef avec un équipage à bord, faisaient des tests avec leurs aéronefs inhabités. Durant cette même période, il y a eu plusieurs autres cas de vols d'aéronef sans pilote tout au long du développement des aéronefs avec pilote et à l'époque tous étaient contrôlés à l'aide de ficelle à partir du sol.

Il fallut attendre jusqu'au deux mai 1857 avant de voir un prototype se rapprochant vraiment à ce que nous considérons un véritable véhicule aérien sans pilote. Grâce aux travaux de Felix Du Temple de la Croix, inventeur, officier de la marine française et pionnier de l'aéronautique française, il fut le premier à développer un modèle

¹⁴ Thomas C. Parramore, *First to Fly: North Carolina and the Beginnings of Aviation*, (North Carolina, The University of North Carolina Press, 2002), p. 46.

réduit d'avion motorisé qui s'éleva et atterrit par ses propres moyens.¹⁵ Ce modèle développé par Du Temple avait même un train d'atterrissage escamotable. Les avions avec train d'atterrissage escamotable ne sont devenus que populaires dans le milieu des années 1930 entre les deux grandes guerres.

Il est impossible de parler du développement des véhicules aérien sans pilote sans aborder le sujet du contrôle par ondes radios. Les véhicules aériens sans pilote que l'on retrouve de nos jours sont dirigés à l'aide de cerveaux moteurs contrôlés à distance par des ondes-radios. Le développement de cette technologie fut donc crucial pour l'évolution des véhicules aériens sans pilote. Il faut attendre un peu plus de quatre ans afin de voir ce développement technologique introduit dans les véhicules aérien pilote. C'est au Madison Square Garden, en 1898, que la première démonstration publique de la mise en pratique du contrôle par ondes radio eut lieu.¹⁶ Nikola Tesla contrôla un petit bateau en acier de quatre pieds à batterie, téléguidé à distance par ondes radios. Les commandes étaient rudimentaires. Le petit navire pouvait avancer, arrêter, tourné à gauche ou à droite en plus de pouvoir faire clignoter ces lumières.¹⁷ Ce développement technologique permit un avancement plus rapide du développement des véhicules aériens sans pilote.

L'évolution du contrôle par onde radio continua et il fallut attendre jusqu'au début de la première Grande Guerre afin de voir une autre croissance majeure affectant le développement des véhicules aérien sans pilot. Comme le développement de guidage par

¹⁵ Océane Zubeldia, *Histoire des drones : De 1914 à nos jours*, (France : Perrin, 2012), p. 29.

¹⁶ Albert B. Southwick, « Little-Known Inventor, Nikola Tesla, Gets His due », *Telegram & Gazette*, 25 avril 2004.

¹⁷ Laurence R. Newcome, *Unmanned Aviation: A Brief History of Unmanned Aerial Vehicles* (Reston: American Institute of Aeronautics and Astronautics, Inc., 2004), p. 13.

ondes radio, le développement du gyroscope fut toute aussi essentiel. C'est en 1890 que G.M. Hopinks invente le premier gyroscope électrique.¹⁸ Cependant, ce fut Elmer A. Sperry qui prit le gyroscope, une nouveauté du dix-neuvième siècle, et qui le transformât en une innovation révolutionnaire et qui devint le fondement de la navigation du vingtième siècle.¹⁹ Sperry réalisa qu'en incorporant l'électricité au gyroscope, il pourrait obtenir un système de référence fiable. En 1909, il combina les éléments électriques et mécaniques et créa le gyrocompas ainsi qu'un système de stabilisation pour les navires et aéronefs.²⁰ Avec la création de la stabilisation par gyroscope, Sperry a donné la possibilité aux pilotes de déterminer une ligne d'horizon artificiel afin d'augmenter la sécurité en vols en situation de désorientation. Après avoir approché l'Armée et la Marine américaines, l'avion Curtis équipé avec les instruments de stabilisation gyroscopique n'a pas été retenu puisqu'on croyait que ce système n'était pas plus sécuritaire que d'avoir des pilotes expérimentés.²¹

C'est en 1915 que les concepteurs ont reconnu le potentiel militaire des véhicules aériens sans pilote dans la conduite de la guerre.²² Le travail de Sperry sur les systèmes de stabilisation fut réorienté vers les systèmes d'armement. Avec l'aide de Glenn Hammond Curtiss, Sperry travaillait sur le développement d'une « torpille aérienne ». Le concept

¹⁸ Lisa Maliniak, « Elmer A. Sperry: One Part Inventor, One Part Entrepreneur », *Electronic Design* 53, No. 23, 20 octobre 2005, p. 94.

¹⁹ Charles Jarnot. « History », *Introduction to Unmanned Aircraft Systems*, sous la direction de Richard K. Barnhart, Stephen B. Hottman, Douglas M. Marshall, et Eric Shappee (Boca Raton: CRC Press, 2012), p. 3.

²⁰ Lisa Maliniak, « Elmer A. Sperry: One Part Inventor, One Part Entrepreneur », *Electronic Design* 53, No. 23, 20 octobre 2005, p. 94.

²¹ Laurence R. Newcome, *Unmanned Aviation: A Brief History of Unmanned Aerial Vehicles* (Reston: American Institute of Aeronautics and Astronautics, Inc., 2004), p. 16.

²² Charles Jarnot. « History », *Introduction to Unmanned Aircraft Systems*, sous la direction de Richard K. Barnhart, Stephen B. Hottman, Douglas M. Marshall, et Eric Shappee (Boca Raton: CRC Press, 2012), p. 3.

derrière le projet de « torpilles aériennes » était d'utiliser un véhicule aérien sans pilote, stabilisé par gyroscopes et équipé de bombes à l'arguer ou tout simplement bourré d'explosifs. Le but était de contrôler à distance la « torpille aérienne » à partir d'un autre aéronef avec des membres d'équipage en vol.²³ Le 6 mars 1918, la « torpille aérienne » fait le premier vol réussi sans pilote à Long Island, New York.²⁴ La torpille a été lancée en l'air par une catapulte et a volé plus d'un kilomètre avant de plonger dans la mer à la distance préprogrammée.²⁵

Durant la même période, un autre brillant ingénieur, Charles Kettering, travaillait sur un concept de « torpille aérienne » semblable à ce que faisait Sperry surnommé le « Bug ».²⁶ Avec la fin de la première Grande Guerre mondiale et la rareté du financement, les expérimentations sur les « torpilles aériennes » sont arrêtées. Il fallut attendre quelques années plus tard, soit en 1922, pour voir la production du « Bug » recommencer. Ce petit appareil d'envergure approximative de douze pieds de long par quinze pieds d'empennages, était fabriqué majoritairement de bois et été propulsé par un petit moteur de quarante chevaux-vapeur.²⁷ La chose la plus intéressante du « Bug » fut le fait que les systèmes de contrôle de vol utilisaient une combinaison de système pneumatique, électrique ainsi qu'à engrenages. Le système de contrôle d'altitude, lui, utilisait un système barométrique anéroïde, permettant ainsi de présélectionner une

²³ Laurence R. Newcome, *Unmanned Aviation: A Brief History of Unmanned Aerial Vehicles* (Reston: American Institute of Aeronautics and Astronautics, Inc., 2004), p. 18.

²⁴ William D. Siuru, *Planes without Pilots: Advances in Unmanned Flight* (Blue Ridge Summit: Diane Publishing Compagny, 1991), p. 7.

²⁵ Laurence R. Newcome, *Unmanned Aviation: A Brief History of Unmanned Aerial Vehicles* (Reston: American Institute of Aeronautics and Astronautics, Inc., 2004), p. 20.

²⁶ William D. Siuru, *Planes without Pilots: Advances in Unmanned Flight* (Blue Ridge Summit: Diane Publishing Compagny, 1991), p. 7.

²⁷ *Ibid.*, p. 8.

altitude à laquelle l'aéronef se mettait à niveau. Le baromètre anéroïde faisait en sorte que l'appareil volait à la même altitude et le système de stabilisation gyroscopique permettait de garder le même cap. La distance était calculée à l'aide d'un anémomètre monté sur l'aile de l'appareil connecté à un compteur à rebours.²⁸ Lorsque le compteur à rebours arriva à zéro, le mécanisme coupait le système d'allumage du moteur. Puisque le moteur arrêtait de fonctionner, l'aéronef se mettait à planer et à descendre jusqu'à la surface afin d'atteindre la cible qu'il était programmé à attaquer. Il est possible d'argumenter que ce fut la naissance de la première munition téléguidée. De plus, il est aussi possible d'argumenter qu'en connectant les mécanismes de stabilisation gyroscopique de commandes de vol d'un avion, ils ont essentiellement inventé ce que nous connaissons maintenant comme étant le pilote automatique moderne.²⁹

En dépit de la réduction dans les domaines de la recherche et du développement entre les deux Grandes Guerres, la croissance et l'expansion du contrôle par l'entremise d'ondes radio continuent de faire du progrès. Ce développement est parrainé par le service aérien de l'armée américaine afin de créer une torpille aérienne dédiée au transport de message entre les différents quartiers généraux. Les véhicules aériens ont été équipés de receveurs d'ondes radio afin de contrôler les systèmes de stabilisation et de navigation rudimentaire à distance. Ainsi, le développement de la torpille aérienne continue de se faire et puisqu'elle peut être contrôlée sans avoir à couper le système d'allumage du moteur pour la faire descendre par exemple, ceci la rend beaucoup plus précise et fiable. Dès 1924, on reconnaît les nombreuses possibilités des innovations technologiques

²⁸ Laurence R. Newcome, *Unmanned Aviation: A Brief History of Unmanned Aerial Vehicles* (Reston: American Institute of Aeronautics and Astronautics, Inc., 2004), p. 24.

²⁹ Kenneth Munson, *World of Unmanned Aircraft* (New York: Jane's Publishing Inc., 1988), p. 7.

reliées à la croissance que cette torpille peut avoir et que cela la classera comme une machine de guerre redoutable. Cependant, en 1926, l'armée américaine perd de l'intérêt envers le projet et des suites de compression budgétaire, le projet est annulé.³⁰

Durant cette même période, le chef des opérations naval recommande un projet de développement d'un véhicule aérien sans pilote, que le Secrétaire de la Marine américaine approuve en janvier 1920. Cela se fait en isolation de l'Armée américaine, qui eux continue leurs développements des systèmes de contrôle par ondes radio. Le prototype, basé sur un aéronef Curtiss qui fut développé par Sperry quelques années auparavant, est utilisé afin de démontrer avec succès l'application du contrôle d'aéronef sans pilote à distance par ondes radio. Le test du 15 septembre 1924 fut concluant. L'aéronef vola pendant une période de quarante minutes et exécuta quarante-neuf des cinquante commandes avant de retourner et se poser avec succès. Douze jours auparavant en Angleterre, les Britanniques ont parallèlement testé avec succès leur propre aéronef sans pilote. Comme l'Armée américaine, l'intérêt et le financement de la Marine américains eurent pour effet d'arrêter le développement des véhicules aériens sans pilote.³¹ Il est possible de conclure que ce fut en 1924 que les véhicules aériens sans pilote moderne ont vu le jour.

En effet, ce n'est qu'à partir de 1924 que les véhicules aériens sans pilotes possèdent les composantes que l'on retrouve toujours dans les véhicules aériens sans pilotes d'aujourd'hui. En effet, c'est à partir de 1924 que les aéronefs sont autonomes,

³⁰ Laurence R. Newcome, *Unmanned Aviation: A Brief History of Unmanned Aerial Vehicles* (Reston: American Institute of Aeronautics and Astronautics, Inc., 2004), p. 35-36.

³¹ *Ibid.*, p. 37-38.

qu'ils possèdent un système de stabilisation, qu'ils possèdent aussi un système de navigation (pas très précis et très limité), qu'ils sont contrôlables par ondes radio, et ils sont capables de transporter une charge utile. De plus, lorsqu'on regarde le développement des véhicules aériens sans pilote après les années 1924, il est possible d'argumenter qu'il n'y a pas eu de révolution dans le monde des véhicules aériens sans pilotes. Les systèmes abords des aéronefs sont devenus plus précis, plus petits et plus légers, plus performants, permettant ainsi d'incorporer une plus grande charge utile. Seuls les rôles dans lesquels sont utilisés les véhicules aériens sans pilote ont changé. En effet, dès le milieu des années 1930, soit presque dix ans après la mise au rancart des véhicules aériens sans pilote par la Marine américaine, ces derniers se rendent compte que ce type de véhicule serait idéal comme cible pour les exercices de tir antiaérien. À leur tour, l'Armée américaine emboîte le pas et utilise le même concept pour entraîner ces troupes. Ce type d'entraînement sera encore plus important et plus utilisé avant et durant la Deuxième Guerre mondiale. En effet, plus de quinze mille véhicules aériens sans pilote ont été utilisés pour l'entraînement des batteries antiaériennes américaines.³²

Toujours durant la Deuxième Guerre mondiale, les Allemands, en plus de développer les fusées « V1 », ont grandement travaillé eux aussi sur le développement de véhicule aérien sans pilote. L'un de ces développements a eu pour effet la création d'un « planeur bombe » dirigé par ondes radio appelé « Fritz-X ». Les fusées « V1 » à l'époque n'étaient pas très précises donc les Allemands ont développé un véhicule aérien sans pilote dans le but de corriger ce problème. L'aviation allemande a commencé à

³² *Ibid.*, p. 46, 48.

utiliser le « Fritz-X » en 1943 dans la région de la mer méditerranée. Il était installé sous les bombardiers allemands « Domier » et puis il était largué lorsqu'il était à une distance suffisante pour qu'il puisse atteindre sa cible. Après le largage, le « Fritz-X » était contrôlé par ondes radio à partir du bombardier « Domier » et dirigé vers la cible choisie. Le bombardier « Domier », avec son équipage, pouvait donc rester en sécurité, hors de portée de la défense aérienne adverse. Les forces alliées ont tout de suite reconnu la menace potentielle que ce nouveau système d'armement posait et prirent des mesures pour contrer cette nouvelle menace. Pour se défendre, les alliés ont utilisé le brouillage électromagnétique du signal de commande par ondes radios. Ce fut la première fois qu'une vulnérabilité des véhicules aériens sans pilote fut exposée.³³ Les appareils deviennent de plus en plus populaires, mais ils restent pratiquement inchangés. L'apparition de nouvelles charges utiles donne de plus de capacités aux véhicules aériens sans pilote.

Par exemple, dans les débuts de la Deuxième Guerre mondiale la « Radio Corporations of America » développe un système de caméra de télévision avec un transmetteur pesant seulement soixante-dix livres et pouvant ainsi être équipée à bord de véhicule aérien sans pilote américain. Les vols d'essais entre les mois de février et juin 1941 ont démontré que les véhicules aériens sans pilote équipé avec ce système de caméra pouvaient envoyer par ondes radio une image, exploitable, sur une distance approximative de trente mille. De plus, les tests ont aussi démontré que les véhicules aériens sans pilote pouvaient toucher leurs cibles à l'aide de bombes ou de torpilles,

³³ Louis Gerken, *UAV – Unmanned Aerial Vehicles* (Chula Vista: American Scientific Corp., 1991), p. 6.

quatre-vingt-quatorze pour cent du temps.³⁴ Le système de caméra ne fut pas la seule charge utile à être installé sur les véhicules aériens sans pilote à l'époque.

