

Canadian
Forces
College

Collège
des
Forces
Canadiennes



Véhicules terrestres sans pilote – Un investissement envisageable?

Major Alexandre J.J. Dionne

JCSP 46 DL

Solo Flight

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.

© 2021 Her Majesty the Queen in Right of Canada, as represented by the Minister of National Defence.

PCEMI 46 AD

Solo Flight

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.

© 2021 Sa Majesté la Reine du Chef du Canada, représentée par le ministre de la Défense nationale.

CANADIAN FORCES COLLEGE – COLLÈGE DES FORCES CANADIENNES

JCSP 46 DL 2 – PCEMI 46 AD 2
2019 – 2021

SOLO FLIGHT

**VÉHICULES TERRESTRES SANS PILOTE –
UN INVESTISSEMENT ENVISAGEABLE?**

Par le lcol A.J.J. Dionne

“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.”

“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.”

VÉHICULES TERRESTRES SANS PILOTE – UN INVESTISSEMENT ENVISAGEABLE?

Introduction

Nous sommes dans une époque d'avancements technologiques à des fins militaires modifiant non seulement l'armement (missiles hypersoniques), mais aussi les doctrines de combat comme l'utilisation des drones dans le conflit entre l'Arménie et l'Azerbaïdjan. Implicitement, la nécessité s'impose de repenser la manière traditionnelle d'opérer. *La politique de défense du Canada Protection, Sécurité, Engagement* stipule que le Canada doit chercher à bénéficier des technologies émergentes¹. Ce point est d'ailleurs explicitement reconnu au travers de la *Stratégie de modernisation de l'Armée canadienne* en disant que « la technologie doit absolument être mise à profit pour assurer la supériorité militaire² ». Ainsi, envers les pressions des ressources – budgétaires, le manque de personnel, l'équipement qui vieillit et les soucis de réduire les risques des soldats – l'intérêt de l'Armée canadienne (AC) s'accroît envers les véhicules terrestres sans pilote (VTSP) comme solution possible pour résoudre ces problèmes³. Ceux-ci fonctionnent sans présence humaine à bord et devraient jouer un rôle essentiel dans l'amélioration des performances, de l'efficacité et de la sécurité puisque leurs utilités s'étendent dans les fonctions d'action, de détection, de protection, de soutien et de commandement. Ils sont étudiés au travers des opérations dispersées adaptatives dans des zones élargies ou en zones urbaines en

¹ Canada. Département de la Défense nationale, *Protection, Sécurité, Engagement - Politique de défense du Canada* (Ottawa, juin 2017), p. 55.

² Canada. Département de la Défense nationale, *Engagé vers l'avant : la stratégie de modernisation de l'Armée canadienne*, 4^e éd. (Ottawa, décembre 2020), p. 27.

³ Canada. Département de la Défense nationale, *Protection, Sécurité, Engagement - Politique de défense du Canada* (Ottawa, juin 2017), p. 8 ; Canada. Département de la Défense nationale, *Engagé vers l'avant : la stratégie de modernisation de l'Armée canadienne*, 4^e éd. (Ottawa, décembre 2020), p. 53 ; Eyre LGen., W.D., *Philosophie de commandement du Commandant de l'Armée canadienne*, 2^e édition (Quartier général de l'Armée canadienne, 8 février 2021), p. 5 ; Lapointe Lcol, Angie, « CA G1 – Staffing Realities » (Ottawa : Quartier général de l'Armée canadienne, 3 février 2021), p. 4.

considérant l'émergence de nouvelles technologies perturbatrices ainsi qu'en appui aux civiles (domestique ou humanitaire)⁴. Dès lors, cela soulève le débat à savoir s'il est envisageable pour l'AC d'investir dans les véhicules terrestres sans pilote dans un horizon de 2035-2040⁵?

Au travers de cet essai, nous avançons l'hypothèse que l'AC peut éventuellement s'initier dans l'acquisition de ces plateformes, mais de manière limitée. En ce sens, pour envisager une intégration répondant aux futurs concepts d'opérations, l'institution ne sera pas en mesure de s'y investir pleinement à moins d'entamer une transformation importante pour appuyer les besoins de ces véhicules. Afin de démystifier cette problématique, nous débiterons par regarder qu'elles sont les développements en cours sur ces plateformes et les tâches qu'elles pourraient remplir afin d'identifier le potentiel pour l'AC de les implémenter. De là, nous transigerons vers l'analyse des différents changements qu'elles imposeront comparativement à la situation actuelle. Ainsi, nous serons en mesure de bien comprendre les transformations nécessaires pour intégrer cette technologie tout en faisant ressortir les points de pression et les limitations de l'AC.

⁴ Canadian Army Land Warfare Centre, *Canada's Future Army, vol. 1, Methodology, Perspectives and Approaches* (Kingston: Army Publishing Office, 2015) ; Canadian Army Land Warfare Centre, *Canada's Future Army, vol. 2, Force Employment Implications* (Kingston: Army Publishing Office, 2015) ; Canadian Army Land Warfare Centre, *Canada's Future Army, vol. 3, Alternate Worlds and Implications*, (Kingston: Army Publishing Office, 2015) ; Centre de guerre terrestre de l'Armée Canadienne, *Engagement rapproché – La puissance terrestre à l'ère de l'incertitude – Opérations adaptables et dispersées en évolution* (Kingston: Bureau de publication de l'Armée, 2019) ; Directorate of Land Concepts and Design, *Designing Canada's Army of Tomorrow – A Land Operation 2021* (Kingston: Army Publishing Office, 2011).

⁵ Malgré qu'il soit sujet à débats, nous retenons cet horizon pour les fins de cet essai en ce qu'il représente une période durant laquelle l'AC devrait remplacer certains véhicules, notamment les Léopard 2 et est une estimation quant au potentiel de l'intelligence artificielle de pouvoir rendre les VTSP entièrement autonome. Fontaine Lcol., Daniel, « LEOBEN - Steering Committee: Canadian Update », Présentation, *LEOBEN Conference 2018* (Allemagne 2018); Lye, Harry, « Will unmanned ground vehicles replace tanks? », *Army Technology*, (1 septembre 2020), consulté en ligne le 15 février 2021, [Will unmanned ground vehicles replace tanks? \(army-technology.com\)](http://www.army-technology.com) ; Quintana, Elizabeth, « The Ethics and Legal Implications of Military Unmanned Vehicles » (Londre: Royal United Services Institute for Defence and Security Studies, 2008), p. 5.