Un autre exemple de charges utiles qui a été monté à bord de véhicule aérien sans pilote fut le radar. Toujours lors de la Deuxième Guerre mondiale, le développement du guidage par radar a pu permettre aux véhicules aériens sans pilotes de se diriger avec précision de nuit ou lorsque les conditions météorologiques ne permettaient pas le vol à vue. Par exemple, le développement de la technologie du radar à bord des véhicules aériens sans pilote a permis leurs utilisations lors de l'attaque de l'île de Ballale durant la campagne du Pacifique. Les bombardiers sans pilote, armés d'obus de cent et cinquante livres, ont largué leurs bombes sur les positions japonaises où se trouvaient les canons de défense côtière. Les bombardiers, après avoir largué leurs ordonnances, ont ensuite continué leurs attaques en plongeant directement sur les navires-cargo ennemis. Cyniquement, les attaques kamikazes japonaises contre les navires américains ont commencé à peine une semaine après.³⁵

Malgré que lors de la Deuxième Guerre mondiale les véhicules aériens sans pilote n'ont pas joué un rôle majeur, il n'en reste pas moins que leurs potentielles lui ont été reconnues. Même si le financement après la guerre se faisait rare, le développement des véhicules aériens sans pilote continua lentement. De ce fait, on leur donne plusieurs nouveaux rôles plus spécialisés. L'un des exemples les plus surprenants de l'utilisation de véhicules aériens sans pilote dans un nouveau rôle fut remarqué dès 1946-1947 durant

³⁴ Laurence R. Newcome, *Unmanned Aviation: A Brief History of Unmanned Aerial Vehicles* (Reston: American Institute of Aeronautics and Astronautics, Inc., 2004), p. 66

³⁵ *Ibid.*

l'opération « Crossroads ». Des suites de la Deuxième Guerre mondiale, les Forces militaires américaines possèdent un grand surplus d'aéronefs conventionnels. Plusieurs de ceux-ci, dont les bombardiers « B-29 Stratoforteresse » ont donc été convertis en véhicule aérien sans pilote et utilisé afin de recueillir des échantillons d'air lors des essais atomiques américains.³⁶ Les véhicules aériens sans pilote sont toujours utilisés de nos jours pour exécuter ce genre de travail. Par exemple, lors du tsunami qui frappa le Japon en mars 2011, le réacteur nucléaire de Fukushima fut grandement endommagé. La Force aérienne américaine a envoyé un véhicule aérien sans pilote de type « Global Hawk » afin de survoler le réacteur endommagé.³⁷ De plus, « Honeywell Aerospace » a aussi entraîné et fourni des véhicules aériens sans pilote « T-Hawk » qui ont été utilisés afin de filmer et prendre des photos du réacteur. Certains « T-Hawk » ont même été équipés avec des détecteurs afin de capter les niveaux de radiations.³⁸

Un autre rôle que les véhicules aériens sans pilote se sont vus attitrer fut durant la guerre du Vietnam dans les années 1960. Durant cette guerre, les Nord-Vietnamiens utilisaient un nombre imposant de systèmes de missile surface-air construit par l'Union Soviétique. La menace de ces missiles était basée sur la détection radar des avions américains. Ceux-ci ont donc tenté de brouiller ces radars, mais initialement ce fut sans succès. Les systèmes de radars au sol étaient trop puissants pour être brouillé à partir des airs. L'une des solutions les plus efficaces pour contrer ces systèmes de défense est de

³⁶ Hugh McDaid et David Oliver, *Robot Warriors: The Top Secrets of the Pilotless Plane* (London: Orion Media, 1997), p. 24.

³⁷ Evan Ackerman, « Japan Earthquake: Global Hawk UAV May Be Able to Peek Inside Damaged Reactors » *Spectrum IEEE*, 17 mar 2011.

³⁸ Honeywell Aerospace. « Honeywell T-Hawks Aids Fukushima Daiichi Disaster Recovery », accédé le 20 février 2013, <http://aerospace.honeywell.com/markets/defense/unmanned-systems/2011/04-April/honeywell-t-hawk-aids-fukushima-daiichi-disaster-recovery>.

leur faire accroire qu'ils ont verrouillé leurs cibles sur de vrais aéronefs et de les laisser faire feu et ainsi épuiser leurs munitions. Les véhicules aériens sans pilote américain « ADM-20 Quail » ont donc été équipés de réflecteurs radars pour leur donner un faux profil de bombardier « B-52 Stratofortress ». En plus de voler dans les mêmes paramètres qu'un bombardier « B-52 Stratofortress », ceci a eu pour effet de truquer la défense aérienne ennemie.³⁹ Les guerres servent généralement comme endroit propice aux développements de nouvelles armes et de nouvelles tactiques, et la guerre du Vietnam furent certainement un endroit qui a servi au développement des véhicules aériens sans pilote.⁴⁰

Le début des années 1961 voit apparaître le premier aéronef sans pilote basé sur le modèle d'un hélicoptère à une place. Le « QH-50 DASH » fut développé par la marine américaine et avait comme rôle initial de se déployer avec des torpilles à partir des navires de guerre afin de localiser, poursuivre et attaquer les sous-marins ennemis opérants dans les alentours. Le véhicule aérien sans pilote était aussi utilisé pour la surveillance, pour les attaques, le transport de matériel, le déploiement d'écrans de fumée et même pour la recherche et le sauvetage.⁴¹ Le projet fut annulé quelques années plus tard puisque les hélicoptères avec membres d'équipage étaient plus polyvalents et plus précis dans leurs missions anti-sous-marines.

³⁹ Charles Jarnot. « History », *Introduction to Unmanned Aircraft Systems*, sous la direction de Richard K. Barnhart, Stephen B. Hottman, Douglas M. Marshall, et Eric Shappee (Boca Raton: CRC Press, 2012), p. 10.

⁴⁰ Laurence R. Newcome, *Unmanned Aviation: A Brief History of Unmanned Aerial Vehicles* (Reston: American Institute of Aeronautics and Astronautics, Inc., 2004), p. 91

⁴¹ *Ibid.*, p. 87

Durant la même période, la Force aérienne américaine développa à grande échelle le premier véhicule aérien sans pilote à long rayon d'action opérant à haute vitesse dont le rôle principal était la reconnaissance.⁴² Toujours durant la guerre du Vietnam, les véhicules aériens sans pilote sont devenus de plus en plus populaires pour effectuer les missions de reconnaissance et d'imagerie. Le « AQM-34 Lightning Bug », en plus d'être utilisé comme leurre, a effectué plus de trois mille trente-cinq missions de reconnaissance, de guerre électronique et de distribution de prospectus.⁴³ Le « Lightning Bug » était propulsé par un moteur à turboréacteur et pouvait atteindre une altitude au-delà des cinquante mille pieds en plus de voler à des vitesses supérieures à mille cent dix kilomètres à l'heure, soit plus vite que la vitesse du son.⁴⁴ Le rôle de reconnaissance pour les véhicules aériens sans pilote a pris de l'importance après l'incident du premier mai 1960 lorsque Francis Gary Power, en mission de reconnaissance au-dessus de l'Union Soviétique, fut abattu à bord de son avion de reconnaissance « U2 ». ⁴⁵ Power a été détenu pendant plusieurs mois par les Soviétiques et a été libéré après de nombreuses négociations. Cet incident a mis dans un grand embarras le gouvernement américain, et du fait même, à démontrer la vulnérabilité des avions de reconnaissance avec membre d'équipage à bord⁴⁶ ainsi que de l'impact politique qu'une situation semblable pouvait

⁴² Charles Jarnot. « History », *Introduction to Unmanned Aircraft Systems*, sous la direction de Richard K. Barnhart, Stephen B. Hottman, Douglas M. Marshall, et Eric Shappee (Boca Raton: CRC Press, 2012), p. 11.

⁴³ Laurence R. Newcome, *Unmanned Aviation: A Brief History of Unmanned Aerial Vehicles* (Reston: American Institute of Aeronautics and Astronautics, Inc., 2004), p. 83.

⁴⁴ Charles Jarnot. « History », *Introduction to Unmanned Aircraft Systems*, sous la direction de Richard K. Barnhart, Stephen B. Hottman, Douglas M. Marshall, et Eric Shappee (Boca Raton: CRC Press, 2012), p. 11.

⁴⁵ Laurence R. Newcome, *Unmanned Aviation: A Brief History of Unmanned Aerial Vehicles* (Reston: American Institute of Aeronautics and Astronautics, Inc., 2004), p. 84.

⁴⁶ Wagner, William D. et William H. Sloan. *Fireflies and Other Unmanned Aerial Vehicles* (Leicester: Midland Publishing Limited, 1992), p. 38.

engendrer. Quelques années plus tard, un autre incident semblable a eu lieu lors de la crise des missiles de Cuba en 1962. En effet, le Major Rudolph Anderson s'est fait abattre à bord de son avion « U2 » en pleine mission de reconnaissance, ce qui a renforcé l'importance des véhicules aériens sans pilote pour ce genre de mission.⁴⁷

L'histoire de l'évolution des véhicules aériens sans pilote nous permet donc de prendre l'origine de ce type de véhicule. Les véhicules ont effectivement fait leurs apparitions lors du développement de l'avion. Le développement des véhicules aériens sans pilote était lié directement à l'évolution de l'avion. Il a fallu attendre plusieurs décennies avant de voir le développement des véhicules aériens sans pilote se faire de façon déconnectée du développement des aéronefs habités. Il est facile de comprendre pourquoi les véhicules aériens sans pilote sont si étroitement liés aux avions conventionnels. De plus, la majorité des véhicules aériens sans pilote se sont développés dans des pays où le climat était tempéré ou pour être utilisés dans des conditions météorologiques normales. Les véhicules aériens sans pilotes utilisés généralement à des fins militaires ne sont pas créés dans le but d'être utilisés dans des conditions climatiques extrêmes comme l'on retrouve dans l'Arctique canadien. Avant de regarder les problèmes relatifs à l'utilisation des véhicules aériens sans pilote pour faire des missions dans l'Arctique, il faut tout d'abord regarder s'il y a un besoin de ce type de véhicule pour protéger l'Arctique canadien.

⁴⁷ Laurence R. Newcome, *Unmanned Aviation: A Brief History of Unmanned Aerial Vehicles* (Reston: American Institute of Aeronautics and Astronautics, Inc., 2004), p. 83.

SOUVERAINETÉ VS SÉCURITÉ DE L'ARCTIQUE

Avant d'aborder le sujet de la souveraineté canadienne, il est important de comprendre clairement ce que l'on entend par « souveraineté ». La définition de « souveraineté » n'est pas très claire et semble parfois évasive. Elle englobe des considérations juridiques et historiques en ce qui a trait au contrôle, l'intégrité territoriale et la non-intervention par les états extérieurs. Selon Daniel Philpott, Professeur agrégé de science politique et études sur la paix de l'université de Notre Dame, « la souveraineté, c'est exercé légitimement le pouvoir suprême dans un territoire [...] Cela suppose à la fois la suprématie incontestée sur ses habitants et le droit de ne pas subir d'éventuelle intervention indésirable de la part d'autres États ». ⁴⁸ Bill Graham, l'ancien ministre de la Défense nationale, affirmait que la souveraineté consistait à assumer activement ses responsabilités dans une région. ⁴⁹ Il est donc possible d'affirmer que la souveraineté est liée directement au maintien de la sécurité régionale, nationale et même internationale.

La souveraineté du Canada comprend plusieurs facettes. L'une de ces facettes est la revendication territoriale du Canada. « Le Canada a des droits souverains, des pouvoirs et des privilèges exclusifs à l'égard des terres émergées de l'archipel Arctique ». ⁵⁰ Le Canada peut donc appliquer et faire respecter les lois sur le territoire sur son territoire arctique à toute personne y demeurant ou y entrant. Le Canada peut justifier ce droit en se basant sur deux principes juridiques. Le premier principe constitue à être le principe de

⁴⁸ Daniel Philpott, « Sovereignty : An introduction and Brief History », extrait de *Journal of International Affairs*, vol 48, N°2, hiver 1995, p. 375 [traduction]

⁴⁹ Graeme Smith, « Graham focuses on Arctic during visit to Russia », *The Globe and Mail*, 2 septembre 2005, p. A5

⁵⁰ Côté, François et Robert Dufresne. « L'Arctique : Les revendications juridiques du Canada », *Bibliothèque du Parlement*, InfoSérie PRB 08-05F, 24 octobre 2008, p. 1.

cession. Ce principe est basé sur le fait qu'en 1870, le Royaume-Uni a cédé la terre de Ruper et le Territoire du Nord-Ouest, donc l'archipel Arctique au Canada.⁵¹ Ceci est un fait historique incontestable puisqu'il est reconnu mondialement. Alors, il est possible de se demander pourquoi il est si important d'établir une présence dans l'Arctique puisque la souveraineté du Canada sur son territoire est reconnue mondialement. Le problème est un peu plus complexe.

Le deuxième principe juridique repose sur l'occupation effective du territoire. Il est vrai que le premier principe juridique est clairement défini, mais on ne saurait en dire autant sur le second. L'occupation effective du territoire de l'archipel Arctique est compliquée puisque la présence et les activités humaines dans cette région sont grandement « limitées par la rudesse et l'éloignement de la région ». ⁵² Cependant, la souveraineté du Canada est généralement reconnue et approuvée depuis très longtemps par plusieurs États ce qui rend la revendication incontestable sur le plan juridique. Il est vrai que la souveraineté canadienne sur son archipel Arctique n'est pas réfutée juridiquement et le fait d'argumenter qu'il n'y a pas assez d'habitants sur l'archipel pour honorer le principe de l'occupation ne ferait que nuire légèrement au Canada. La souveraineté du Canada « serait fragilisée uniquement s'il abandonnait carrément le territoire ou s'il tolérait la présence effective d'un autre État cherchant à établir sa souveraineté sur l'archipel ». ⁵³ Il est donc possible d'affirmer qu'il est extrêmement

⁵¹ Charles Emmerson, *The Future History of the Arctic* (New York: PublicAffairs, 2010), p.73-74.

⁵² François Côté et Robert Dufresne, « L'Arctique : Les revendications juridiques du Canada », *Bibliothèque du Parlement*, InfoSérie PRB 08-05F, 24 octobre 2008, p. 1.

⁵³ *Ibid.*

important pour le gouvernement canadien de continuer à exercer une présence dans l'Arctique afin de protéger sa souveraineté.

La souveraineté du Canada dans l'Arctique est bien définie, mais il y a deux États dans l'archipel Arctique canadien qui tente d'exercer leur propre souveraineté sur le territoire. En effet, il existe une partie de l'archipel Arctique qui est actuellement en litige. Le premier litige tourne autour de l'île de Hans, situé entre le Canada et le Danemark. Cette petite île, d'une dimension de 1,3 kilomètre carré, est située au milieu du passage Kennedy du détroit de Nares entre l'île d'Ellesmere appartenant au Canada et le Groenland, appartenant au Danemark. Les deux pays revendiquent la souveraineté sur cette île. Le Canada et le Danemark, en 1973, ont tous les deux signé une entente sur la délimitation de leurs plateaux continentaux respectifs et, à défaut de s'entendre en ce qui a trait à l'île de Hans, ils l'ont volontairement exclu de l'accord.⁵⁴ Malgré que les relations entre les deux pays soient très conviviales, il n'en reste pas moins qu'il s'agit d'une petite zone où le Canada n'a pu affirmer sa souveraineté.

Une autre région où il y a une divergence d'opinions est la frontière maritime dans la mer de Beaufort entre le Canada et les États-Unis. « Le Canada fonde sa revendication sur le traité de 1825 entre la Russie et la Grande-Bretagne qui établit la limite entre ce qui est maintenant l'Alaska et le Yukon le long du 141^e méridien ». ⁵⁵ Les Américains reconnaissent que le traité de 1825 est effectivement valide pour délimiter la frontière terrestre entre les deux pays, mais qu'elle ne s'applique pas pour la zone maritime. Il

⁵⁴ Matthew Carnaghan et Allison Goody. « La souveraineté du Canada dans l'Arctique », *Bibliothèque du Parlement*, PRB 085-61F, 26 janvier 2006, p. 5.

⁵⁵ *Ibid.*

existe deux méthodes, autres que la séparation basée sur le 141^e méridien, pour déterminer la ligne de séparation. La première méthode est la méthode de la ligne d'équidistance, une ligne médiane qui attribue, à chaque État, toutes les zones qui sont plus proches de sa propre côte que d'aucune autre. L'autre méthode, mise en avant par les États-Unis, consiste à l'utilisation d'une ligne perpendiculaire à la côte, au point où la frontière terrestre rencontre la mer.⁵⁶ Si la méthode perpendiculaire est utilisée, cela veut dire que le Canada perdrait une partie de son territoire maritime aux profits des États-Unis. Puisque cette zone est toujours en litige, il est important que le Canada continue à démontrer une présence afin de continuer à faire valoir et reconnaître pleinement sa souveraineté d'un point de vue juridique avec le principe d'occupation. Par ces faits, il est possible de reconnaître pourquoi il est encore plus important pour le Canada de continuer à exercer une présence dans l'Arctique, pour s'assurer ainsi que ces zones territoriales et maritimes en litige ne soient pas reconnues ou réclamées par ces autres États.

Les changements climatiques causés par le réchauffement de la planète sont ressentis partout autour du monde. L'un des coins du globe où l'impact du réchauffement de la planète est le plus dramatique est l'Arctique.⁵⁷ Selon le *National Snow and Ice Data Center*, les analyses ont démontré une fonte rapide des glaces dans l'Arctique à partir du mois de mai 2012, et ce jusqu'à la fin de la saison des fontes le 16 septembre 2012. La réduction de l'étendue des glaces a ainsi atteint son niveau le plus bas jamais enregistré, soit 3.14 millions de kilomètres carrés, fracassant ainsi le record historique de 2007 ou

⁵⁶ Robert Dufresne, « Revendication controversées du Canada à l'égard des eaux et des zones maritimes Arctiques », *Bibliothèque du Parlement*, PRB 07-47F, 10 janvier 2008, p. 11-12.

⁵⁷ Lee-Ann Broadhead, « Canada sovereignty versus northern security », *International Journal*, n^o 4, 2010, p. 913.

l'étendue des glaces dans l'Arctique avait atteint un bas niveau de seulement 4.17 millions de kilomètres carrés.⁵⁸ La fonte des glaces est réelle et l'on ne peut ignorer les implications que cela risque d'engendrer sur la souveraineté du Canada dans l'Arctique.

La fonte des glaces dans l'Arctique amène à l'avant-plan les discussions sur le passage du Nord-Ouest. Le passage du Nord-Ouest est défini comme étant la « voie maritime qui relie le détroit de Davis et la baie de Baffin, à l'Est, au détroit de Béring, à l'Ouest ».⁵⁹ À travers l'archipel Arctique du Canada, il existe jusqu'à sept routes, mais seulement deux sont considérées comme principales, et qui seraient viables pour permettre le trafic commercial. Le Canada considère les deux des différentes routes comme faisant partie de ces eaux intérieures, où il en affirme sa souveraineté. Comme décrit plus ci-haut, le Canada utilise deux principes juridiques pour l'Arctique afin d'en justifier son appartenance. Premièrement les eaux sont considérées comme intérieures en vertu d'un titre historique, et deuxièmement, car ces eaux « se situent entre le littoral et les lignes de base droites tracées autour de l'archipel Arctique en 1985 ».⁶⁰ Pour que les eaux intérieures soient reconnues comme un titre historique, les trois conditions suivantes doivent être présentes : l'exercice exclusif de la compétence de l'État; une longue durée; et l'acquiescement d'États étrangers.⁶¹ Bien que l'argument historique soit contesté par certains et même considéré comme faible par d'autres, l'argument fondé sur le tracé de

⁵⁸ The National Snow and Ice Data Center. « Arctic Sea Ice News & Analysis » consulté le 20 février 2013, <http://nsidc.org/arcticseaicenews/>.

⁵⁹ François Côté et Robert Dufresne, « L'Arctique : Les revendications juridiques du Canada », *Bibliothèque du Parlement*, InfoSérie PRB 08-05F, 24 octobre 2008, p. 3.

⁶⁰ Donat Pharand, « The Arctic Waters and the Northwest Passage: A Final Revisit », *Ocean Development & International Law*, janvier-juin 2007, vol 38, p. 7.

⁶¹ *Ibid.*

ligne de base droite, en revanche, est considéré de façon beaucoup plus valide.⁶² Même si le statut des eaux intérieures du Canada est contesté par les États-Unis, il n'en reste pas moins que le Canada semble répondre effectivement à tous les critères juridiques.

Whitney Lackenbauer, professeur agrégé et directeur du département d'histoire de l'Université de St-Jérôme, affirmait lui-même, devant le Comité sénatorial permanent de la sécurité nationale et de la défense, que « la souveraineté du Canada dans l'Arctique ne fait l'objet d'aucune menace imminente et concrète ».⁶³ Il en rajoute en soulignant même qu'il ne croit « pas que les problèmes liés aux frontières et aux ressources de l'Arctique risquent de se détériorer et de déboucher sur un conflit militaire ».⁶⁴ Alors pourquoi le Canada devrait-il porter autant d'attention et porter autant d'importance sur la protection de la souveraineté dans l'Arctique canadien quand il est clair que légalement et historiquement, sa souveraineté n'est pas menacée? Il semblerait que la phrase « souveraineté dans l'Arctique » soit surutilisée et même abusée par le gouvernement canadien. Le principe basé sur le fait que le Canada doit continuellement continuer de revendiquer sa souveraineté peut laisser croire que sa souveraineté est effectivement douteuse et même menacée. Il y a souvent une confusion qui existe entre le terme souveraineté et le terme sécurité. Les deux termes sont souvent même interchangeables sans distinction. Lackenbauer, toujours devant le comité du Sénat définit la souveraineté comme étant « un concept juridique qui suppose la propriété d'un territoire et le droit de contrôle sur ce territoire, lesquels sont régi par un ensemble bien défini de lois

⁶² Suzanne Lalonde, « Increased Traffic through Canadian Arctic Waters : Canada's State of Readiness », extrait de *Revue judiciaire Thémis*, vol. 38, n° 1, 2004, p. 77-78.

⁶³ Sénat du Canada, Comité sénatorial permanent de la Sécurité nationale et de la défense, *Délibération*, n° 1, le lundi 22 mars 2010, p. 38.

⁶⁴ *Ibid.*

internationales ». ⁶⁵ Dans la même délibération, monsieur Alan H. Kessel, conseiller juridique aux Affaires étrangères et Commerce international du Canada, affirmait qu'il y avait effectivement une convergence des questions se rapportant à la souveraineté et la sécurité. Il présenta un exemple expliquant de façon simplifiée la différence entre les deux. Effectivement, il affirmait que « si vous êtes propriétaire d'une maison et que quelqu'un traverse votre cour arrière à la course au milieu de la nuit, vous ne perdez pas votre souveraineté sur la maison en question ». ⁶⁶ En effet, cette personne demeure propriétaire de son domicile. La souveraineté de son domicile n'en est pas affectée. Il en rajoute en disant qu'une personne s'interrogera sûrement sur la sécurité de sa cour arrière et qu'elle voudra probablement étudier le problème de sécurité auquel il fait face, mais cette personne ne cessera pas d'être le propriétaire de la maison simplement parce qu'il se pose des questions sur le degré de sécurité auxquelles il fait face. ⁶⁷ Il est donc facile de comprendre qu'effectivement la souveraineté du Canada n'est pas en danger et qu'elle n'est même pas contestée. Alors pourquoi est-il dit qu'il faut protéger notre souveraineté dans l'Arctique?

L'une des raisons qu'il est possible d'argumenter au sujet de la publicité faite autour de la protection de la souveraineté de l'Arctique fait référence aux faits que la souveraineté dans l'Arctique a l'effet d'unir les Canadiens. Habituellement, lorsqu'on invoque l'Arctique, dont point de vue de sécurité ou d'un point de vue de souveraineté, l'environnement fait toujours partie des débats. On identifie toujours l'Arctique canadien comme étant un endroit unique où l'on « trouve certains des panoramas les plus

⁶⁵ *Ibid.*, p. 39.

⁶⁶ *Ibid.*, p. 60.

⁶⁷ *Ibid.*

saisissants au monde, ainsi que des espèces sauvages uniques et des espaces naturels encore vierges ». ⁶⁸ L'environnement a toujours été l'une des préoccupations principales de la population en général. L'un des sondages réalisés pour le compte d'Environnement Canada démontre que l'environnement est arrivé au troisième rang en ce qui regarde l'enjeu que devrait recevoir le plus d'attention de la part du gouvernement canadien. Parmi ces enjeux environnementaux, le climat est arrivé en première place, et de loin. ⁶⁹ L'environnement continue de figurer haut dans les priorités des Canadiens. Dans un autre sondage, les résultats obtenus démontrent aussi que « les Canadiens ne veulent pas que les gouvernements se servent de la récession pour réduire leurs efforts pour protéger l'environnement et combattre le réchauffement climatique ». ⁷⁰ L'environnement dans l'Arctique canadien est donc toujours au cœur de la population canadienne. Même l'organisation « Greenpeace » en reconnaît l'importance. Selon eux, l'Arctique n'est pas seulement un lieu de vie pour la population et la faune, « il influence profondément la vie sur Terre et son rôle est primordial dans le maintien de l'équilibre climatique tel que nous le connaissons ». ⁷¹ Il semble que le gouvernement du Canada ne manque aucune opportunité d'amalgamer les problèmes environnementaux, les problèmes de sécurité ainsi que la protection de la souveraineté du Canada afin de réunir les Canadiens et

⁶⁸ Gouvernement du Canada, « Stratégie pour le Nord du Canada : Protéger notre patrimoine naturel », consulté le 4 mars 13, <http://www.northernstrategy.gc.ca/env/index-fra.asp>.

⁶⁹ La Presse. « L'environnement, une priorité pour les canadiens », consulté le 4 mars 2013, <http://www.lapresse.ca/environnement/201212/26/01-4606907-lenvironnement-une-priorite-pour-les-canadiens.php>.

⁷⁰ Le Devoir. « Sondage La Presse canadienne-Harris-Decima - L'environnement tient à coeur aux Canadiens », consulté le 4 mars 2013, <http://www.ledevoir.com/environnement/actualites-sur-l-environnement/263932/sondage-la-presse-canadienne-harris-decima-l-environnement-tient-a-coeur-aux-canadiens>.

⁷¹ Greenpeace Canada, « Il faut protéger l'Arctique », consulté le 4 mars 2013, <http://www.greenpeace.org/canada/fr/campagnes/Energies/Arctique/>.

promulgué le sentiment d'unité au sein du Canada. Comme démontré ci-dessus, la souveraineté du Canada n'est pas menacée. Le gouvernement du Canada en fait souvent référence et met souvent de l'accent sur le fait que le Canada doit protéger sa souveraineté. Il est vrai qu'il est important pour le Canada de continuer à exercer sa souveraineté afin de démontrer que nous prenons soin de ce qui nous appartient. Assurer notre souveraineté dans l'Arctique lors d'exercices ou d'opérations militaires est un élément important de l'exercice de notre souveraineté, mais elle ne revient pas à la souveraineté elle-même.

S'il est possible de conclure que le Canada n'a pas de problèmes réels avec sa souveraineté, qu'elle est reconnue légalement et qu'elle n'est pas menacée, nous ne pouvons en dire autant à propos de sa sécurité. Avec les changements climatiques affectant l'Arctique, dont la fonte rapide des glaces dans le cercle polaire, et avec l'augmentation possible de la quantité de navires transitant par le passage du Nord-Ouest des suites de la fonte des glaces, ajouté aux faits que les États-Unis ne reconnaissent pas le passage du Nord-Ouest comme étant les eaux intérieures canadiennes, cela démontre effectivement qu'il y a un haut risque de répercussion majeur sur la sécurité du Canada dans l'Arctique.

En effet, les États-Unis argumentent que le passage du Nord-Ouest constitue d'être un détroit international. En effet, en droit international on considère qu'un droit doit répondre à un critère géographique et à un critère fonctionnel pour être qualifié de détroit international. « Le critère géographique veut que le détroit soit une voie d'eau comprise entre territoires terrestre adjacents reliant deux plans de haute mer ou autres

plans d'eau ». ⁷² Le deuxième critère, le critère fonctionnel, considère que le détroit « se doit d'être utilisé pour le trafic maritime international ». ⁷³ Le problème avec l'argumentation américaine est que le passage du Nord-Ouest n'a jamais vraiment été utilisé par les navires commerciaux. Il n'y a donc jamais vraiment eu de trafic maritime international. Le fait que le passage du Nord-Ouest soit considéré comme des eaux intérieures ou un détroit international à un effet direct sur la sécurité du Canada. En effet, si le passage est considéré comme un détroit international, le trafic commercial pourra naviguer à l'intérieur de l'archipel Arctique canadien sans en demander l'autorisation. À l'inverse, si le passage est considéré comme étant des eaux intérieures, ce que le Canada revendique, tous navires qui désirent utiliser ce passage devra en demandé l'autorisation préalable avant de s'aventurer dans l'archipel Arctique. Ceci étant dit, peu importe si le passage du Nord-Ouest demeure considéré comme des eaux intérieures ou s'il est reconnu comme étant un détroit international, il n'en reste pas moins que le trafic commercial devra être surveillé afin de s'assurer que la sécurité et la souveraineté du Canada ne soient pas menacées. De plus, il faudra aussi assurer que les lois internationales, dans le cas d'un détroit international et la loi canadienne, dans le cas où le passage demeure des eaux intérieures soient respectées.

Ceci est encore plus important du fait qu'avec la fonte des glaces dans l'Arctique, le passage du Nord-Ouest risque que de s'ouvrir durant les mois chauds de l'été, et permettre ainsi aux navires commerciaux d'utiliser ce passage afin de raccourcir leurs routes, plus particulièrement les navires voyageant entre l'Asie de l'Est et l'Europe. Les

⁷² François Côté et Robert Dufresne, « L'Arctique : Les revendications juridiques du Canada », *Bibliothèque du Parlement*, InfoSérie PRB 08-05F, 24 octobre 2008, p. 4.

⁷³ *Ibid.*

routes présentement utilisées par les compagnies de transport maritime les obligent donc à faire de très grands détours afin de passer de l'Asie, jusqu'à la côte Est des Amériques ou côtes ouest de l'Europe, et vice-versa. Les navires commerciaux faisant la route entre l'Asie et l'Europe et en passant par le passage de Nord-Ouest, et en évitant le canal de Panama verront leurs parcours réduits de près de cinq mille miles nautiques.⁷⁴

L'utilisation commerciale de ses routes permettra aux compagnies de transport maritime des économies importantes d'un point de vue de temporelles et financières. Nous savons tous que le facteur financier sera toujours l'un des facteurs déterminants que les compagnies considèrent dans leurs opérations et il est donc possible de conclure que le transport maritime dans l'Arctique, suivant la fonte des glaces, augmentera considérablement.

Cependant, certains affirment aussi que même si le trafic maritime va augmenter considérablement dans l'Arctique, « [...] il ne semble pas que les diverses voies navigables intérieures, appelées le passage du Nord-Ouest canadien, soient appelées à devenir une voie de circulation viable à grande échelle à court terme [...] »,⁷⁵ en grande partie parce que le mouvement des glaces est imprévisible et aussi parce que le passage pose beaucoup trop de risque à la navigation. L'autre passage du Nord-Ouest, situé près des côtes de la Russie, risque d'être beaucoup plus viable que le passage du Nord-Ouest canadien. Ceci étant dit, il n'en reste pas moins que les glaces dans l'Arctique fondent et

⁷⁴ Donat Pharand, « The Arctic Waters and the Northwest Passage : A Final Revisit », *Ocean Development & International Law*, janvier-juin 2007, vol 38, p. 4.

⁷⁵ Affaire étrangère et Commerce international Canada, « Énoncé de la politique étrangère du Canada pour l'Arctique : Exercer notre souveraineté et promouvoir à l'étranger la stratégie pour le nord du Canada », accédé le 4 mars 2013, http://www.international.gc.ca/polaire/canada_arctic_foreign_policy_booklet-la_politique_etrangere_du_canada_pour_arctique_livret.aspx?lang=fra&view=d.

qu'il n'y a aucune donnée affirmant que cette situation va changer. Donc, le problème que les glaces présentent dans le passage du Nord-Ouest canadien risque bientôt d'être une chose du passé. Il est donc possible d'affirmer que le trafic commercial, que nous le voulions ou pas, continuera vraisemblablement à augmenter dans l'Arctique et le gouvernement du Canada devra continuer d'en assurer la sécurité.

La sécurité dans l'Arctique est donc le vrai problème que le gouvernement du Canada doit faire face et, se doit d'être prêt à affronter. L'importance de l'Arctique pour le gouvernement du Canada est grandement reconnue. Dans la stratégie de défense intitulée « Le Canada d'abord », le gouvernement reconnaît effectivement que les changements climatiques affectent l'Arctique ainsi que l'impact que cela peut avoir pour le pays.⁷⁶ Bien que l'ouverture du passage du Nord-Ouest pourrait avoir des bénéfices économiques considérables pour la région de l'Arctique, cela pourrait aussi mener à « l'augmentation d'activités illégales lourdes de conséquences pour la souveraineté et la sécurité du Canada ».⁷⁷ Cette situation pourrait entraîner la nécessité d'obtenir de nouveau le soutien des militaires, et les véhicules aériens pourraient être l'outil de choix. Le gouvernement canadien a en effet établi une ligne directrice pour les Forces canadiennes en ce qui a trait aux trois rôles que ceux-ci se doivent d'être prêts à répondre : la défense du Canada; la défense de l'Amérique du Nord; et la contribution à la paix et à la sécurité à l'échelle internationale.⁷⁸ C'est justement en réponse au rôle de défense du Canada et de l'Amérique du Nord que l'utilisation de véhicule aérien sans

⁷⁶ Canada. Département de la Défense nationale. *Stratégie de défense : Le Canada d'abord*. Ottawa: Groupe communication Canada, 2008, p. 6.

⁷⁷ *Ibid.*

⁷⁸ *Ibid.*, p. 7.

pilote prend son importance. En effet, les Forces canadiennes se doivent de travailler étroitement et en collaboration avec les partenaires du gouvernement canadien « pour assurer la surveillance ininterrompue du territoire canadien et de ses voies d’approche aériennes et maritimes, y compris dans l’Arctique, afin de détecter le plus tôt possible toutes menaces à la sécurité des Canadiens ». ⁷⁹ Le Canada a en effet besoin de forces militaires disposant des outils essentiels leur donnant ainsi la flexibilité nécessaire à réagir à toutes sortes de situations en plus de pouvoir accomplir un large éventail d’opérations domestiques et expéditionnaires. Les forces canadiennes doivent entre autres être capables de mener des opérations quotidiennes nationales et continentales, y compris dans l’Arctique et par l’entremise du Commandement de la défense aérospatiale de l’Amérique du Nord. ⁸⁰

Dans plusieurs documents de doctrine militaire canadienne, l’on reconnaît que le Nord canadien est un élément important pour la sécurité du Canada. Dans le document principal de doctrine des Forces canadiennes, on reconnaît que celles-ci se doivent d’être « prêtes à prêter main-forte aux autres ministères fédéraux dans d’autres aspects de la sécurité canadienne, tels que la surpêche, le crime organisé, le trafic de stupéfiants, la migration clandestine et la détérioration de l’environnement ». ⁸¹ Il est extrêmement difficile pour les agences fédérales, par exemple l’agence des services frontaliers du Canada, d’exercer une présence adéquate dans l’Arctique étant donné le peu de trafic maritime ainsi que le climat rude de cette région. Les Forces canadiennes doivent avoir

⁷⁹ *Ibid.*, p. 7.