Capacité en développement

Il faut d'abord connaître les caractéristiques des VTSP pour conceptualiser leur emploi avant d'analyser les considérations pour les intégrer.

Configurations. Ces véhicules viennent dans différentes tailles et configurations leur permettant de remplir une variété de tâches/missions faisant d'eux un potentiel multiplicateur de la force. Ils se classent dans le spectre de télécommandé, partiellement commandé, avec l'option d'être commandé ou ceux qui sont complètement autonomes⁶. Ils peuvent être sur roues ou sur chenilles leur permettant un accès à toutes les variétés de terrain.

Tâches. Les « systèmes télécommandés ou autonomes mériteraient d'être poursuivis s'ils peuvent remplacer les soldats dans des tâches qui sont sales, ennuyeuses, dangereuses ou interdites [traduction libre]⁷ ». En réponse, les VTSP sont des outils tactiques aidant dans la livraison du soutien logistique, la destruction des engins explosifs improvisés, dans la défense de zone, de reconnaissance chimique, biologique et radioactive (CBR) ou encore appuyer le processus d'intelligence, de surveillance, d'acquisition d'objectifs et de reconnaissance (ISTAR)⁸. Dans l'industrie, les développements se poursuivent afin d'améliorer les capteurs, l'armement et les capacités de cargaison des

⁶ Lair Capt., Pierre-Olivier, « Syndicate 3 – Emerging Technology – Autonomus Vehicles », Présentation (Kingston : Technical Staff College, mai 2018), p. 17-20 ; Teffera, Eyoel and Stephen Baker, « Land Trial 14/2018 – Robotic and Autonomous Systems Uncrewed Ground Vehicle Concept Evaluation » (Australian Government, Department of Defence Science and Technology, Land Division Defence Science and Technology Group, 2020), p. 2.

⁷ Canadian Army Land Warfare Centre, *Canada's Future Army, vol. 2, Force Employment Implications* (Kingston: Army Publishing Office, 2015), p. 65.

⁸ Aerospace and Defense Technology, « The Role of Autonomous Unmanned Ground Vehicle Technologies in Defense Applications » (1 octobre 2020), consulté en ligne le 23 mars 2021, [The Role of Autonomous Unmanned Ground Vehicle Technologies in Defense Applications - Aerospace & Defense Technology \(aerodefensetech.com\)](https://www.aerodefensetech.com) ; Army Technology, « Talon Tracked Military Robot » (20 juillet 2020), consulté en ligne le 8 mai 2021, <https://www.army-technology.com/projects/talon-tracked-military-robot/>

véhicules, ce qui les rendra encore plus versatiles et proches d'une intégration transparente avec les soldats dans toutes les fonctions opérationnelles.

Investissements envisageables ? Les VTSP vont être équipés des capacités existantes aux performances accrues, selon les nouvelles générations d'équipement, en plus d'être des véhicules plus petits que ceux avec équipage. Sans passer en revue les différentes plateformes et leurs caractéristiques, force est de reconnaître que ces développements s'alignent avec les besoins de l'AC de protection des soldats en maintenant, sinon augmentant, l'efficacité et le rapport de force sur le terrain suivant les concepts d'opérations envisagés. Sur ces bases, il est envisageable pour l'AC d'investir dans cette technologie. Néanmoins, *le démon est dans les détails.*

Considérations d'intégration

L'intégration des VTSP va générer des besoins différents et supplémentaires dont l'AC se doit d'adresser au risque d'accentuer les pressions sur ses ressources et de mettre en péril sa sécurité opérationnelle. Pour le démontrer, notre analyse suivra le modèle de développement de la force basé sur les capacités, soit le PRICIE+G⁹. Cette méthodologie

⁹ Personnel ; Recherche et Développement ; Infrastructures ; Concepts et doctrines ; Information ; Équipements ; Générer. Les analyses PRICIE + G forment les éléments de base de la planification basée sur les capacités. Bien que les capacités partagent des éléments communs, la quantité relative et l'importance de leurs composants fonctionnels varieront en fonction des aspects opérationnels auxquels elles sont destinées. PRICIE + G fournit un cadre analytique normalisé que le groupe de travail sur le développement des forces de l'AC doit entreprendre pour compléter l'analyse. L'analyse PRICIE + G doit être effectuée pour révéler, en termes généraux, les implications pour chacun des composants pertinents et les grandes options (y compris les structures conceptuelles) qui pourraient résoudre le déficit de capacités et, plus en détail, décrire les résultats nécessaires pour atteindre la capacité souhaitée dans la réalisation du concept d'exploitation adopté pour l'Armée de demain. Sur la base de l'analyse, des plans d'action de génération de force pourraient être développés pour fournir diverses gammes de solutions pour le concept d'exploitation. Les solutions peuvent varier en termes de forme, de structure, d'équipement ou de durée. En outre, l'analyse aidera grandement à intégrer et à mettre en œuvre la capacité. Pour plus d'information, lire Pelletier, Emile, DRDC-RDDC-2016-R200, *Operational research and analysis supporting Canadian Army PRICIE+G analyses : A planning and collaboration tool*, (Ottawa: DRDC, octobre 2016).

nous permettra de faire ressortir des considérations tout en tirant des conclusions sur les changements nécessaires pour les intégrer.

Personnel. Cette partie touche la gestion des ressources humaines comme le recrutement et l'éducation dans le but d'assurer une compétence professionnelle nécessaire au bon emploi d'une capacité. Dans le cas des plateformes contrôlées à distance, les opérateurs devront dorénavant s'habituer à contrôler des systèmes via des écrans, ce qui est déjà une pratique en cours avec certains systèmes d'armes. Le changement le plus important sera envers les plateformes autonome. L'expérience de nos alliés démontre que les VTSP nécessitent encore des effectifs à peu près similaires pour être pris en charge, mais juste dans différents domaines¹⁰. Les opérateurs nécessiteront plus d'expertise pour programmer les missions ce qui poussera l'AC vers un recrutement plus spécialisé ou de redéfinir son calendrier d'entraînement. Bien que cela ouvrirait la porte à l'AC pour créer un nouveau métier et réaffecter du personnel là où elle en a le plus de besoin¹¹, il pourrait être difficile de combler ces postes en compétition contre le secteur civil.

Recherche et développement. Cette composante s'efforce d'accroître le niveau des connaissances dans le domaine technologique incluant des recherches fondamentales et appliquées. Dans ce domaine, à mesure que la technologie des VTSP mature, le Canada peut faire des économies en utilisant l'information de ses alliés comme celle de l'Armée américaine Tank Automotive Research, Development and Engineering (TARDEC). TARDEC effectue notamment des essais avec des plateformes disposant d'atouts ISTAR

¹⁰ O'Neil Col. M. et O'Connor Maj. Lindsay, « Australian Army Research Centre », *Spotlight Briefs* (février 2021), p. 6.

¹¹ Lapointe Lcol., Angie, « CA G1 – Staffing Realities » (Ottawa : Quartier général de l'Armée canadienne, 3 février 2021), p. 4 et 16 ; Teffera, Eyoel and Stephen Baker, « Land Trial 14/2018 – Robotic and Autonomous Systems Uncrewed Ground Vehicle Concept Evaluation » (Australian Government, Department of Defence Science and Technology, Land Division Defence Science and Technology Group, 2020), p. 25.

et CBR en appuis aux opérations démontées dans des situations de franchissement de routes et d'obstacles dans le but de réfléchir aux implications doctrinales et organisationnelles pour développer ces capacités¹². Il serait facile pour le Centre de guerre terrestre de l'Armée canadienne et le centre de Recherche et développement pour la défense Canada d'adapter ces études au travers de la structure et la doctrine de l'AC.

Infrastructures, Environnement et Organisation. Cette section aborde les besoins en infrastructure, l'impact potentiel d'une nouvelle capacité sur l'environnement ainsi que la structure organisationnelle. Cette dernière est en fait un sous-produit des concepts et des doctrines développés dont nous allons parler dans la section suivante. Le budget identifié dans la politique de défense est de \$33.8 milliards en acquisition entre 2017 et 2037¹³ pour différentes acquisitions et du renouvellement de matériel existant. Ce faisant, les infrastructures existantes seront en mesure d'absorber les nouveaux véhicules, car l'AC ne peut s'en procurer qu'une quantité limitée ou ils remplaceront des plateformes désuètes. Par ailleurs, tel que mentionné précédemment, plusieurs VTSP s'avèrent plus petits que ceux avec équipage, ce qui soutient l'hypothèse que les infrastructures actuelles pourront absorber le changement.

Concept et doctrine. Cette partie réfère au développement et à l'expérimentation de concepts qui engloberont les principes fondamentaux que les forces doivent suivre afin d'appuyer les objectifs stratégiques. Les VTSP modifieront les *modus operandi* des opérations. Les expériences américaines incluant des VTSP contrôlés à distance

¹² Bratic, Kimberly, « Army tests manned-unmanned teaming capabilities in Pacific Initiative » (U.S. Military, TARDEC, 31 août 2016), consulté en ligne le 28 février 2021, https://www.army.mil/article/174299/army_tests_manned_unmanned_teaming_capabilities_in_pacific_initiative

¹³ Canada. Département de la Défense nationale, *Protection, Sécurité, Engagement - Politique de défense du Canada* (Ottawa, juin 2017), p. 45.

démontrent déjà que le commandement et contrôle est plus complexe que la normale. L'un des problèmes qui fut identifié est que les jeunes recrues s'adaptent rapidement aux diverses interfaces, mais n'ont pas toujours l'expérience tactique requise pour prendre des décisions rapides et adéquates¹⁴. Il s'agit ici d'une très vieille leçon de la guerre dont DePuy dit « que pour bouger correctement, nous avons besoin d'entraînement. Pour tirer correctement, nous avons besoin d'entraînement. Puis, pour réprimer correctement, nous avons besoin d'entraînement au niveau interarmes [traduction libre]¹⁵ ». La tactique supérieure d'un ennemi peut surmonter la supériorité technologique spécialement lorsqu'il y a un délai et des lacunes au niveau du commandement et du contrôle.

Malgré les avancements des VTSP, ils ne sont que de la ferraille si les opérateurs ne sont pas entraînés et capables de les utiliser tactiquement. Une solution pourrait être de les utiliser comme élément de reconnaissance en force afin de déclencher les engins explosifs sur le chemin ou de garder un ennemi en observation, voir l'engager, pendant que la force principale manœuvre sur ses flancs¹⁶. Bien que cette manœuvre ne soit pas nouvelle, l'intégration des VTSP au travers de celle-ci l'est, répondant ainsi au besoin de l'AC de protéger la vie de ses soldats là où c'est possible. Dans le domaine de l'intelligence artificielle (IA), la technologie n'est pas mature pour se déplacer tactiquement¹⁷, mais

¹⁴ Mizokami, Kyle, « The Ripsaw M5 Could Become the Army's First Robo-Tank », *Army Technology* (16 octobre 2019), consulté en ligne le 17 février 2020, [The Ripsaw M5 Could Become the Army's First Robo-Tank \(popularmechanics.com\)](https://www.popularmechanics.com/defense/robotics/ripsaw-m5-could-become-the-armys-first-robot-tank/)

¹⁵ DePuy, E.W., « Implications of the Middle East War on U.S. Army Tactics, Doctrine and Systems », *Selected Papers of General William E. DePuy*, compilé par Colonel Richard M. Swain (Kansas: U S. Army Command and General Staff College, Combat Studies Institute, 1 janvier 1985), p. 86.

¹⁶ Mizokami, Kyle, « The Ripsaw M5 Could Become the Army's First Robo-Tank », *Army Technology* (16 octobre 2019), consulté en ligne le 17 février 2020, [The Ripsaw M5 Could Become the Army's First Robo-Tank \(popularmechanics.com\)](https://www.popularmechanics.com/defense/robotics/ripsaw-m5-could-become-the-armys-first-robot-tank/)

¹⁷ Lye, Harry, « Will unmanned ground vehicles replace tanks? », *Army Technology*, (1 septembre 2020), consulté en ligne le 15 février 2021, [Will unmanned ground vehicles replace tanks? \(army-technology.com\)](https://www.army-technology.com/news/article/2020/09/01/unmanned-ground-vehicles-replace-tanks/)

lorsqu'elle le sera, le même principe prévaudra quant à la nécessité de l'entraînement pour créer une synergie au niveau des forces.