⁸⁰ *Ibid.*, p. 10.

⁸¹ Département de la Défense nationale, B-GJ-005-000/FP-002, PIFC 01 – *Doctrine militaire canadienne*, (Ottawa : Chef d’état-major de la Défense, 2009), p. 6-13.

les outils nécessaires afin de pouvoir exercer un contrôle dans l'Arctique canadien et d'y affirmer la sécurité du Canada. En réponse aux augmentations des activités maritimes et dans les terres de l'Arctique, « les FC auront un rôle à jouer pour manifester une présence canadienne visible dans cette région potentiellement riche en ressources et y aider les autres organismes du gouvernement à répondre à toute situation d'urgence ».⁸²

L'utilisation des véhicules aériens pourra faciliter les Forces canadiennes à exercer ce rôle.

Dans la publication interarmées des Forces canadiennes de doctrines couvrant les opérations, on reconnaît aussi que les Forces canadiennes se doivent d'être capables de conduire des opérations vingt-quatre heures sur vingt-quatre, et ce, sept jours sur sept, dans n'importe quelle condition météorologique, en mer, sur la terre, sous la mer ainsi que dans les airs, incluant les voies d'approches de l'Atlantique et du Pacifique.⁸³ Afin d'exercer un contrôle sur les zones de responsabilité du Canada, les Forces canadiennes doivent disposer de capacités militaires qui leur permettront de commander et de contrôler efficacement les forces interarmées qui se trouvent dans ces zones. Les outils mis à la disposition des Forces militaires devront leur permettre « d'intervenir en cas de menaces militaires et terroristes afin d'assurer la défense et la sécurité dans les zones maritimes du Canada et dans leurs voies d'approche adjacentes ».⁸⁴ De plus, ils devront être capables d'intervenir en cas d'incursions dans les zones de responsabilité du Canada. Finalement, un autre rôle que les Forces canadiennes devront être prêts à faire face en tout temps est « d'appuyer les autres ministères et organismes gouvernementaux du

⁸² *Ibid.*

⁸³ *Ibid.*, p. 2-2.

⁸⁴ *Ibid.*

Canada ainsi que les partenaires de l'industrie qui participent à des opérations de secours aux sinistrés, d'aide humanitaire et de recherche et sauvetage » dans toutes les zones de responsabilités du Canada⁸⁵.

Il est vrai que l'on ne précise pas les approches maritimes de l'Arctique dans les documents de doctrines. Cependant, il ne faut pas oublier qu'auparavant, les approches maritimes dans l'Arctique n'ont jamais vraiment été considérées comme viables, mais avec les changements climatiques, il est maintenant possible d'imaginer dans les prochains mois où quelques années, cela pourrait changer drastiquement. Par contre, ce document de doctrine reconnaît la région de l'Arctique comme étant un environnement difficile et qui demande que les Forces canadiennes soient capables d'opérer dans des conditions austères, avec un appui limité si non inexistant de la population locale. Ceci est particulièrement important étant donné que l'on met de plus en plus d'insistance sur des opérations potentielles dans le Nord canadien des suites du changement climatique et de l'augmentation de l'intérêt internationale sur cette région.⁸⁶ Les Forces canadiennes se doivent de posséder les outils nécessaires pour être capables de répondre aux demandes du gouvernement canadien. Il est donc possible de conclure que l'utilisation des véhicules aériens sans pilote, selon le gouvernement canadien, pourra sécuriser le Canada ainsi que ces zones d'approches, sept jours sur sept, vingt-quatre heures sur vingt-quatre.

Le Canada a déjà commencé à utiliser des véhicules aériens sans pilote dans l'Arctique. En effet, lors de l'Opération *Nanook* 2011 par exemple, les Forces

⁸⁵ Matthew Fisher, « Canada deploys drones in the Far North military exercise », *Postmedia News*, 5 août 2011

⁸⁶ Département de la Défense nationale, B-GJ-005-300/FP-002, PIFC 3.0 – *Les opérations*, (Ottawa : Chef d'état-major de la Défense, 2011), p. 2-2.

canadiennes ont utilisé des véhicules aériens sans pilote de type « Scan Eagle ».⁸⁷

L'opération *Nanook* est une opération domestique annuelle dont le but est d'exercer la souveraineté et assurer la sécurité dans l'Arctique, et plus particulièrement dans le passage du Nord-Ouest du Canada. L'utilisation des véhicules aériens sans pilote pour cette opération avait pour but d'aider les Forces canadiennes et la garde côtière canadienne durant un scénario de recherche et sauvetage des suites d'un désastre aérien et maritime. Le « Scan Eagle » peut être équipé avec différentes caméras, dont ceux infrarouges. Avec une envergure approximative de trois mètres, il pèse seulement vingt kilogrammes et possède une endurance d'environ vingt heures de vols à une vitesse moyenne de 170 kilomètres à l'heure.⁸⁸ Le lieutenant-général Semianiw, qui à l'époque était commandant du commandement Canada, annonçait que si les véhicules aériens sans pilote opèrent bien dans les conditions de froid intense et très venteux, comme l'on retrouve souvent dans l'Arctique, il est possible que ce type de véhicule aérien sans pilote soit un jour déployé de façon permanente dans l'Arctique.⁸⁹ De plus, dans le magazine « Aviation Week », on annonçait que plusieurs constructeurs de véhicule aérien sans pilote ont soumissionné d'autres types de véhicules aériens.⁹⁰ La prochaine section de ce travail décrira quel sont les différents types de véhicules aériens sans pilote, et est-ce que le type de véhicule aérien sans pilote que le gouvernement du Canada recherche permettra de participer à la sécurité du Canada dans l'Arctique.

⁸⁷ Matthew Fisher, « Canada deploys drones in the Far North military exercise », *Postmedia News*, 5 août 2011

⁸⁸ *Ibid.*

⁸⁹ *Ibid.*

⁹⁰ Leithen Francis, « Canada Outlines Arctic UAV Requirement », *Aviation Week*, 4 juin 2012.

LES DIFFÉRENTS TYPES DE VÉHICULE AÉRIEN SANS PILOTE

Les véhicules aériens sans pilote ont continué à évoluer durant les dernières décennies. Avec la miniaturisation des systèmes, certains véhicules ont vu leurs dimensions réduire considérablement tandis que d'autres sont restés d'une grosseur considérable, mais leurs durées sont devenues extrêmes. De nos jours, les véhicules aériens sans pilote sont catégorisés par différents types.⁹¹ Cette section décrira rapidement les principaux types de véhicules aériens sans pilote en plus d'identifier ce que le gouvernement du Canada prévoit acheter dans les prochaines années avec son projet JUSTAS.

Dans les différents types de véhicule aérien sans pilote que l'on connaît, le premier type est le véhicule aérien sans pilote microscopique. Ce type de véhicule aérien consiste à être le plus petit type des véhicules aériens sans pilote. Ce type de véhicule opère normalement dans un bloc d'altitude sous les deux mille pieds d'altitude. De plus, le véhicule ne peut opérer, dans les conditions normales, qu'à plus de deux kilomètres du contrôleur. Les Forces militaires utilisent souvent ce type de véhicule tactique au niveau de section afin de leur donner une meilleure connaissance de la situation dans les environs où ils effectuent leurs opérations militaires. Il est très facile à transporter étant donné son poids minime ainsi que son envergure microscopique. Certains de ces véhicules, comme le « Black Hornet Nano », utilisé par les troupes britanniques en Afghanistan, peuvent tenir dans le creux d'une main. Ils pèsent normalement moins d'une livre et ont une autonomie d'environ vingt-cinq minutes et peuvent opérer à une vitesse

⁹¹ Roland E. Weibel et R. John Hansman Jr, « Safety Considerations for Operations of Different Classes of UAVs in the NAS », *American Institute of Aeronautics and Astronautics*, 20 septembre 2004, p. 1-3.

maximale d'environ trente-cinq kilomètres à l'heure.⁹² Étant donné leur autonomie en vol très limitée, ce type de véhicule ne serait pas utile pour patrouiller les côtes et les voies maritimes du Grand Nord canadien étant donné l'immense superficie que celui-ci aurait à parcourir pour sécuriser les approches et le territoire canadien dans l'Arctique.

Un deuxième type de véhicules aériens sans pilote constitue en fait d'être les véhicules aériens sans pilote miniature. Plus gros que les véhicules aériens sans pilote microscopique, ce type de véhicule est utilisé pour les mêmes raisons tactiques. Cependant au lieu d'être utilisé au niveau de section ou de peloton, les forces militaires normalement utilisent ces véhicules au niveau de bataillon ou de compagnie. Les véhicules aériens sans pilote miniature opèrent normalement dans l'espace aérien moyen, pouvant même atteindre des altitudes d'environ dix-huit mille pieds. Ce type de véhicule pèse habituellement entre une et quarante livres. Presque tout aussi faciles à transporter, ces types d'appareil sont ceux que l'on retrouve en grands nombres sur le terrain lors d'opérations militaires. Un exemple de ce type de véhicule est le « Dragon Eye ». Le « Dragon Eye » lorsqu'il n'est pas assemblé peut être placé dans un sac à dos. Il ne pèse pas plus que cinq livres et peut voler jusqu'à une altitude de cinq cents pieds. Malgré le fait que certains véhicules aériens sans pilote microscopique peuvent voler plus haut que les véhicules miniatures, ceux-ci sont un peu plus gros.⁹³ Un autre exemple, beaucoup plus gros que le « Dragon Eye », mais toujours considéré comme faisant partie de la

⁹² Popular Science, « British Troops Deploy the Teeniest Recon Drone », consulté le 15 mars 2013, <http://www.popsci.com/technology/article/2013-02/meet-baby-drone>.

⁹³ International Online Defense Magazine, « Dragon Eye Miniature UAV », consulté le 15 mars 2013, <http://defense-update.com/products/d/dragoneyes.htm>.

catégorie des véhicules aériens sans pilote miniature, est le « Scan Eagle ».⁹⁴ Le « Scan Eagle » a une autonomie de vol approximative de mille cinq cents kilomètres et peut rester dans les airs plus de vingt-huit heures consécutif. Cependant, le véhicule se doit de rester près de la station de contrôle au sol puisqu'il ne peut pas être contrôlé par l'entremise de satellite, limitant ainsi son cercle d'opération à une centaine de kilomètres. Ce type de véhicule vole à des altitudes variant normalement entre mille et seize mille pieds à des vitesses de quatre-vingts à cent vingt-six kilomètres-heure. Les Forces canadiennes possèdent déjà ce type de véhicule, et sont contrôlées par des opérateurs de l'artillerie canadienne royale. Bien que l'autonomie de ce type de véhicules semble répondre aux besoins du Canada afin d'assurer la sécurité de son territoire et principalement de l'Arctique, il ne faut pas oublier que le climat aride de cette région est très particulier. Même si l'on affirme que ce type de véhicule peut opérer dans des conditions météorologiques sévères, il n'en reste pas moins que pour pouvoir être utilisé dans l'Arctique, un véhicule aérien sans pilote se doit d'avoir un système de dégivrage et d'antigivrage lui permettant d'opérer dans des conditions météorologiques hasardeuses, à des températures sous le point de congélation.⁹⁵ Les caractéristiques que les véhicules aériens devront avoir pour opérer dans l'Arctique seront couvertes plus tard dans ce document. Ceci étant dit, ce type de véhicule aérien sans pilote miniature a d'autres limitations. En effet, ce type de véhicules aérien n'opère normalement pas au-delà de l'horizon. Le fait que ceux-ci ne peuvent être contrôlés par communication satellite limite

⁹⁴ Naval-Technology.com, « ScanEagle, United States of America », consulté le 15 mars 2013, <http://www.naval-technology.com/projects/scaneagle-uav/>.

⁹⁵ The Boeing Company, « Backgrounders – ScanEagle », consulté le 15 mars 2013, http://www.boeing.com/farnborough2012/pdf/ScanEagle_Backgrounder_March2012.pdf.

leurs rayons d'action. À vrai dire, ce type de véhicule, comme le véhicule aérien microscopique, se doit d'être à une distance lui permettant d'être en communication direct avec la station de contrôle au sol, sans l'entremise d'un satellite. Malgré l'endurance du véhicule, la station de contrôle au sol aura besoin d'être déplacée dans l'éventualité où la zone d'opération serait changée. Pour ainsi avoir une couverture efficace dans l'Arctique, il faudra, aux besoins, que la station de contrôle au sol soit déplacée continuellement. Le problème dans l'Arctique, en plus des conditions météorologiques arides et uniques, vient du fait que l'infrastructure nécessaire requise afin de supporter ce type d'opération n'est pas suffisante. C'est pour ces raisons que le « Scan Eagle » n'est pas considéré par le gouvernement du Canada afin de patrouiller et sécuriser l'Arctique.

La catégorie suivante de véhicule aérien sans pilote constitue à être les véhicules aériens sans pilote tactique. Très similaires aux véhicules aériens sans pilote miniature, les véhicules tactiques ont cependant la capacité d'être opérés au-delà de l'horizon, donc par l'entremise de satellites. Les véhicules tactiques sont normalement utilisés dans l'espace aérien bas et moyen, soit entre huit mille et vingt-quatre mille pieds. Les véhicules tactiques peuvent peser entre soixante et mille livres. Comme le nom le dit, les véhicules aériens sans pilote tactique sont normalement utilisés par les forces militaires, afin de les aider tactiquement dans des opérations au niveau de bridage. Le « Searcher Mk III » israélien est un exemple de ce type de véhicule.⁹⁶ Ce véhicule, mesurant cinq mètres de longueur et possédant une envergure de près de huit mètres dispose d'un rayon d'action d'une centaine de kilomètres lorsqu'il n'est pas équipé pour

⁹⁶ Israel Aerospace Industry, « Searcher Mk. III », consulté le 15 mars 2013, http://www.iai.co.il/18894-15742-en/BusinessAreas_UnmannedAirSystems_SearcherIII.aspx.

le contrôle par satellite. Lorsqu'il est équipé pour le contrôle au-delà de l'horizon, son rayon d'action est presque quadruplé. Il peut aussi être programmé par système de positionnement par satellite (global positioning system – GPS) afin de voler des routes prédéterminées, sans aucune direction nécessaire du contrôleur au sol. Malgré sa dimension beaucoup plus imposante que les autres types de véhicule aérien sans pilote décrit jusqu'à présent, ceux-ci sont fabriqués avec des matériaux composites qui les rendent pratiquement indétectables par radar. Ce type d'appareil est utilisé pour détecter des détails sur les terrains d'opérations telles que les troupes ennemies et les véhicules.⁹⁷ Ce type de véhicule, pour la surveillance de l'Arctique, ne pourrait être considéré pour la même raison que le « Scan Eagle ». Quoique le véhicule aérien sans pilote tactique puisse normalement être contrôlé par satellite, leur permettant ainsi d'avoir un rayon d'action supérieur ne nécessitant pas le déplacement de la station de contrôle au sol pour effectuer la couverture d'une très grande superficie, il n'en reste pas moins que ce type de véhicule ne possède aucun système de dégivrage et d'antigivrage lui permettant d'opérer dans des conditions météorologiques hasardeuses, sous le point de congélation. Le système de dégivrage et d'antigivrage pour qu'un aéronef puisse opérer dans l'Arctique est indispensable.