Éviter les tirs fratricides deviendra un souci avec l'utilisation de plateformes armées qui seront contrôlées à distance ou par une IA (partiellement ou totalement). En acquérant des VTSP, l'AC devra transformer ses capacités de suivi de la force bleue. Elle pourrait généraliser des techniques de marquage de cible ou introduire un concept que l'humain prend le contrôle lors d'un engagement, ce qui impliquera d'avoir toujours un opérateur en poste. Sinon, elle peut adopter des systèmes de désignation des amies. Mais cette dernière soulève la question à savoir ce qui arriverait avec les forces alliées n'ayant pas de marqueurs, les forces neutres ou celles ennemies qui rendent les armes. À ce sujet, nous aborderons la question éthique à la toute fin. La doctrine devra donc s'aligner avec les procédures d'engagements et adapter le commandement et contrôle pour absorber et digérer l'afflux d'information supplémentaire.

Enfin, la doctrine devra se tourner vers l'utilisation accrue des facilitateurs au combat. En ce sens, il y aura des défis dans les domaines cybernétique et électronique lors des rivalités étatiques et non étatiques¹⁸ « pour exploiter les vulnérabilités inhérentes aux systèmes C4ISR (commandement, contrôle, communications, ordinateurs, renseignement, surveillance, reconnaissance)¹⁹ ». Ce risque est très élevé en ce que les attaques peuvent provenir autant d'individus que d'organisations militaires²⁰. Donc, les attaques ne viseront

¹⁸ Centre de guerre terrestre de l'Armée Canadienne, *Engagement rapproché – La puissance terrestre à l'ère de l'incertitude – Opérations adaptables et dispersées en évolution* (Kingston: Bureau de publication de l'Armée, 2019), p. 13, 22 et 44.

¹⁹ Canada. Département de la Défense nationale, *Protection, Sécurité, Engagement - Politique de défense du Canada* (Ottawa, juin 2017), p. 56.

²⁰ Canadian Army Land Warfare Center, « Future of Army Cyber Concept », *No Man's Land: Tech Considerations For Canada's Future Army* (Kingston: Army Publishing Office, 2014), p. 5-14 et 5-27 ; Vergeer Maj., Michael, « UNCLASS Force 2025 Brief Enemy Considerations », Présentation, *Force 2025 Update to Commander Canadian Army*, (Ottawa, 9 mars 2021).

plus simplement le véhicule et l'opérateur par des moyens cinétiques, mais incluront dorénavant le lien qui existe entre les deux et les postes de commandement. Pour l'éviter, il faut « mett[re] davantage l'accent sur les technologies de l'information, les données analytiques, apprentissage en profondeur, systèmes autonomes, avancées dans les domaines électromagnétiques et cyber²¹». Cela fournira non seulement les moyens de protéger nos systèmes, mais aussi d'attaquer ceux de nos ennemis.

Les VTSP auront un impact sur la structure organisationnelle par la création de nouveaux métiers ou le retrait de certains soldats de l'organisation au profit de ces plateformes. De plus, leur présence hausse les besoins des facilitateurs de combat ainsi qu'une restructuration du Corps des signaleurs que nous abordons dans la section qui suit.

Information (gestion et technologies). Cette composante articule les besoins envers les systèmes informatiques et de communication qui seront essentiels pour intégrer une capacité dans les systèmes de diffusion des connaissances et de gestion de l'information.

Les capacités des réseaux devront être analysées en profondeur. Pour les véhicules contrôlé ou semi-autonome nécessitant une intervention humaine, cela implique une alimentation vidéo et des transferts de données ininterrompues et en temps réel, ce qui nécessitera plus de pouvoir de transmission sans interférer les uns avec les autres. Des possibilités existent d'avoir des serveurs centraux pour la gestion et la transmission des informations²². Toutefois, dans un contexte d'opérations adaptables et dispersées, cela nécessitera des moyens de relayer les données sur plusieurs kilomètres et le signal pourrait

²¹ Canada. Département de la Défense nationale, *Protection, Sécurité, Engagement - Politique de défense du Canada* (Ottawa, juin 2017), p. 55.

²² Aerospace and Defense Technology, « Unmanned Ground Vehicle Communications Relays » (1 août 2015 », consulté en ligne le 27 avril 2021, <https://www.aerodefensetech.com/component/content/article/adt/features/articles/22651>

être affecté par le terrain. Alternativement, des recherches étudient la possibilité d'avoir des serveurs virtuels pour y télécharger et transmettre l'information²³. Cette solution n'est toutefois pas envisageable lorsqu'il s'agit d'avoir une vidéo en continu.

Sans contredit, les VTSP pourront accroître les capacités non seulement de l'AC, mais au sein d'une coalition²⁴. En ce sens, il est théoriquement envisageable de les relier pour former un essaim, avec des drones ou d'autres plateformes, créant un « système de systèmes » facilitant l'interopérabilité et la connaissance situationnelle interarmes et entre pays²⁵. Bien que le domaine ne soit pas encore mature, pour développer la compréhension de la situation, il faudra considérer une IA centrale pouvant digérer l'ensemble des données pour créer une image tactique sur laquelle des décisions opérationnelles pourront être prises²⁶. À cet effet, des investissements sont prévus, mais l'AC n'y est aucunement prêt à l'heure actuelle²⁷. Lorsque disponible, cette capacité nécessitera une validation au niveau de sa précision et éventuellement au niveau de sa puissance à absorber, digérer et transmettre l'information des divers capteurs²⁸, mais aussi des systèmes de relais d'information lors d'opérations dispersées.

²³ Suri, Niranjana, Mauro Tortonese et Giacomo Benincasa. « Analyzing the Applicability of Internet of Things to the Battlefield Environment », Adelphi: U.S. Army Research Laboratory (mai 2016), p. 5 et 6.

²⁴ Quintana, Elizabeth. « The Ethics and Legal Implications of Military Unmanned Vehicles » (Londre: Royal United Services Institute for Defence and Security Studies, 2008), p. 8.

²⁵ Suri, Niranjana, Mauro Tortonese et Giacomo Benincasa. « Analyzing the Applicability of Internet of Things to the Battlefield Environment », Adelphi: U.S. Army Research Laboratory (mai 2016), p. 6.

²⁶ Brown, Marlon W., « Developing Readiness to Trust Artificial Intelligence within Warfighting Teams », *Military Review* (January-February 2020), consulté en ligne le 12 mai 2021, <https://www.armyupress.army.mil/Journals/Military-Review/English-Edition-Archives/January-February-2020/Brown-AI-ready/>; O'Neil Col. M. et O'Connor Maj. Lindsay, « Australian Army Research Centre », *Spotlight Briefs* (février 2021), p. 24.

²⁷ Canada. Département de la Défense nationale, *Protection, Sécurité, Engagement - Politique de défense du Canada* (Ottawa, juin 2017), p. 63-65 ; Canada. Département de la Défense nationale, *Engagé vers l'avant : la stratégie de modernisation de l'Armée canadienne*, 4^e éd. (Ottawa, décembre 2020), p. 12 et 48.

²⁸ Horowitz Michael C., Lauren Kahn et Christian Ruhl, « Artificial Intelligence and International Security », *Texas National Security Review* (2 juin 2020), consulté en ligne le 7 mai 2021, <https://tnsr.org/roundtable/policy-roundtable-artificial-intelligence-and-international-security/>

Si l'AC n'obtient pas les bonnes interfaces, elle risque de surcharger les soldats ou de réduire massivement l'efficacité de toute plateforme en raison des retards induits par le commandement et contrôle. Si les systèmes ne sont pas faciles à utiliser et capables d'interagir avec les autres afin d'égaliser l'efficacité et la réactivité d'un soldat, les VTSP risquent d'être un fardeau plutôt qu'un avantage. Les États-Unis se concentrent sur un lien de communication robuste, car ils ont reconnu que cela représente un domaine clé de vulnérabilité²⁹.

Plus il y aura de VTSP sur le terrain, plus il y aura d'émissions radio. Cela représente un risque d'attaque au niveau du piratage et des perturbations électromagnétiques³⁰ pouvant engendrer la perte vidéo, nuire à la véracité de l'information reçue ou, pire, créer un comportement contradictoire d'une IA. Inversement, l'avancement dans le domaine de l'IA offre la perspective de développer des algorithmes complexes qui seraient plus difficiles à attaquer³¹. Toute acquisition de VTSP doit tenir compte des besoins en protection électronique et cybernétique puisque cette dernière « présente de possibles points de défaillance uniques lors des opérations et dans les activités quotidiennes de l'institution³² ». L'AC doit compléter la modernisation de son équipement de guerre

²⁹ Suri, Niranjana, Mauro Tortonese et Giacomo Benincasa, « Analyzing the Applicability of Internet of Things to the Battlefield Environment », Adelphi: U.S. Army Research Laboratory (mai 2016), p. 5 et 6.

³⁰ Aerospace and Defense Technology, « Unmanned Ground Vehicle Communications Relays » (1 août 2015), consulté en ligne le 27 avril 2021, <https://www.aerodefensetech.com/component/content/article/ad/22651> ; Petit, Jonathan et Steven E. Shladover, « Potential Cyberattacks on Automated Vehicles », *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems* (septembre 2014), p. 7 ; Teffera, Eyoel and Stephen Baker, « Land Trial 14/2018 – Robotic and Autonomous Systems Uncrewed Ground Vehicle Concept Evaluation » (Australian Government, Department of Defence Science and Technology, Land Division Defence Science and Technology Group, 2020), p. 25.

³¹ Centre de guerre terrestre de l'Armée canadienne, *Engagement rapproché – La puissance terrestre à l'ère de l'incertitude – Opérations adaptables et dispersées en évolution* (Kingston: Bureau de publication de l'Armée, 2019), p. 38.

³² Canada. Département de la Défense nationale, *Engagé vers l'avant : la stratégie de modernisation de l'Armée canadienne*, 4^e éd. (Ottawa, décembre 2020), p. 37.

électronique et régler les déficits en personnel dont le métier de cyber maintient un taux de 65%³³.

Ces plateformes disposent de plusieurs points de vulnérabilité dont les probabilités de succès d'une attaque sont hautes, mais peuvent parfois être mitigées³⁴. À titre d'exemple, les systèmes GPS sont vulnérables et pourrait induire le véhicule en erreur sur sa position ou le LIDAR être brouillé et résulter en une perte de connaissance de la situation. Pour les communications, certaines mesures concernent de courts relais radio, ce qui rend le concept d'opérations dispersées impossible, ou d'autres techniques préconisent l'envoi de faux signaux pour induire l'ennemie en erreur sur notre position³⁵. Certains risques, comme le brouillage, sont évidemment beaucoup plus élevés venant des pays développés plutôt que des insurgés. Néanmoins, le piratage est présent partout, même par un individu scrupuleux ici au Canada. Tout ceci accentue les besoins de l'AC de développer et d'acquérir un système de transmission et de gestion informatique robuste, indépendant, mais surtout mobile, en ce que nous ne pouvons pas dépendre des infrastructures locales.

Ces besoins présentent déjà un problème en ce que l'AC « doit terminer la numérisation—la conversion des renseignements analogiques en renseignements numériques³⁶ ». Pour tout cela, la dépendance s'accroît sur le Corps des signaleurs. Or, celui-ci est déjà en situation critique en étant le métier le plus en souffrance avec moins de

³³ Walkling Col., Jason, « UNCLASS Directorate of Cyber Operations Force Development », Présentation, Cyber Domain Indoctrination Course (Kingston, 30 octobre 2019), p. 25.

³⁴ Canadian Army Land Warfare Center, « Future of Army Cyber Concept », *No Man's Land: Tech Considerations For Canada's Future Army* (Kingston: Army Publishing Office, 2014), p. 5-13 et 5-14 ; Petit, Jonathan et Steven E. Shladover, « Potential Cyberattacks on Automated Vehicles », *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems* (septembre 2014), p. 5.