Un autre type de véhicule aérien sans pilote est le véhicule opérant à une altitude moyenne et de longue endurance. Les véhicules à altitude moyenne et de longue endurance sont normalement utilisés des altitudes variant de vingt-cinq milles à cinquante-cinq mille pieds. Ils sont semblables aux véhicules tactiques au point de vue du

⁹⁷ Ministry of Defence Singapore, « Searcher Unmanned Aerial Vehicle », consulté le 15 mars 2013, www.mindef.gov.sg/imindef/mindef_websites/topics/xfs/assets/uav.html.

contrôle. En effet, les véhicules à altitude moyenne et de longues durées sont généralement contrôlés au-delà de l'horizon, bien qu'il soit toujours possible de les contrôler sans passer par les satellites, limitant ainsi le rayon d'action. La grande majorité de ces véhicules sont beaucoup plus gros que tous ceux décrits auparavant. Le poids de ces appareils varie entre deux mille et sept mille livres, mais il bénéficie d'une très grande autonomie.⁹⁸ C'est avec ce type de véhicule que les Forces canadiennes ont le plus d'expérience. C'est lors de l'Opération Athena en Afghanistan que les Forces canadiennes ont commencé à utiliser le véhicule aérien sans pilote à altitude moyenne et de longue endurance « CU-170 Heron ». En effet, sous le projet Noctua, les Forces canadiennes en 2008 ont loué des véhicules « CU-170 Heron » de « MacDonald, Dettwiler and Associated Ltd » et de son associé « Israel Aerospace Industries » afin de supporter les opérations de combats en Afghanistan.⁹⁹ Le « CU-170 Heron » pèse un peu plus de deux mille cinq cents livres et possède une envergure de plus de seize mètres, pouvant ainsi transporter une charge utile dépassant les cinq-cent-cinquante livres. Le véhicule peut opérer jusqu'à une altitude de trente mille pieds et possède une autonomie supérieure à vingt-quatre heures.¹⁰⁰ Le véhicule, configuré comme il l'était en Afghanistan, transportait comme charge utile une caméra électro-optique et à infrarouge, divers systèmes de guerre électronique en plus d'un radar. Bien que ce type de véhicule puisse être contrôlé au-delà de l'horizon par l'entremise de satellites, le « CU-170 Heron », tel qu'il était configuré en Afghanistan, utilisait le système de contrôle à vue, lui

⁹⁸ Information and Privacy Commissioner, *Privacy and Drones: Unmanned Aerial Vehicles* (Toronto: Information and Privacy Commissioner, août 2012), p. 6.

⁹⁹ FrontLine Defense Articles, « MDA : Project Noctua – Unmanned Paradigm », FrontLine Defence, volume 8, N° 2, mars 2011.

¹⁰⁰ International Online Defense Magazine, « Heron MALE System : Medium Altitude Long Endurance UAV », accédé le 15 mars 2013, <http://www.defense-update.com/products/h/Heron-UAV.htm>

donnant ainsi un rayon d'action maximal d'environ deux cents kilomètres.¹⁰¹ Au sein du Ministère de la Défense nationale, le projet Noctua s'est avéré un grand succès. La capacité du véhicule est devenue l'une des pierres angulaires autour de laquelle les opérations ont été planifiées et exécutées, et les commandants de tous les niveaux ont fait l'éloge du service et de la fiabilité du « CU-170 Heron ». Beaucoup ont indiqué qu'ils ne veulent jamais de mener des opérations à nouveau sans ce type de capacité à leur disposition¹⁰². Ce genre de véhicule fut indispensable pour les opérations de combats en Afghanistan et il est possible de comprendre qu'il faut au minimum le même niveau de capacité pour le prochain véhicule sans pilote qui sera utilisé pour effectuer des patrouilles dans l'Arctique canadien.

Finalement, le dernier type de véhicule aérien que l'on retrouve est le type de véhicule opérant à haute altitude et qui inclue aussi les véhicules aériens sans pilote, de combat. Les appareils que l'on retrouve dans ce type de catégorie sont ceux qui sont le plus reconnaissables. En effet, il est possible de voir ce type de véhicule dans plusieurs films hollywoodiens tels qu'« Eagle Eye » et « Enemy of the State », pour en nommer que quelques-uns. Ces véhicules aériens sont normalement les plus pesants et peuvent peser dans les environs de vingt-six mille livres, incluant leurs charges utiles avant le décollage. De plus, lorsqu'ils sont en vol, ce type d'aéronef peut atteindre une altitude

¹⁰¹ FrontLine Defense Articles, « MDA : Project Noctua – Unmanned Paradigm », FrontLine Defence, volume 8, N° 2, mars 2011.

¹⁰² Unmanned Aerial System Vision, « Unmanned Aircraft are Valuable Theatre Assets says Royal Canadian Air Force », consulté le 15 mars 2013, <http://www.uasvision.com/2011/08/30/unmanned-aircraft-are-valuable-theatre-assets-says-royal-canadian-air-force/>.

impressionnante de plus de soixante-cinq mille pieds,¹⁰³ au-delà de l'espace aérien contrôlé de haute altitude. L'un des véhicules que l'on retrouve dans cette catégorie est le « RQ-4 — Global Hawk ». Le « Global Hawk » est l'un des véhicules aériens sans pilote le plus performant et polyvalent de l'inventaire de la Force aérienne des États-Unis.¹⁰⁴ Le véhicule peut-être employer a une multitude de différentes missions, allant de la surveillance des frontières, des ports, et à différent type de mission de reconnaissance stratégique ou de combats.¹⁰⁵ Du fait qu'il possède une connectivité satellite, le « Global Hawk » a donc un rayon d'action approximatif de neuf-mille-deux-cent-soixante kilomètres. De plus, il peut voler à une vitesse de croisière de plus de cinq cent soixante-dix kilomètres à l'heure.¹⁰⁶ Ce type de véhicule est aussi capable d'opéré dans des conditions météorologiques austères et pourrait répondre, sinon surpasser les besoins du gouvernement du Canada en ce qui a trait aux patrouilles et à la surveillance de l'Arctique à l'aide de véhicule aérien sans pilote.

Le gouvernement du Canada a clairement identifié les caractéristiques que le prochain véhicule aérien devrait posséder sous le projet JUSTAS. Tel que défini dans l'énoncé de besoin du projet JUSTAS, le véhicule aérien sans pilote devra être capable de fournir une surveillance persistante, effectuer des missions de reconnaissance et

¹⁰³ Information and Privacy Commissioner, *Privacy and Drones: Unmanned Aerial Vehicles* (Toronto: Information and Privacy Commissioner, août 2012), p. 7.

¹⁰⁴ Defense Systems, « Air Force bestows excellence award on Global Hawk program », consulté le 15 mars 2013, <http://defensesystems.com/articles/2013/02/28/global-hawk-air-force-excellence-award.aspx>.

¹⁰⁵ Northrop Grumman, « High-Altitude, Long-Endurance Unmanned Aircraft Systems », consulté le 15 mars 2013, <http://www.northropgrumman.com/Capabilities/GlobalHawk/Pages/default.aspx>.

¹⁰⁶ Northrop Grumman. « RQ-4 Block 40 Global Hawk: Proven, Persistent, Performing, High-Altitude, Long-Endurance Unmanned Aircraft System », accédé le 15 mars 2013, http://www.northropgrumman.com/Capabilities/GlobalHawk/Documents/Datasheet_GH_Block_40.pdf.

d'acquisition d'objectifs dans n'importe quelle condition météorologique, en plus de posséder une capacité de frappe de précision à l'appui des Forces canadiennes déployées dans le monde entier. Les caractéristiques que le véhicule aérien sans pilote devra posséder en accord avec le projet JUSTAS sont résumées dans la Figure 1 ici-bas.

Projet JUSTAS — Caractéristiques de véhicule aérien sans pilote
Surveillance et d'acquisition d'objectifs : Un ensemble de capteurs qui permet à l'opérateur, de façon déguisée, de détecter et d'identifier des cibles en plus d'obtenir des données de ciblage, dans toutes les conditions météorologiques, dans l'espace aérien de moyenne altitude, de jour et de nuit.
Endurance : L'endurance en vol, lorsque configuré pour une mission de reconnaissance, nécessaire, et ayant rayon d'action pertinent (un minimum de mille huit cent cinquante kilomètres) en plus de permettre surveillance prolongée (un minimum de douze heures) dans une zone d'opération.
Rythme d'opérations : Systèmes opérationnels suffisant, incluant la formation, le personnel, l'infrastructure et le soutien logistique pour soutenir deux lignes de tâches dans un lieu unique de déploiement, ainsi que l'entraînement ici même au Canada.
Interopérabilité : Capacité du système à fournir des services et des informations, en plus de pouvoir accepter les services et les informations fournis par les forces interarmées et interalliées.
Habilité opérationnelle : Capacité de mener des opérations soutenues dans le monde entier dans les classes appropriées d'espace aérien, en vertu des conditions météorologiques défavorables spécifiées, et dans des environnements dangereux de faibles à moyennes. Permet d'être opéré dans le spectre de fréquence radio disponible au Canada et à l'étranger.
Contrôle Dynamique et réactivité : Possibilité de contrôler dynamiquement le véhicule aérien sans pilote ainsi que sa charge utile, en temps quasi réel, par onde radio directe, au-delà de l'horizon par l'entremise de satellite. Possibilité d'opérations fractionnées à distance, et finalement capable de répondre rapidement à la situation changements et de nouvelles missions.
Flexibilité/capacité de croissance : Le véhicule aérien sans pilote doit posséder la souplesse, la capacité de croissance et d'interfaces standard nécessaires à l'intégration de nouvelles charges utiles, développées afin de soutenir les opérations terrestres et maritimes.
Application de la force : Capable de permettre la coordination interarmées et l'utilisation d'armes offensives, incluant l'emploi munitions guidées de précision.

Figure 2 — Capacités JUSTAS¹⁰⁷

¹⁰⁷ Travaux publics et Services gouvernementaux Canada, « JUSTAS Project – Request for Information », N° d'invitation 660BL-120002/A, 23 juillet 2012, p. 16.

Afin de vérifier la possibilité d'utiliser des véhicules aériens sans pilote pour la conduite de mission de surveillance et de sécurité dans l'Arctique, les limitations énoncées plus haut seront utilisées afin de ne pas arriver avec de fausses déductions, basées sur des capacités d'un véhicule aérien sans pilote que le Canada n'envisagerait pas d'acheter. Le projet JUSTAS est toujours en développement et malgré le fait que certaines compagnies comme *Northrop Grumman* ont déjà proposé un véhicule aérien sans pilote pour le Canada, il n'en reste pas moins que nous en sommes encore loin du choix final pour l'acquisition de ce genre d'aéronef.¹⁰⁸ Cependant, puisque les véhicules aériens sans pilote diffèrent tellement les uns des autres, il est impossible d'évaluer s'il est possible d'effectuer les missions nécessaires pour sécuriser l'Arctique. Il faut donc se baser sur un appareil qui répondrait aux exigences du projet JUSTAS. Le « Polar Hawk », proposé par *Northrop Grumman*, est l'un des véhicules potentiels que le Canada se devra d'évaluer plus en détail. Il s'agit en fait d'un « Global Hawk » qui serait modifié afin de répondre aux besoins du Canada pour les missions dans l'Arctique. En fait, il surpasse même certaines exigences identifiées par projet JUSTAS. Le problème avec ce véhicule risque d'être la facture. Malgré le fait que *Northrop Grumman* n'est pas annoncé le prix pour son véhicule, il est estimé que trois « Polar Hawk » pourraient coûter dans les environs de 1.6 milliard de dollars et la vie utile serait approximativement de vingt ans à patrouiller dans l'Arctique.¹⁰⁹ Avec les 2 milliards de dollars en réductions budgétaires qui pèsent sur la tête du ministère de la Défense nationale, il est fort possible

¹⁰⁸ Aviation Week, « Northrop Pitches Polar Hawk For Canada Arctic Role », consulté le 15 mars 2013, http://www.aviationweek.com/Article.aspx?id=/article-xml/asd_05_31_2012_p03-01-463356.xml.

¹⁰⁹ Herald Arts and Life, « Defence Headquarters Sets its Sights on Billion-Dollar Fleet of Armed Drones », consulté le 15 mars 2013, <http://thechronicleherald.ca/thenovascotian/132190-defence-headquarters-sets-its-sights-on-billion-dollar-fleet-of-armed-drones>.

que le « Polar Hawk » ne soit pas retenu comme candidat potentiel.¹¹⁰ Ceci étant dit, afin de permettre l'évaluation de l'utilisation des véhicules aériens sans pilote pour la surveillance de l'Arctique, ce mémoire de recherche ne s'attardera pas sur le système d'acquisition pour les différents véhicules aériens sans pilote. Plus de recherche devrait être effectuée sur l'évaluation du point de vue financier des véhicules aériens proposés sous le projet JUSTAS.

Le « Predator B » de *General Atomics*, aussi connu sous le nom de « MQ-9 Reaper », est aussi l'un des candidats potentiels pour protéger et sécuriser l'Arctique. Le « Predator B », comparé au « Polar Hawk », possède pratiquement toutes les mêmes caractéristiques sauf la vitesse et l'altitude qu'il ne peut atteindre.¹¹¹ Le « Predator B » peut atteindre une altitude maximale de cinquante mille pieds, et peut voler qu'à une vitesse de quatre cent quarante kilomètres-heure, comparativement au « Polar Hawk » qui lui peut voler jusqu'à une altitude de soixante-six mille pieds et voler à une vitesse de cinq cent soixante-dix kilomètres-heure. Il est intéressant de noter que le « Predator B » est déjà utilisé pour défendre le Canada. En effet, les Américains utilisent actuellement ce type de véhicule aérien sans pilote afin de patrouiller sur la frontière canado-américaine¹¹². Le prix pour ce type de véhicule semble beaucoup plus acceptable que le « Polar Hawk ». En effet, la facture pour le « Predator B » tournerait dans les environs de quatre-vingt-dix millions pour trois appareils, comparativement au 1.6 milliard pour le

¹¹⁰ Herald Arts and Life, « Defence Headquarters Sets its Sights on Billion-Dollar Fleet of Armed Drones », consulté le 15 mars 2013, <http://thechronicleherald.ca/thenovascotian/132190-defence-headquarters-sets-its-sights-on-billion-dollar-fleet-of-armed-drones>.

¹¹¹ General Atomics Aeronautical, « Aircraft Platform – Predator B », consulté le 16 mars 2013, http://www.ga-asi.com/products/aircraft/predator_b.php.

¹¹² National Post, « Predator Drones Patrolling Canada-U.S. Border », consulté le 16 mars 2013, <http://www.nationalpost.com/news/story.html?id=1727873>.

« Polar Hawk ». Puisque le côté acquisition de ce type d'aéronef ne fait pas partie de ce mémoire de recherche, les deux options seront considérées comme étant acceptables afin de vérifier s'il est possible d'utiliser ce type d'appareils pour surveiller et sécuriser l'Arctique.

LES DÉFIS RELIÉS À L'UTILISATION

Les deux véhicules aériens sans pilote énoncé précédemment seront donc comparés au « CP-140 Aurora », avion de patrouille maritime à long rayon d'action que l'on retrouve déjà dans l'inventaire des Forces canadiennes afin de déduire si effectivement, il serait possible et plus pratique d'utiliser des véhicules aériens sans pilote pour sécuriser l'Arctique. La dernière partie de ce mémoire de recherche utilisera donc, afin de pouvoir comparer le « Polar Hawk », le « Predator B » ainsi que le « CP-140 Aurora », une liste de mesure de performance énoncée ici-bas. Les mesures de performances suivantes seront donc utilisées comme facteurs comparatifs : la persistance, le rayon d'action, le temps de réponse, la couverture, l'effet de la météo sur les opérations, et finalement la fiabilité.¹¹³

Le premier facteur utilisé est celui de la persistance. La persistance est définie comme étant la quantité de temps qu'une plateforme de renseignement, surveillance et reconnaissance peut continuellement surveiller une zone d'intérêt¹¹⁴. Cette persistance est une fonction de vitesse du véhicule aérien, de l'endurance et de la distance de la zone

¹¹³ Ministère de la Défense nationale, *Performance, Benefits, and Costs of Long Endurance UAVs for Domestic Maritime Role* (Ottawa : Directorate of Operational Research (Maritime, Land & Air) Operational Research Division), août 2004, p. 5.

¹¹⁴ David W. Pendall, « Persistent Surveillance and Its Implications for the Common Operating Picture », *Military Review*, novembre-décembre 2005, p. 41.

d'intérêt à partir de la base de lancement. Selon une étude produite pour le compte du département de la Défense nationale, le « Predator B » permet d'avoir beaucoup plus de temps de patrouille dans une zone d'intérêt près de la base de lancement.¹¹⁵ L'« Arctic Hawk », lui, dépense plus d'essence que le « Predator B » et donc lorsque la zone d'intérêt est près de la base de lancement, l'« Arctic Hawk » a moins d'endurance et ne peut rester en mission longtemps¹¹⁶. Cependant, puisque le « Predator B » est beaucoup plus lent que l'« Arctic Hawk », lorsque la zone d'intérêt ou de patrouilles est très éloignée de la base de lancement le « Predator B » passe plus de temps et d'essence en transit entre les deux points qu'en mission de renseignement, surveillance et reconnaissance dans la zone d'intérêt. Dans cette situation, l'« Arctic Hawk » possède donc une persistance supérieure. Comme il a été décrit dans la deuxième section de ce travail, la région de l'Arctique canadienne est très vaste. Et puisqu'il n'y a que très peu d'infrastructure qui pourrait accueillir ce type de véhicule, il est donc possible de conclure que les zones d'intérêts pour les missions de renseignement, surveillance et reconnaissance seront très éloignées des bases de lancement, confirmant ainsi qu'un véhicule aérien sans pilote de type « Polar Hawk » serait beaucoup plus efficace en ce qui a trait à la fonction de persistance que le « Predator B ». Comparer au « CP-140 Aurora », celui-ci ne possède pas une endurance comparable aux deux autres véhicules. Effectivement, le « Polar Hawk » et le « Predator B » ont une endurance respective de trente-six et quarante-huit heures en vol tandis que le « CP-140 Aurora » ne peut que

¹¹⁵ Ministère de la Défense nationale, *Performance, Benefits, and Costs of Long Endurance UAVs for Domestic Maritime Role* (Ottawa : Directorate of Operational Research (Maritime, Land & Air) Operational Research Division), août 2004, p. 5-6.