³⁵ Pirayesh, Hossein et Huacheng Zeng, « Jamming Attacks and Anti-Jamming Strategies in Wireless Networks: A Comprehensive Survey », Department of Computer Science and Engineering, Michigan State University, East Lansing (1 janvier 2021) ; Petit, Jonathan et Steven E. Shladover, « Potential Cyberattacks on Automated Vehicles », *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems* (septembre 2014).

³⁶ Canada. Département de la Défense nationale, *Engagé vers l'avant : la stratégie de modernisation de l'Armée canadienne*, 4^e éd. (Ottawa, décembre 2020), p. 49.

74% d'effectif au niveau de la Force régulière et moins de 61% au niveau de la Force de réserve³⁷. Les systèmes qu'emploie l'AC augmentent en complexité en raison de l'ajout des connexions et des besoins en interopérabilités notamment en modernisant notre ISR et les capacités interarmes. Par conséquent, si la structure des tâches et le manque en personnel signaleur ne sont pas résolu, c'est tout le soutien informatique nécessaire à l'utilisation des VTSP qui sera défaillant.

Équipement et soutien. Cette section d'analyse réfère aux services de maintenance. À ce niveau, la santé du Corps du génie électrique et mécanique royal canadien est très bonne, même en surcapacité au niveau de la Force de la réserve³⁸. Conséquemment, si ce niveau demeure stable, il n'y aura aucun problème afin de maintenir les VTSP.

Néanmoins, il ne faut pas perdre de vue qu'en choisissant une plateforme, il faut qu'une étude des coûts-bénéfices soit mise de l'avant. Lors de son cycle de vie, les coûts de maintenance et de mise à jour pourraient s'avérer trop dispendieux et difficiles à soutenir. La logique ici est que la technologie entourant ces véhicules exigera des mises à niveau de ses systèmes, de son armement et de ses batteries pour n'en nommer que quelques-uns. Ces coups pourraient s'envoler et ainsi aggraver les pressions budgétaires.

Générer. Cette dernière partie inclut le mécanisme de formation individuelle et collective qui doit être utilisé afin que les forces militaires puissent être aptes à se déployer. « Les dirigeants doivent rester attentifs aux compétences des soldats pour s'assurer que les opérateurs possèdent les capacités requises³⁹ ». Envers les VTSP, le processus progressif

³⁷ Lapointe Lcol., Angie, « CA G1 – Staffing Realities » (Ottawa : Quartier général de l'Armée canadienne, 3 février 2021), p. 16

³⁸ *Ibid.*, p. 16.

³⁹ Canada. Département de la Défense nationale, *Engagé vers l'avant : la stratégie de modernisation de l'Armée canadienne*, 4^e éd. (Ottawa, décembre 2020), p. 27.

actuel de l'AC de former individuellement, suivant une adaptation des cours selon le nouvel équipement, d'entraîner collectivement puis de valider la force sur l'exercice MAPLE RESOLVE sera adéquat pour générer des effectifs compétents et aptes aux opérations.

Question éthique. L'IA devient rapidement une réalité tout comme une solution pour des technologies futures soutenues par la croissance de la puissance des ordinateurs et de leur miniaturisation. Il est possible d'entrevoir leur intégration aux VTSP ce qui leur donnerait plus d'autonomie. Dès lors, des questions sont soulevées quant aux capacités des IA pour comprendre les déplacements tactiques ainsi que pour distinguer entre les combattants, amies et ennemis, et les non-combattants⁴⁰. En cas d'accident, qui sera fautif entre le programmeur, le fabricant, l'opérateur ou le commandant ? Par ailleurs, « en retirant le sang de la guerre, les systèmes autonomes pourraient faciliter la justification politique d'une action militaire⁴¹ ». En augmentant l'utilisation de la robotique, cela pourrait réduire la tolérance de l'AC envers ses pertes tout comme perdre de vue la valeur d'une vie même s'il s'agit de celle ennemie.

La programmation des IA devrait s'effectuer selon les considérations éthiques et les valeurs de l'organisation⁴². Néanmoins, il y aura des questions quant aux critères utilisés pour induire la prise de décision automatisée. Donc, il faudra s'assurer que les systèmes diminuent les critères de justification d'emplois de la force. Ils devront posséder une capacité discrétionnaire accrue à celle humaine pour minimiser les victimes civiles et les

⁴⁰ Teffera, Eyoel and Stephen Baker, « Land Trial 14/2018 – Robotic and Autonomous Systems Uncrewed Ground Vehicle Concept Evaluation » (Australian Government, Department of Defence Science and Technology, Land Division Defence Science and Technology Group, 2020), p. 2.

⁴¹ Quintana, Elizabeth, « The Ethics and Legal Implications of Military Unmanned Vehicles » (Londre: Royal United Services Institute for Defence and Security Studies, 2008), p. 14.

⁴² West, Darrell M. et John R. Allen, « How artificial intelligence is transforming the world », *Brookings* (24 avril 2018), consulté en ligne le 4 mai 2021, [How artificial intelligence is transforming the world \(brookings.edu\)](https://www.brookings.edu)

dommages collatéraux incluant les pertes ennemies. Enfin, les IA devront améliorer le principe de proportionnalité dans l'utilisation de la force par rapport aux effets escomptés.

Malgré les statistiques démontrant que l'interaction humaine conduite à des accidents en raison de la complexité de la technologie des engins sans pilotes⁴³, les débats éthiques sont soulevés quant à l'intégration future des IA dans les VTSP et de leur déshumanisation de la conduite de la guerre. L'opinion publique sera vraisemblablement difficile à rallier, spécialement lorsque des accidents arriveront. Il n'est donc pas surprenant que le mot d'ordre actuel pour les protocoles d'engagement soit que « l'exigence de la surveillance ou de l'intervention humaine demeurera pour toute application de la force létale ⁴⁴ ». Ceci limite les problèmes éthiques qui devront attendre que la technologie soit disponible et a fait ses preuves avant d'être considéré pour un achat. Du coup, l'AC ne peut pas envisager de se procurer des VTSP autonomes jusqu'à ce que cette condition soit remplie.