¹¹⁶ *Ibid.*

rester en vol pour une durée maximale de dix-sept heures.¹¹⁷ Il faut noter qu'afin de pouvoir demeurer en vol pour une durée maximale de dix-sept heures, comme indiqué sur la fiche technique du « CP-140 Aurora », celui-ci doit, après le décollage, fermer deux de ses quatre moteurs afin d'économiser la quantité d'essence qu'il consomme à l'heure. Lors de mission éloignée des bases de lancement dans l'Arctique, il est fort possible que les membres d'équipages ainsi que le commandant de l'aviation royale canadienne ne veuillent pas opérer le « CP-140 Aurora » qu'avec seulement deux de ses quatre moteurs, en cas ou une urgence surviendrait. Donc, en utilisant c'est quatre moteurs, l'endurance en vol de l'appareil est réduite à un maximum en vol de douze ou treize heures.¹¹⁸ Comparé aux véhicules aériens sans pilote, le « CP-140 Aurora » ne peut donc pas concurrencer avec les deux autres en ce qui a trait à la persistance. Ceci étant dit, il est possible de conclure, puisque les véhicules aériens sans pilote possèdent effectivement une persistance suffisante pour effectuer des missions dans l'Arctique.

Le rayon d'action des différents aéronefs est un autre facteur important à considérer lorsque l'on compare ces différents aéronefs. Si l'on regarde les données de chaque aéronef en ce qui a trait au rayon d'action, le « Polar Hawk » surpasse les deux autres, et de beaucoup. En effet, celui-ci possède un rayon d'action de vingt-deux mille kilomètres tandis que le « Predator B » lui ne possède qu'un rayon d'action de treize

¹¹⁷ Défense Nationale, « Le CP-140 Aurora – Caractéristiques », consulté le 16 mars 2013, <http://www.rcmf-arc.forces.gc.ca/v2/equip/cp140/specs-fra.asp>.

¹¹⁸ Département de la Défense nationale. C-12-140-012/MB-001 – Aircraft Operating Instructions – AIMP Block 2 – CP-140 Aurora – Basic Aircraft Systems (Ottawa: Chef d'état-major de la Défense, 2009), p. 1012.

mille kilomètres.¹¹⁹ Le « CP-140 Aurora » arrive encore bon dernier avec un rayon d'action d'un peu plus de sept mille quatre cents kilomètres.¹²⁰ La distance pour faire un aller-retour de la base de Comox en Colombie-Britannique jusqu'à la base de Alert dans le Nunavut est de plus de huit mille trois cents kilomètres et il faut additionner près de cinquante kilomètres de plus si le point de départ était Greenwood en Nouvelle-Écosse.¹²¹ En se basant sur ces deux bases qui semble être les endroits le plus stratégiques pour baser les véhicules aériens sans pilote, il est possible de conclure, lorsqu'on regarde une carte topographique, que seul le « Polar Hawk » possède un rayon d'action suffisant pour lui permettre de décoller d'une base située dans le sud du Canada et passer plus de temps dans l'Arctique en patrouille qu'en transit. Le « Predator B » possède aussi un rayon d'action suffisant pour effectuer ce genre de mission à partir du sud, mais il ne pourrait rester qu'approximativement deux heures dans une zone de patrouille située à l'extrême nord de l'Arctique. Le reste du temps, il le passerait en transit. Comme énoncé précédemment, le « CP-140 Aurora » ne possède pas un rayon d'action suffisant pour faire une mission à l'extrême nord de l'Arctique sans escale. Ceci étant dit, le « CP-140 Aurora » possède cependant la capacité de faire facilement des escales ou de se repositionner à un endroit stratégique dans le nord pour une durée prédéterminée. En effet, lors de patrouille nordique, le « CP-140 Aurora » se déploiera avec une équipe de

¹¹⁹ Ministère de la Défense nationale, *Performance, Benefits, and Costs of Long Endurance UAVs for Domestic Maritime Role* (Ottawa : Directorate of Operational Research (Maritime, Land & Air) Operational Research Division), août 2004, p. 3.

¹²⁰ Défense Nationale, « Le CP-140 Aurora – Caractéristiques », consulté le 16 mars 2013, <http://www.rcaf-arc.forces.gc.ca/v2/equip/cp140/specs-fra.asp>.

¹²¹ World Distance Calculator, « Distance between Comox, B. C. (,Canada) [Airport] and Alert Airport (,Canada) [Airport] », consulté le 20 mars 2013, [http://distancecalculator.globefeed.com/World_Distance_Result.asp?fromplace=Comox, B. C. \(,Canada\) \[Airport\]&toplace=Alert Airport \(,Canada\) \[Airport\]&fromlat=49.710833&tolat=82.517778&fromlng=-124.886667&tolng=-62.280556](http://distancecalculator.globefeed.com/World_Distance_Result.asp?fromplace=Comox, B. C. (,Canada) [Airport]&toplace=Alert Airport (,Canada) [Airport]&fromlat=49.710833&tolat=82.517778&fromlng=-124.886667&tolng=-62.280556).

maintenance, permettant ainsi à l'aéronef d'être réparé en cas de problème. De plus, celui-ci a la possibilité de se déployer rapidement, sans aides extérieures, d'un aéroport à l'autre, afin de se prépositionner près de la zone de mission proposée, permettant ainsi beaucoup plus flexible que les véhicules aériens sans pilote. Les véhicules aériens sans pilote ne peuvent se poser à un aéroport autre que l'aéroport d'origine, à moins que cette base possède déjà le support nécessaire au même type d'aéronef. En effet, les véhicules aériens sans pilotes ont besoin de techniciens qualifiés prépositionnés au sol en vue d'accueillir l'appareil. Contrairement au « CP-140 Aurora », les véhicules aériens sans pilotes ne peuvent se poser impromptu à n'importe quel aéroport sans Avior prépositionné du personnel au préalable. Ceci veut donc dire qu'il serait beaucoup moins pratique pour les véhicules aériens sans pilote tels que le « Predator B » d'opérer dans l'Arctique, car celui-ci ne possède pas l'autonomie nécessaire pour passer suffisamment de temps en mission dans cette région.

Le troisième facteur utilisé, afin de comparer les performances des véhicules, est le temps de réponse. Le temps de réponse, pour cette évaluation consiste à être le temps nécessaire que le véhicule a besoin afin d'arriver dans les zones de missions. Ce facteur est lié directement à la vitesse des véhicules. Plus les vitesses des véhicules sont élevées, moins de temps ils passeront en transit et donc ils atteindront leurs zones de mission plus rapidement. Cependant, il ne faut pas non plus oublier que le temps de réponse doit aussi prendre en considération le temps nécessaire pour faire les vérifications au sol avant le décollage. Par contre, ce travail considérera que les véhicules sont déjà en position de haut niveau de préparation et qu'ils sont déjà prêts au décollage, ce qui inclut les vérifications d'avant vols a été complété. Le « CP-140 Aurora » possède une vitesse

maximale de sept cent cinq kilomètres-heure, lui permettant donc d'atteindre une zone de mission en moins de temps que les deux autres véhicules sans pilotes. Cependant, le « CP-140 Aurora » a été introduit dans l'inventaire des Forces canadiennes en 1980¹²² et afin d'augmenter la vie utile de l'appareil, la vitesse maximale de l'aéronef a été limitée à cinq cent cinquante kilomètres à l'heure, rendant sa vitesse comparable à celui de l'« Arctic Hawk ». Ceci étant dit, il a été annoncé en décembre 2011 que le « CP-140 Aurora » allait profiter d'une modernisation dans un avenir rapproché, dont le remplacement de la surface de l'aile centrale inférieure et du stabilisateur horizontal, ce qui permettra d'enlever les restrictions affectant la vitesse maximale de l'appareil.¹²³ Puisque cette modernisation a lieu au moment même de la rédaction de ce mémoire de recherche, la déduction du temps de réponse pour les appareils présumera que la vitesse maximale du « CP-140 Aurora » ne sera plus limitée à cinq cent cinquante kilomètres à l'heure. L'« Arctic Hawk » arrive en deuxième, suivi par le « Predator B ». Le temps de réponse pour comparer les différents véhicules ne peut avoir une pondération aussi importante qu'au facteur de pondération.

Le facteur de la couverture est un autre facteur utilisé afin d'évaluer les différents appareils. En effet, la couverture fait référence à la surface maximale d'une zone de surveillance qui peut être patrouillée efficacement par un aéronef dans une zone de mission pour chaque vol. La couverture dépend de beaucoup de facteurs dont les routes

¹²² Défense Nationale, « Le CP-140 Aurora – Caractéristiques », consulté le 16 mars 2013, <http://www.rcaf-arc.forces.gc.ca/v2/equip/cp140/specs-fra.asp>.

¹²³ IMP Group, « IMP Aerospace Rolls out First CP-140 Aurora Aircraft with New Wings for the Royal Canadian Air Force », consulté le 16 mars 2013, http://www.impgroup.com/en/home/aboutus/divisionalnews/divisionalnewsdetails.aspx?id=bW9kZT0zJm5ld3NpZD05MA__.

aériennes à suivre que l'appareil prend afin de se diriger vers sa zone de mission. Peu importe la route qu'il doit suivre, où le différent profile de vol qu'il faut exécuter dans la zone de mission afin de couvrir complètement cette zone, il n'en reste pas moins que cela ne diffère pas d'un aéronef à l'autre. De plus, même si les trois différents véhicules seront probablement équipés avec des systèmes de détections différentes, il est raisonnable de présumer que le radar ou les caméras électro-optiques qui seront utilisées auront des caractéristiques et performances comparables. La couverture de zone est basée principalement sur la vitesse des appareils et l'efficacité des radars ou des caméras électro-optiques. Plus le véhicule vol haut, et plus la zone de surveillance radar sera grande. Il est vrai que plus les véhicules volent haut, et moins les instruments de détection seront précis. Il n'en reste pas moins que peu importe le type d'appareil utilisé, le profil de vol choisi pour accomplir la tâche sera le même. Cependant, plus le véhicule possède un rayon d'action, et plus cette zone de surveillance pourra être augmentée. Le « Polar Hawk », pouvant voler à une altitude de soixante-cinq mille pieds, aura une couverture de radar supérieur aux deux autres véhicules comparés. Même si le « CP-140 Aurora » peut voler à une vitesse maximale supérieure, le fait qu'il ne puisse pas voler à une altitude supérieure à plus de trente-cinq mille pieds,¹²⁴ ne sera pas suffisant pour dépasser la couverture que le « Polar Hawk » offre.¹²⁵ Un point important qu'il faut cependant prendre en considération est que plus le véhicule est gros, et plus il sera

¹²⁴ Défense Nationale, « Le CP-140 Aurora – Caractéristiques », consulté le 16 mars 2013, <http://www.rcaf-arc.forces.gc.ca/v2/equip/cp140/specs-fra.asp>.

¹²⁵ Ministère de la Défense nationale, *Performance, Benefits, and Costs of Long Endurance UAVs for Domestic Maritime Role* (Ottawa : Directorate of Operational Research (Maritime, Land & Air) Operational Research Division), août 2004, p. 11.

possible de l'équiper avec plus de charges utiles. Un véhicule plus petit, comme le « Predator B », plus il verra cette flexibilité diminuer.

Un autre facteur à considérer est l'effet météorologique sur l'utilisation des véhicules. En effet, les conditions météorologiques au Canada, et plus particulièrement dans l'Arctique, peuvent être très différentes de ceux des régions où les véhicules aériens sans pilote ont généralement été développés. Par exemple, les véhicules aériens sans pilote, comme le « Polar Hawk » et le « Predator B » ont été développés dans le sud des États-Unis, et ont été utilisés principalement en Afghanistan ou en Irak. Lors de la construction de ces types de véhicules aériens, il serait fort surprenant d'apprendre que les concepteurs aient effectivement considéré le fait que ces aéronefs puissent un jour être utilisés dans les conditions climatiques du Grand Nord. Plusieurs facteurs météorologiques peuvent influencer sur les performances d'un véhicule aériens de surveillance aérienne. Les paragraphes suivants feront l'analyse du vent, de la couverture nuageuse, les précipitations et le givrage ainsi que l'effet que ceux-ci ont sur les opérations des différents véhicules. Bien qu'il ne s'agisse pas ici d'une analyse exhaustive du climat dans l'Arctique, il souligne les questions qui devront être prises en compte avant toute intégration des véhicules aériens sans pilote dans l'arsenal de l'Aviation royale du Canada.

Les véhicules aériens sans pilote, même les plus gros comme le « Polar Hawk », sont quand même considérablement plus légers que les aéronefs militaires habités. Par conséquent, ces légers véhicules sont beaucoup plus susceptibles aux vents violents, en particulier pendant le décollage et les phases de récupération. Par exemple, le « Polar Hawk » a été conçu pour décoller et atterrir sur une piste sèche lorsque les vents de

travers ne dépassent pas les trente-sept kilomètres à l'heure.¹²⁶ Pour les véhicules aériens plus légers, comme le « Predator B », les limites de vitesse des vents de travers pour le décollage et l'atterrissage sont réduites entre vingt-neuf et trente-sept kilomètres à l'heure.¹²⁷ Comparativement au « CP-140Aurora », la limite des vents de travers de celui-ci est de soixante-cinq kilomètres à l'heure.¹²⁸

Les données recueillies à la station météorologique d'environnement Canada de l'aéroport de Resolute, au Nunavut, seront utilisées afin de comparer les vents moyens que l'on retrouve dans l'Arctique, puisque cet aéroport est localisé en plein centre du territoire. Les données sont basées sur les normales climatiques de 1971 à 2000 et démontrent clairement que les moyennes horaires mensuelles du vent varient entre vingt et vingt-trois kilomètres à l'heure.¹²⁹ Malgré que les données démontrent que les vents moyens sont sous les minimums requis pour le décollage et l'atterrissage des véhicules aériens sans pilotes, il n'en reste pas moins qu'une moyenne de vent élevée comme celle que l'on retrouve à Resolute démontre qu'il y a plusieurs journées où les vents sont supérieurs à ces minimums. En effet, selon Environnement Canada, le nombre de journées annuelles, où les vents ont été supérieurs à cinquante-deux kilomètres à l'heure

¹²⁶ Janes Polar Hawk – Global Hawk Max Cross wind landing/takeoff

¹²⁷ Predator B Max Cross Wind Landing/takeoff

¹²⁸ Département de la Défense nationale. C-12-140-012/MB-001 – Aircraft Operating Instructions – AIMP Block 2 – CP-140 Aurora – Basic Aircraft Systems (Ottawa: Chef d'état-major de la Défense, 2009), p.614.

¹²⁹ Environnement Canada, « Archives nationales d'information et de données climatologiques – Resolute, Nunavut », consulté le 20 mars 2013, http://climat.meteo.gc.ca/climate_normals/results_f.html?stnID=1776&autofwd=1&month1=0&month2=12.

entre les années 1971 à 2000, dépasse les soixante-cinq jours,¹³⁰ comparativement, par exemple, à trente-six jours à Greenwood, Nouvelle-Écosse.¹³¹ Cependant, la vitesse des vents de travers sur une piste est rarement égale à la vitesse absolue du vent, et de plus, il ne faut pas oublier que certains aéroports possèdent plus d'une piste d'atterrissage. Ainsi, les moyennes de vents supérieurs au minimum nécessaire pour les véhicules aériens sans pilotes afin de décoller et d'atterrir ne peuvent pas être utilisées pour prévoir une réduction de la disponibilité de ce type de véhicules à cause du vent. Ceci étant dit, il faut se rappeler que la limite des vents de travers, indiqué par les fabricants n'est valable que pour les pistes sèches, et est donc significativement réduit lorsque la piste est mouillée ou glacée. Puisque les données d'Environnement Canada démontrent qu'il y a des précipitations de neige durant plus de cent quatre-vingt-dix-sept jours en moyenne par années, il est possible de conclure que les pistes seront rarement sèches et dépourvues d'eau ou de glace, réduisant ainsi de beaucoup les minimums de décollages et d'atterrissage requis pour les véhicules aériens sans pilote. Les données semblent donc indiquer que l'utilisation des véhicules aériens sans pilote serait diminuée considérablement à cause de l'eau, la neige et la glace sur les pistes et les vents moyens élevés qui ne sont pas toujours constants et proprement orienter avec les pistes pour permettre le décollage et l'atterrissage dans la région de l'Arctique. Considérant les

¹³⁰ Environnement Canada, « Archives nationales d'information et de données climatologiques – Resolute, Nunavut », consulté le 20 mars 2013, http://climat.meteo.gc.ca/climate_normals/results_f.html?stnID=1776&autofwd=1&month1=0&month2=12.