⁴³ Tvaryanas Maj, Anthony P., William T. Thompson et Stefan H. Constable, « The U.S. Military Unmanned Aerial Vehicle (UAV) Experience - Evidence-Based Human Systems Integration Lessons Learned », extrait de *Strategies to Maintain Combat Readiness during Extended Deployments – A Human Systems Approach* (2005), consulté en ligne le 8 mai 2021, [https://www.google.ca/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKEwj2oYiE99ruAhUL2qwKHci7BOEQFjABegQIARAD&url=https%3A%2F%2Fwww.semanticscholar.org%2Fpaper%2FThe-U.-S.-Military-Unmanned-Aerial-Vehicle-\(UAV-Tvaryanas-Thompson%2F49848d0327b0849aa72f8f2ad5ae72688f543c27&usg=AOvVaw3Hv2JqDH8beuY0m4aDibLZ](https://www.google.ca/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKEwj2oYiE99ruAhUL2qwKHci7BOEQFjABegQIARAD&url=https%3A%2F%2Fwww.semanticscholar.org%2Fpaper%2FThe-U.-S.-Military-Unmanned-Aerial-Vehicle-(UAV-Tvaryanas-Thompson%2F49848d0327b0849aa72f8f2ad5ae72688f543c27&usg=AOvVaw3Hv2JqDH8beuY0m4aDibLZ) ; Galster, Scott M, Robert S. Bolia et Raja Parasuraman, « The Application of a Qualitative Model of Human-Interaction with Automation: Effects of Unreliable Automation on Performance », extrait du symposium *The Role of Humans in Intelligent and Automated Systems* (Warsaw, 2002), consulté en ligne le 12 mai 2021, https://www.google.ca/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKEwjn7sXg9truAhUHPK0KHd0eCTsQFjABegQIARAC&url=https%3A%2F%2Fwww.researchgate.net%2Fpublication%2F235157397_The_Application_of_a_Qualitative_Model_of_Human-Interaction_with_Automation_Effects_of_Unreliable_Automation_on_Performance&usg=AOvVaw22TPFL-8afvHoS9NQpGi6y

⁴⁴ Canada. Département de la Défense nationale, *Engagé vers l'avant : la stratégie de modernisation de l'Armée canadienne*, 4^e éd. (Ottawa, décembre 2020), p. 54.

Conclusion

Avec les changements technologiques qui offrent de nouvelles voies d'approches dans le domaine militaire jumelé aux pressions des ressources et aux désirs de protéger ses soldats, nous nous sommes intéressés au potentiel de l'AC d'investir dans les VTSP dans un horizon de 2035-2040. Partant de l'hypothèse que leur acquisition est envisageable, nous avons eu des réservations quant à la portée de celle-ci. En ce sens, nous avons stipulé que sans une transformation, l'AC ne pourrait qu'acquérir qu'une gamme limitée de ces plateformes.

En regardant de manière générique les configurations possibles des VTSP et les tâches qu'ils peuvent accomplir, nous avons illustré qu'ils seront des systèmes efficaces pour augmenter les capacités actuelles de la force. De là, nous avons transigé vers les considérations à prendre en compte pour les intégrer.

Pour ce faire, nous avons suivi le modèle de PRICIE+G, incluant une section supplémentaire pour le débat éthique sur l'IA. Au travers de l'analyse, nous avons fait ressortir que ces plateformes ne devraient engendrer que peu de changement au niveau de la recherche, des infrastructures, du concept de maintenance, malgré que l'analyse des coûts-bénéfices devra être considérée, et de la manière de générer la force. Des ajustements sont toutefois à prévoir au niveau du personnel pour réaligner des tâches pour les opérateurs. Alternativement, l'AC pourrait recruter du personnel supplémentaire en créant un nouveau métier. Au niveau de la doctrine, leur utilisation permettra de repenser comment les manœuvres offensives et défensives seront conduites. Par contre, les vrais changements sont au niveau de leur emploi par des ennemis qui pousseront le besoin de l'AC d'avoir plus de facilitateurs de combat et de l'équipement moderne pour effectuer de la guerre électronique et cybernétique.

C'est en analysant l'aspect éthique et de l'information que de sérieuses transformations doivent survenir. Éthiquement, l'IA ne sera pas une solution viable avant d'être dûment testé au travers des recherches. Ceci réduit dans l'immédiat la gamme de plateformes envisageables à celle dont l'intervention humaine est présente. La pierre angulaire à l'intégration demeure l'aspect de l'information. Les VTSP nécessiteront des capacités réseautiques et de connectivités accrues avec les utilisateurs. De plus, l'AC sera confronté avec un problème de gestion et d'assimilation de l'information si elle ne se numérise pas. « Les futurs réseaux doivent être conçus et mis en œuvre pour améliorer la compréhension commune, la rapidité de la prise de décision et l'efficacité du commandement et du contrôle ⁴⁵», un principe clé pour *Engagement rapproché*⁴⁶. Les interfaces devront faire preuve de simplicité et les VTSP, tout comme les systèmes de communication, devront être munis des moyens pour résister aux attaques électroniques et cybernétiques. Paradoxalement, alors que ces plateformes sont considérées pour alléger le travail des forces de combat, leur intégration ne pourra pas se faire sans préalablement régler les manques en personnel du Corps de signaleur et en matériel pour établir l'architecture informatique nécessaire à la hausse du transfert et de la gestion des données. Pour l'AC, les plateformes à considérer seront limitées à celles ayant un opérateur ou un modèle hybride tant que la technologie de l'IA n'aura pas été testé en profondeur pour modifier les politiques. Enfin, la quantité et la gamme de VTSP envisageable d'ici 2035-

⁴⁵ Canada. Département de la Défense nationale, *Engagé vers l'avant : la stratégie de modernisation de l'Armée canadienne*, 4^e éd. (Ottawa, décembre 2020), p. 26.

⁴⁶ Centre de guerre terrestre de l'Armée Canadienne, *Engagement rapproché – La puissance terrestre à l'ère de l'incertitude – Opérations adaptables et dispersées en évolution* (Kingston: Bureau de publication de l'Armée, 2019), p. 19.

2040 dépendra lourdement de ses capacités à gérer et protéger l'information dans un environnement numérique pouvant être perturbé par un simple individu.