¹³¹ Environnement Canada, « Archives nationales d'information et de données climatologiques – Greenwood, Nouvelle-Écosse », consulté le 20 mars 2013, http://climat.meteo.gc.ca/climate_normals/results_f.html?stnID=6354&lang=f&dCode=1&StationName=GREENWOOD&SearchType=Contains&province=ALL&provBut=&month1=0&month2=12

facteurs météorologiques des vents, il est possible de conclure que comparativement aux deux autres véhicules aériens sans pilote, le « CP-140 Aurora » possède beaucoup plus de flexibilité, pour décoller et atterrir dans des situations de vent de travers, et donc un taux de participation aux missions plus élevé.

Un des autres facteurs importants pour analyser la possibilité d'utiliser des véhicules aériens sans pilote pour assurer la sécurité dans l'Arctique est la couverture nuageuse. Le facteur de la couverture nuageuse constitue à être la fraction du temps, à une position précise, où la surface de la planète est couverte par des nuages, ou tout autre phénomène dérivé, telle que la pluie, la neige ou la bruine.¹³² Le champ visuel des caméras électro-optiques à infrarouge est grandement réduit lorsqu'elles sont employées lors de journées nuageuses et c'est pour cela que le radar constituera le détecteur de choix lors de telles situations. Il est cependant possible d'argumenter que peu importe si les caméras électro-optiques à infrarouge ainsi que les radars sont placés à bord des véhicules aériens conventionnels comme le « CP-140 Aurora » ou à bord des véhicules aériens sans pilote, les deux seront affectés identiquement. Le problème majeur relié à l'utilisation d'aéronef dans des endroits nuageux n'est pas relié au fait que les systèmes de détections s'en retrouvent limités. Le problème avec les nuages dans l'Arctique est relié directement au fait qu'il renferme de l'humidité et qu'il constitue la cause numéro un du givrage en vol.¹³³

¹³² Ministère de la Défense nationale, *Performance, Benefits, and Costs of Long Endurance UAVs for Domestic Maritime Role* (Ottawa : Directorate of Operational Research (Maritime, Land & Air) Operational Research Division), août 2004, p. 29.

¹³³ R. Klock et coll., *The Weather of the Yukon, Northwest Territories and Western Nunavut: Graphic Area Forecast 35* (Canada: NAV Canada, 2000), p. 12.

Les effets du givrage sur un aéronef en vol peuvent être très dangereux. En effet, le givrage sur les aéronefs se produit principalement lorsque ceux-ci entrent en contact avec les gouttelettes d'eau sous forme liquide que l'on retrouve dans les nuages. Il est possible de se demander comment de l'eau peut-être sous forme liquide et quand même givrer lorsqu'elle rentre en contact avec un aéronef puisqu'en altitudes, et encore plus dans la région de l'Arctique où les températures extérieures sont sous le point de congélation. Dans des conditions propices au givrage, les gouttelettes d'eau que l'on retrouve dans les nuages sont surfondues. En réalité, cela signifie que certaines gouttelettes d'eau sont toujours sous forme liquide à des températures inférieures à zéro. Le givrage se produit donc lorsque des gouttelettes d'eau surfondues frappent un aéronef dont la température est inférieure à zéro degré Celsius.¹³⁴ Le givrage sur l'aéronef détruit la fluidité de l'air, augmentant la traînée tout en diminuant la capacité de l'aile pour créer l'effet d'ascension. Malgré ce que l'on pourrait croire, le poids réel de la glace qui se forme sur l'aéronef est en effet insignifiant par rapport à la perturbation de la fluidité de l'air qu'elle provoque. Afin de rester en vol et maintenir la même altitude, l'aéronef doit soulever le nez et puisque l'angle d'attaque est augmenté, cela expose la partie inférieure des ailes et le fuselage et du fait même augmente la chance d'accumulation de givrage supplémentaire.¹³⁵ Le givrage s'accumule donc sur chacune des surfaces exposées de l'aéronef et non seulement sur les ailes, l'hélice, et le pare-brise. Le givrage s'accumulera aussi sur les antennes, les ports d'échappement ainsi que sur les différents panneaux du

¹³⁴ R. Klock et coll., *The Weather of the Yukon, Northwest Territories and Western Nunavut: Graphic Area Forecast 35* (Canada: NAV Canada, 2000), p. 9.

¹³⁵ Air Safety Institute, *Safety Advisor - Aircraft Icing* (Frederick: AOPA Air Safety Foundation, 2008), p. 1-2.

fuselage exposé. L'accumulation du givrage se fera partout où il n'y a pas de système de dégivrage ou d'antigivrage. L'accumulation de givrage peut même faire vibrer les antennes jusqu'à ce que ceux-ci se brisent. Dans des conditions de givrage de modérée ou sévères, même avec un système de dégivrage et d'antigivrage un aéronef peut devenir tellement affecté par le givre que la poursuite de la mission devient impossible. L'aéronef affecté par le givre peut décrocher à des vitesses beaucoup plus élevées et à des angles d'attaque plus faibles que la normale. Le givrage peut également provoquer l'arrêt du moteur soit par givrage du carburateur ou dans le cas d'un moteur à injection, lorsque le givrage bloque la source d'air du moteur.¹³⁶ Même avec son envergure et ses systèmes de dégivrage et d'antigivrage qu'il possède, le « CP-140 Aurora » ne peut voler dans des zones de conditions de givrage modéré ou extrême que pour une très courte période. Normalement, cette courte période sera utilisée pour quitter cette zone givrage puisqu'il n'est pas recommandé de voler dans ce type de condition météorologique.¹³⁷ Comme décrits précédemment dans ce mémoire de recherche, les véhicules aériens sans pilote semblable au « Predator B » et au « Polar Hawk », lequel est basé sur le « Global Hawk », ont effectivement été construits dans le sud des États-Unis dans le but d'être employé dans cette région ou dans les régions de l'Irak et de l'Afghanistan, où le problème de givrage est pratiquement inexistant. L'élément clé de facteur est le fait que le véhicule aérien sans pilote que le Canada se procurera sous le programme JUSTAS se devra d'être équipé d'un système de dégivrage et d'antigivrage puisque les véhicules sans pilote proposé jusqu'à présent ne le sont pas.

¹³⁶ *Ibid.*

¹³⁷ Département de la Défense nationale. C-12-140-012/MB-001 – Aircraft Operating Instructions – AIMP Block 2 – CP-140 Aurora – Basic Aircraft Systems (Ottawa: Chef d'état-major de la Défense, 2009), p.637.

Le dernier facteur qui sera regardé pour comparer les différents types de véhicules potentiellement affectés aux missions reliées à la sécurité de l'Arctique est la fiabilité de chacun des aéronefs. La fiabilité des différents aéronefs est une mesure importante afin de s'assurer du succès des missions. Même pour un véhicule aérien sans pilote, un certain niveau de fiabilité est nécessaire afin de s'assurer que l'aéronef peut être utilisé pleinement dans le contexte opérationnel et conforme à la réglementation de l'espace aérien. La fiabilité globale d'un avion dépend de nombreux facteurs, notamment la complexité du système, le nombre de composants (et sous-systèmes redondants), ainsi que la qualité des composants individuels utilisés pour construire les différents aéronefs.¹³⁸ De nombreux paramètres d'évaluation peuvent être utilisés afin de mesurer la fiabilité des différents aéronefs. Le plus évident est le taux d'accident, qui est le nombre d'aéronefs détruits (ou d'accident majeur) pour chaque cent mille heures de vol de la flotte. Dans une étude réalisée pour le département de la Défense nationale, on précisait que selon les données, en date de décembre 2003, pas un seul modèle des véhicules aérien sans pilote américain n'avait accumulé une telle quantité de temps de vol. En 2003, le « Prédateur B » ne possédait qu'un temps de vol moyen de cinquante mille heures, alors que le « Global Hawk » sur lequel le « Polar Hawk » est dérivé avait volé moins de deux mille heures. Lors de cette étude, le taux fiabilité démontrait que les véhicules aériens sans pilote étaient beaucoup moins fiables que d'autres aéronefs, dont

¹³⁸ Ministère de la Défense nationale, *Performance, Benefits, and Costs of Long Endurance UAVs for Domestic Maritime Role* (Ottawa : Directorate of Operational Research (Maritime, Land & Air) Operational Research Division), août 2004, p. 32.

le « CP-140 Aurora ». ¹³⁹ Encore aujourd'hui, aucun appareil « CP-140 Aurora » n'a été impliqué dans un accident grave et ils ont toujours été considérés comme étant extrêmement fiables. ¹⁴⁰ Ceci étant dit, selon les données présentées par la Force aérienne des États-Unis, les statistiques démontrent effectivement que les véhicules aériens sans pilote deviennent de plus en plus fiables. ¹⁴¹ Il est vrai que les statistiques présentées ne précisent pas le taux d'incidents lors d'opération dans l'Arctique, mais avec le climat extrême que l'on retrouve dans cette région, il est facile de croire que le taux d'incident ne pourrait être supérieur. De plus, peu importe si les véhicules aériens sans pilote deviennent de plus en plus fiables, le fait que le « CP-140 Aurora » n'a jamais eu d'incident majeur démontre hors de tout doute que celui-ci a une fiabilité supérieure aux deux autres aéronefs proposés pour le projet JUSTAS.

Cette section a mis en valeur l'importance de la persistance, le rayon d'action, le temps de réponse, la couverture, la fiabilité, ainsi que les effets de la météo sur l'utilisation des véhicules aériens sans pilote. Cette section démontre en effet que le « Polar Hawk », s'il est équipé avec un système de dégivrage et d'antigivrage répondra au besoin pour les missions dans l'Arctique canadien. Malgré le fait qu'il possède une vitesse de maximum inférieure à celle du « CP-140 Aurora », il n'en reste pas moins qu'il peut voler à près de sept cents kilomètres à l'heure, et cette différence de temps de réponse est donc négligeable. De plus, le « Polar Hawk » possède effectivement

¹³⁹ *Ibid.*, p. 33.

¹⁴⁰ Canadian Naval Review, « CP-140 *Aurora* Modernization - The Aurora Incremental Modernization Project (AIMP): The Future of the CP-140s », consulté le 20 mars 2013, <http://naval.review.cfps.dal.ca/forum/view.php?topic=38>.

¹⁴¹ U.S. Air Force, « Air Force Safety Center – Aircraft Statistics », consulté le 20 mars 2013, <http://www.afsec.af.mil/organizations/aviation/aircraftstatistics/index.asp>.

un grand rayon d'action lui permettant un haut niveau de persistance, ce qui est nécessaire étant donné la grande étendue du territoire arctique. Il est vrai que le « CP-140 Aurora » est beaucoup plus flexible en ce qui a trait au déploiement dans l'Arctique puisqu'il peut atterrir et redécoller dans n'importe quel aéroport puisqu'il a la possibilité de se déployer avec ces propres techniciens et pièces de rechange. Ceci étant dit, cela n'empêche pas la possibilité de pré positionné des techniciens qualifiés avec l'équipement nécessaire pour supporter le « Polar Hawk » à des endroits stratégiques qui permettrait le support au sol. Cela aurait pour effet de lui donner un rayon d'action supérieur dans le Nord, en plus de pouvoir rester en vol pour plusieurs heures dans n'importe quelle zone de l'Arctique canadien. Le problème avec le « Predator B » qui rend cette option moins favorable que le « Polar Hawk » et reliée à sa grosseur. En effet, le « Predator B » est trop limité par les conditions météorologiques, plus particulièrement en ce qui a trait aux vents. Le « CP-140 Aurora » est plus que capable de faire les missions dans l'Arctique. De plus, cet appareil est utilisé pour les patrouilles nordiques plusieurs fois par année, et cela depuis son inauguration dans les années 1980. Bien que le « CP-140 Aurora » soit en pleine modernisation, il n'en reste pas moins que dans un maximum de quinze ans, cet appareil se devra d'être remplacé. Jusqu'à ce que le gouvernement du Canada achète un véhicule aérien sans pilote, le « CP-140 Aurora » est donc l'option la plus logique en ce moment en ce qui a trait aux missions pour sécuriser l'Arctique.

CONCLUSION

L'histoire et l'origine des véhicules aériens sans pilote, malgré le fait qu'il existe plusieurs livres sur ce sujet diffèrent d'un à l'autre. L'origine du nom ainsi permet ainsi de mieux comprendre ce que l'on veut dire par les mots drone, avion téléguidé et véhicule aériens sans pilote. L'origine et le développement des véhicules aériens sans pilote démontrent aussi que la majorité des véhicules aériens sans pilote se sont développés dans des pays où le climat était tempéré ou pour être utilisé dans des conditions météorologiques normales. Cela démontre aussi que les véhicules aériens sans pilotes généralement utilisés pour des fins militaires ne sont pas faits pour être utilisés dans des conditions climatiques extrêmes comme l'on retrouve dans l'Arctique Canadien. Ce travail a tenté de démontrer que les véhicules aériens sans pilote peuvent être utilisés non pas pour assurer la souveraineté de l'Arctique canadien, mais bien pour en assurer la sécurité. La souveraineté du Canada n'est effectivement pas menacée. Les problèmes avec le Danemark et l'île de Hans sont les divergences d'opinions et la frontière maritime dans la mer de Beaufort avec les États-Unis, ne remettent nullement en cause la souveraineté du Canada. Cependant, les changements climatiques importants que l'on vit en ce moment affectent grandement la fonte des glaces dans l'Arctique. La fonte des glaces aura sans aucun doute un effet sur la sécurité du Canada et de l'Arctique. La fonte des glaces ouvrira sans aucun doute le passage du Nord-Ouest dans les prochaines années et donc la navigation maritime commerciale risque d'augmenter considérablement. Bien que le passage du Nord-Ouest situé près des côtes de la Russie risque d'ouvrir bien plus tôt que celui du Canada, le gouvernement canadien doit continuer de prendre en considération l'augmentation du trafic commercial. Il ne faut pas être naïf et croire que le

fait que les routes maritimes dans l'archipel arctique canadien ne sont pas bien documentées ne fera pas augmenter le trafic maritime. L'augmentation de ce trafic commercial aura sans aucun doute un effet direct sur la sécurité de l'Arctique. La situation politique actuelle ne suppose pas qu'il y aura une invasion dans l'Arctique, mais il y a quand même un d'autres dangers, comme la possibilité de pollution, de pêches illégales, d'immigrants illégaux ainsi que le trafic de produits illégaux. Le gouvernement du Canada se doit de posséder les outils nécessaires afin d'assurer la sécurité de l'Arctique. Les véhicules aériens sans pilote offrent effectivement cette possibilité. Cependant, le « CP-140 Aurora », que l'on retrouve en ce moment dans l'inventaire militaire canadien, répond déjà aux besoins. Ceci étant dit, cet aéronef prend de l'âge et devra être remplacé d'ici peu. Dans une quinzaine d'années, il faudra que le gouvernement possède un aéronef possédant la capacité de patrouiller dans l'Arctique canadien.

Ce travail de recherche démontre qu'en effet, les véhicules aériens sans pilote, tel que le « Polar Hawk », pourront effectivement répondre aux besoins nécessaires aux missions dans l'Arctique. Cependant, il devra posséder les atouts nécessaires pour opérer dans un environnement austère, unique à l'Arctique canadien. Avec les réductions budgétaires qui affectent tous les départements du gouvernement, il est certain que si le gouvernement canadien achète un véhicule aérien sans pilote, celui-ci ne sera pas seulement utilisé qu'à sécuriser l'Arctique. Il se devra d'être polyvalent afin qu'il puisse être utilisé à d'autres fins, comme les patrouilles des zones d'approche maritime. Ceci étant dit, il est crucial que le véhicule aérien sans pilote possède l'équipement nécessaire à opérer dans l'Arctique. Si un véhicule aérien peut opérer dans l'Arctique, il pourra

opérer partout ailleurs au Canada et même en mission outre-mer. Cependant, s'il peut opérer partout ailleurs au Canada et même outre-mer, cela ne veut pas nécessairement dire qu'il pourra opérer dans l'Arctique.

BIBLIOGRAPHIE

- Ackerman, Evan. « Japan Earthquake: Global Hawk UAV May Be Able to Peek Inside Damaged Reactors », extrait de *Spectrum IEEE*, 17 mars 2011.
- Actu-environnement. « Gouvernance de l'Arctique : les tensions actuelles prennent des allures de nouvelle guerre froide », accédé le 4 mars 2013, <http://www.actu-environnement.com/ae/news/arctique-debat-gouvernance-acces-ressources-naturelles-11190.php4>
- Affaire étrangère et Commerce international Canada, « Énoncé de la politique étrangère du Canada pour l'Arctique : Exercer notre souveraineté et promouvoir à l'étranger la stratégie pour le nord du Canada », accédé le 4 mars 2013, http://www.international.gc.ca/polar-polaire/canada_arctic_foreign_policy_booklet-la_politique_etrangere_du_canada_pour_arctique_livret.aspx?lang=fra&view=d.
- Air Safety Institute. *Safety Advisor - Aircraft Icing*, Frederick: AOPA Air Safety Foundation, 2008
- Aviation.ca. « CU-170 Heron Unmanned Aerial Vehicle Ready to go to Work », accédé le 15 mars 2013, <http://www.aviation.ca/200902126883/news/canada/military/6883-cu-170-heron-unmanned-aerial-vehicle-ready-to-go-to-work>.
- Aviation Week. « Northrop Pitches Polar Hawk For Canada Arctic Role », accédé le 15 japanmars 2013, http://www.aviationweek.com/Article.aspx?id=/article-xml/asd_05_31_2012_p03-01-463356.xml.
- Broadhead, Lee-Ann. « Canada sovereignty versus northern security », extrait d'*International Journal*, n^o. 4, 2010, p. 913-930.
- Canada. Département de la Défense nationale. C-12-140-012/MB-001 – *Aircraft Operating Instructions – AIMP Block 2 – CP-140 Aurora – Basic Aircraft Systems*, Ottawa : Chef d'état-major de la Défense, 2009
- Canada. Département de la Défense nationale. B-GJ-005-000/FP-002, PIFC 01 – *Doctrine militaire canadienne*, Ottawa : Chef d'état-major de la Défense, 2009.
- Canada. Département de la Défense nationale. B-GJ-005-300/FP-002, PIFC 3.0 – *Les opérations*, Ottawa : Chef d'état-major de la Défense, 2011.
- Canada. Ministère de la Défense nationale. ORD PROJECT REPORT PR-2004/14 - *Performance, Benefits, and Costs of Long Endurance UAVs for Domestic Maritime Role*, Ottawa : Directorate of Operational Research (Maritime, Land & Air) Operational Research Division, août 2004.

- Canada. Département de la Défense nationale. *Stratégie de défense : Le Canada d'abord*. Ottawa : Groupe communication Canada, 2008.
- Canada. Department of National Defence, *Canada International Policy Statement*, Ottawa : Information Canada, 2005.
- Canada. Sénat du Canada. Comité sénatorial permanent de la Sécurité nationale et de la défense, *Délibération*, n° 1, le lundi 22 mars 2010.
- Canadian Naval Review. « CP-140 Aurora Modernization — The Aurora Incremental Modernization Project (AIMP): The Future of the CP-140s », accédé le 20 mars 2013, <http://naval.review.cfps.dal.ca/forum/view.php?topic=38>.
- Cazin, Philippe. « Evolution du contexte technologique : Le point sur la recherche industrielle » extrait de *Quel avenir pour les drones? – Avion sans pilote*, Paris :L'Harmattan, 1998.
- Christensen, Kyle D. « Arctic Maritime Security and Defence: Canadian Northern Security Opportunities and Challenges », Technical Report TR2005/01 Canada : Département de la Défense nationale, février 2005.
- Christensen, Kyle D. « The Arctic – The Physical Environment », Technical Report DRDC CORA TM 2010-193, Canada : Département de la Défense nationale, septembre 2010.
- Carnaghan, Matthew et Allison Goody. « La souveraineté du Canada dans l'Arctique », *Bibliothèque du Parlement*, PRB 05-61F, 26 janvier 2006.
- Cécile, Jean-Jacques. *La guerre des robots*, Paris : Ellipses Édition Marketing, 2006.
- Choinière, Yvan. « Is the UCAV the Answer to Canada's Northern Sovereignty? », travail rédigé dans le cadre du Cours des études de sécurité nationale, Collège des Forces canadiennes, 2010.
- Côté, François et Robert Dufresne. « L'Arctique : Les revendications juridiques du Canada », *Bibliothèque du Parlement*, InfoSérie PRB 08-05F, 24 octobre 2008.
- Défense nationale. « JTFN Home – Canadian Forces in the High Arctic », accédé le 16 mars 2013, <http://www.cfna.forces.ca/news/nws-100412-eng.asp>.
- Défense nationale. « Le CP-140 Aurora – Caractéristiques », accédé le 16 mars 2013, <http://www.rcaf-arc.forces.gc.ca/v2/equip/cp140/specs-fra.asp>.
- Defense News. « Canada Ramps Up Arctic Arsenal », accédé le 16 mars 2013, <http://www.defensenews.com/article/20120625/DEFREG02/306250001/Canada-Ramps-Up-Arctic-Arsenal>.

Defense Systems. « Air Force bestows excellence award on Global Hawk program », accédé le 15 mars 2013, <http://defensesystems.com/articles/2013/02/28/global-hawk-air-force-excellence-award.aspx>.

Department of Defense. *Unmanned Aircraft Systems Roadmap 2005-2030*, Washington: Office of the Secretary of Defense, 2005.

Dufresne, Robert. « Revendication controversées du Canada à l'égard des eaux et des zones maritimes Arctiques », *Bibliothèque du Parlement*, PRB 07-47F, 10 janvier 2008.

Emmerson, Charles. *The Future History of the Arctic*, New York: PublicAffairs, 2010.

Encyclopédie Larousse. « Les frères de Montgolfier », accédé le 2 février 2013, <http://www.larousse.fr/encyclopedie/groupe-personnage/Montgolfier/133850>.

Environnement Canada. « Archives nationales d'information et de données climatologiques – Greenwood, Nouvelle-Écosse », accédé le 20 mars 2013, http://climat.meteo.gc.ca/climate_normals/results_f.html?stnID=6354&lang=f&dCode=1&StationName=GREENWOOD&SearchType=Contains&province=ALL&provBut=&month1=0&month2=12

Environnement Canada. « Archives nationales d'information et de données climatologiques – Resolute, Nunavut », accédé le 20 mars 2013, http://climat.meteo.gc.ca/climate_normals/results_f.html?stnID=1776&autofwd=1&month1=0&month2=12.

Environnement Canada. « Conclusions des présidents de la réunion des ministres de l'Environnement des pays de l'Arctique : Changements dans l'Arctique – effets planétaires », accédé le 4 mars 2013, <http://www.ec.gc.ca/international/default.asp?lang=Fr&n=C734A04E-1>

Fein, Geoff. « Sensory perception : shipborne UAVs rise to the occasion », extrait de IHS Jane's Navy International, vol 117, issue 6 (juillet/août 2012), p. 12-17.

Fisher, Matthew. « Canada deploys drones in the Far North military exercise », extrait de *Postmedia News*, 5 août 2011.

Francis, Leithen. « Canada Outlines Arctic UAV Requirement », extrait de *Aviation Week*, 4 juin 2012.

- FrontLine Defense Articles. « MDA : Project Noctua – Unmanned Paradigm », FrontLine Defence, volume 8, N° 2, mars 2011.
- General Atomics Aeronautical. « Aircraft Platform – Predator B », accédé le 16 mars 2013, http://www.ga-asi.com/products/aircraft/predator_b.php.
- Gerken, Louis. *UAV – Unmanned Aerial Vehicles*, Chula Vista: American Scientific Corp., 1991.
- Gouvernement du Canada. « Stratégie pour le Nord du Canada : Protéger notre patrimoine naturel », accédé le 4 mars 2013, <http://www.northernstrategy.gc.ca/env/index-fra.asp>.
- Greenpeace Canada. « Il faut protéger l'Arctique », accédé le 4 mars 2013, <http://www.greenpeace.org/canada/fr/campagnes/Energies/Arctique/>.
- Hart, Clive. *Kites : an Historical Survey*, Mount Vernon : Paul.P. Appel Pub, 1984.
- Herald Arts and Life. « Defence Headquarters Sets its Sights on Billion-Dollar Fleet of Armed Drones », accédé le 15 mars 2013, <http://thechronicleherald.ca/thenovascotian/132190-defence-headquarters-sets-its-sights-on-billion-dollar-fleet-of-armed-drones>.
- Honeywell Aerospace. « Honeywell T-Hawks Aids Fukushima Daiichi Disaster Recovery », accédé le 20 février 2013, <http://aerospace.honeywell.com/markets/defense/unmanned-systems/2011/04-April/honeywell-t-hawk-aids-fukushima-daiichi-disaster-recovery>.
- Information and Privacy Commissioner. *Privacy and Drones: Unmanned Aerial Vehicles*, Toronto: Information and Privacy Commissioner, août 2012.
- International Online Defense Magazine. « Dragon Eye Miniature UAV », accédé le 15 mars 2013, <http://defense-update.com/products/d/dragoneyes.htm>.
- International Online Defense Magazine. « Heron MALE System : Medium Altitude Long Endurance UAV », accédé le 15 mars 2013, <http://www.defense-update.com/products/h/Heron-UAV.htm>
- Israel Aerospace Industry. « Searcher Mk. III », accédé le 15 mars 2013, http://www.iai.co.il/18894-15742-en/BusinessAreas_UnmannedAirSystems_SearcherIII.aspx.
- Jarnot, Charles. « History », extrait d'*Introduction to Unmanned Aircraft Systems*, sous la direction de Richard K. Barnhart, Stephen B. Hottman, Douglas M. Marshall, et Eric Shappee, Boca Raton : CRC Press, 2012, p. 1 -16.

- Kenny, Jason. « Unmanned Aircraft Systems : Are Expectations Realistic? », travail rédigé dans le cadre du programme du commandement et d'état-major interarmées, Collège des Forces canadiennes, 2012.
- Klock, R., E. Hudson, D. Aihoshi, J. Mullock. *The Weather of the Yukon, Northwest Territories and Western Nunavut: Graphic Area Forecast 35*, Canada: NAV Canada, 2000.
- Lacoste, Pierre. « Historique des drones », extrait de *Quel avenir pour les drones? – Avion sans pilote*, Paris :L'Harmattan, 1998.
- La Presse. « L'environnement, une priorité pour les canadiens », accédé le 4 mars 2013, <http://www.lapresse.ca/environnement/201212/26/01-4606907-lenvironnement-une-priorite-pour-les-canadiens.php>.
- Le Devoir. « Sondage La Presse canadienne-Harris-Decima — L'environnement tient à coeur aux Canadiens », accédé le 4 mars 2013, <http://www.ledevoir.com/environnement/actualites-sur-l-environnement/263932/sondage-la-presse-canadienne-harris-decima-l-environnement-tient-a-coeur-aux-canadiens>.
- Lalonde, Suzanne. « Increased Traffic through Canadian Arctic Waters : Canada's State of Readiness », extrait de *Revue judiciaire Thémis*, vol. 38, n° 1, 2004, p. 49-124.
- Maliniak, Lisa. « Elmer A. Sperry: One Part Inventor, One Part Entrepreneur », extrait de *Electronic Design 53*, N°. 23, 20 octobre 2005.
- MacDonald, Dettwiler and Associates. « UAS – Downloads », accédé le 15 mars 2013, <http://www.uavs.ca/downloads/>.
- McDaid, Hugh et David Oliver. *Robot Warriors : The Top Secrets of the Pilotless Plane*, London: Orion Media, 1997.
- Ministry of Defence Singapore. « Searcher Unmanned Aerial Vehicle », accédé le 15 mars 2013, www.mindef.gov.sg/imindef/mindef_websites/topics/xfs/assets/uav.html.
- Munson, Kenneth. *World of Unmanned Aircraft*, New York: Jane's Publishing Inc., 1988.
- National Post. « Predator Drones Patrolling Canada-U.S. Border », accédé le 16 mars 2013, <http://www.nationalpost.com/news/story.html?id=1727873>.
- National Research Council. *Uninhabited Air Vehicles – Enabling Science for the Military Systems*, Washington: National Academy Press, 2000.

- Naval-Technology.com. « ScanEagle, United States of America », accédé le 15 mars 2013, <http://www.naval-technology.com/projects/scaneagle-uav/>.
- Newcome, Laurence R. *Unmanned Aviation: A Brief History of Unmanned Aerial Vehicles*. Reston: American Institute of Aeronautics and Astronautics, Inc., 2004.
- Northrop Grumman. « High-Altitude, Long-Endurance Unmanned Aircraft Systems », accédé le 15 mars 2013, <http://www.northropgrumman.com/Capabilities/GlobalHawk/Pages/default.aspx>.
- Northrop Grumman. « RQ-4 Block 40 Global Hawk : Proven, Persistent, Performing. High-Altitude, Long-Endurance Unmanned Aircraft System », accédé le 15 mars 2013, http://www.northropgrumman.com/Capabilities/GlobalHawk/Documents/Datasheet_GH_Block_40.pdf.
- Parramore, Thomas C. *First to Fly: North Carolina and the Beginnings of Aviation*, North Carolina, The University of North Carolina Press, 2002.
- Pendall David W. « Persistent Surveillance and Its Implications for the Common Operating Picture », extrait de *Military Review*, novembre-décembre 2005, p. 41-50.
- Pharand, Donat. « The Arctic Waters and the Northwest Passage : A Final Revisit », extrait de *Ocean Development & International Law*, janvier-juin, 2007, vol 38, p. 3-69.
- Philpott, Daniel. « Sovereignty : An introduction and Brief History », extrait de *Journal of International Affairs*, vol 48, N°2, hiver, 1995.
- Popular Science. « British Troops Deploy the Teeniest Recon Drone », consulté le 15 mars 2013, <http://www.popsci.com/technology/article/2013-02/meet-baby-drone>.
- Radio Canada. « Les revendications canadienne sur l'Arctique », accédé le 4 mars 2013, <http://www.radio-canada.ca/sujet/Expedition-Franklin/2012/08/27/001-arctique-revendications-canadiennes.shtml>.
- Siuru, William D. *Planes without Pilots : Advances in Unmanned Flight*, Blue Ridge Summit: Diane Publishing Compagny, 1991.
- Southwick, Albert B. « Little-Known Inventor, Nikola Tesla, Gets His due », extrait de *Telegram & Gazette*, 25 avril, 2004.
- The Arctic. « L'Arctique en changement », accédé le 4 mars 2013, http://www.thearctic.is/articles/overviews/changing/franska/kafli_0200.htm.

- The Boeing Compagny. « Backgrounders – ScanEagle », accédé le 15 mars 2013, http://www.boeing.com/farnborough2012/pdf/ScanEagle_Backgrounder_March2012.pdf.
- The Cold War Museum. « The U2 Incident », accède le 20 février, 2013, http://www.coldwar.org/articles/60s/u2_incident.asp
- The National Snow and Ice Data Center. « Arctic Sea Ice News & Analysis » accédé le 20 février, 2013, <http://nsidc.org/arcticseaicenews/>
- Travaux publics et Services gouvernementaux Canada. « JUSTAS Project – Request for Information », N° d’invitation 660BL-120002/A, 23 juillet 2012.
- Unmanned Aerial System Vision. « Unmanned Aircraft are Valuable Theatre Assets says Royal Canadian Air Force », accédé le 15 mars 2013, <http://www.uasvision.com/2011/08/30/unmanned-aircraft-are-valuable-theatre-assets-says-royal-canadian-air-force/>.
- U.S. Air Force. « Air Force Safety Center – Aircraft Statistics », accédé le 20 mars 2013, <http://www.afsec.af.mil/organizations/aviation/aircraftstatistics/index.asp>.
- Wagner, William D. et William H. Sloan. *Fireflies and Other Unmanned Aerial Vehicles*, Leicester: Midland Publishing Limited, 1992.
- Weibel, Roland E. et R. John Hansman Jr. « Safety Considerations for Operations of Different Classes of UAVs in the NAS », extrait de *American Institute of Aeronautics and Astronautics*, 20 septembre 2004, p. 1-3.
- Wings. « The Wild New Frontier », accédé le 15 mars 2013, <http://www.wingsmagazine.com/content/view/5966/59/>.
- World Distance Calculator. « Distance between Comox, B. C. (,Canada) [Airport] and Alert Airport (,Canada) [Airport] », accédé le 20 mars 2013, [http://distancecalculator.globefeed.com/World_Distance_Result.asp?fromplace=Comox, B. C. \(,Canada\) \[Airport\] & toplace=Alert Airport \(,Canada\) \[Airport\]&fromlat=49.710833&tolat=82.517778&fromlng=-124.886667&tolng=-62.280556](http://distancecalculator.globefeed.com/World_Distance_Result.asp?fromplace=Comox,B.C.(,Canada)[Airport]&toplace=AlertAirport(,Canada)[Airport]&fromlat=49.710833&tolat=82.517778&fromlng=-124.886667&tolng=-62.280556).
- Zubeldia, Océane. *Histoire des drones : De 1914 à nos jours*, France : Perrin, 2012.