RÉFÉRENCES

Aerospace and Defense Technology. « The Role of Autonomous Unmanned Ground Vehicle Technologies in Defense Applications », 1 octobre 2020, consulté en ligne le 23 mars 2021, The Role of Autonomous Unmanned Ground Vehicle Technologies in Defense Applications - Aerospace & Defense Technology (aerodefensetech.com)

Aerospace and Defense Technology. « Unmanned Ground Vehicle Communications Relays », 1 août 2015, consulté en ligne le 27 avril 2021, <https://www.aerodefensetech.com/component/content/article/adf/features/articles/22651>

Army Technology. « Talon Tracked Military Robot », 20 juillet 2020, consulté en ligne le 8 mai 2021, <https://www.army-technology.com/projects/talon-tracked-military-robot/>

Bratc, Kimberly. « Army tests manned-unmanned teaming capabilities in Pacific Initiative », U.S. Military, TARDEC, 31 août 2016, consulté en ligne le 28 février 2021, https://www.army.mil/article/174299/army_tests_manned_unmanned_teaming_capabilities_in_pacific_initiative

Brown, Marlon W., « Developing Readiness to Trust Artificial Intelligence within Warfighting Teams », *Military Review*, January-February 2020, consulté en ligne le 12 mai 2021, <https://www.armyupress.army.mil/Journals/Military-Review/English-Edition-Archives/January-February-2020/Brown-AI-ready/>

Canada. Département de la Défense nationale. *Engagé vers l'avant : la stratégie de modernisation de l'Armée canadienne*, 4^e éd., Ottawa, décembre 2020, 66 p.

Canada. Département de la Défense nationale. *Protection, Sécurité, Engagement - Politique de défense du Canada*. Ottawa, juin 2017, 113 p.

Canadian Army Land Warfare Centre. *Canada's Future Army, vol. 1, Methodology, Perspectives and Approaches*. Kingston: Army Publishing Office, 2015, 113 p.

Canadian Army Land Warfare Centre. *Canada's Future Army, vol. 2, Force Employment Implications*. Kingston: Army Publishing Office, 2015, 97 p.

Canadian Army Land Warfare Centre. *Canada's Future Army, vol. 3, Alternate Worlds and Implications*. Kingston: Army Publishing Office, 2015, 122 p.

Canadian Army Land Warfare Center. Chapitre 5 « Future of Army Cyber Concept », extrait de *No Man's Land: Tech Considerations For Canada's Future Army*, Kingston: Army Publishing Office, 2014, p. 5-1 à 5-40.

Centre de guerre terrestre de l'Armée Canadienne. *Engagement rapproché – La puissance terrestre à l'ère de l'incertitude – Opérations adaptables et dispersées en évolution*. Kingston: Bureau de publication de l'Armée, 2019, 78 p.

DePuy, E.W. Chapitre 2, « Implications of the Middle East War on U.S. Army Tactics, Doctrine and Systems », extrait de *Selected Papers of General William E. DePuy*, compilé par Colonel Richard M. Swain, Kansas: U S. Army Command and General Staff College, Combat Studies Institute, 1 janvier 1985, p. 75-112.

Directorate of Land Concepts and Design. *Designing Canada's Army of Tomorrow – A Land Operation 2021*, Kingston: Army Publishing Office, 2011, 93 p.

Eyre LGen., W.D. *Philosophie de commandement du Commandant de l'Armée canadienne*, 2^e édition, Quartier général de l'Armée canadienne, 8 février 2021, 7 p.

Fontaine Lcol., Daniel. « LEOBEN - Steering Committee: Canadian Update », Présentation, *LEOBEN Conference 2018*, Allemagne, 2018, 19 p.

Galster, Scott M, Robert S. Bolia et Raja Parasuraman. « The Application of a Qualitative Model of Human-Interaction with Automation: Effects of Unreliable Automation on Performance », extrait du symposium *The Role of Humans in Intelligent and Automated Systems*, Warsaw, 2002, 10 p., consulté en ligne le 12 mai 2021, https://www.researchgate.net/profile/Robert-Bolia/publication/235157397_The_Application_of_a_Qualitative_Model_of_Human-Interaction_with_Automation_Effects_of_Unreliable_Automation_on_Performance/links/00b4952368a8650471000000/The-Application-of-a-Qualitative-Model-of-Human-Interaction-with-Automation-Effects-of-Unreliable-Automation-on-Performance.pdf

Horowitz Michael C., Lauren Kahn et Christian Ruhl. Introduction, « Artificial Intelligence and International Security » extrait de conférence *Texas National Security Review*, 2 juin 2020, consulté en ligne le 7 mai 2021, <https://tnsr.org/roundtable/policy-roundtable-artificial-intelligence-and-international-security/>

Lair Capt, Pierre-Olivier. « Syndicate 3 – Emerging Technology – Autonomus Vehicles », Présentation, Kingston : Technical Staff College, mai 2018, 34 p.

Lapointe Lcol., Angie. « CA G1 – Staffing Realities », Présentation, Ottawa : Quartier général de l'Armée canadienne, 3 février 2021, 22 p.

Lye, Harry. « Will unmanned ground vehicles replace tanks? », *Army Technology*, 1 septembre 2020, consulté en ligne le 15 février 2021, <https://www.army-technology.com/features/will-unmanned-ground-vehicles-replace-tanks/>

Mizokami, Kyle. « The Ripsaw M5 Could Become the Army's First Robo-Tank », *Army Technology*, 16 octobre 2019, consulté en ligne le 17 février 2020, [The Ripsaw M5 Could Become the Army's First Robo-Tank \(popularmechanics.com\)](http://www.popularmechanics.com)

O'Neil Col. M. et O'Connor Maj. Lindsay. « Australian Army Research Centre », *Spotlight Briefs*, février 2021, 28 p.

Pelletier, Emile, DRDC-RDDC-2016-R200, *Operational research and analysis supporting Canadian Army PRICIE+G analyses : A planning and collaboration tool*, Ottawa: DRDC, octobre 2016, 76 p.

Petit, Jonathan et Steven E. Shladover. « Potential Cyberattacks on Automated Vehicles », dans *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, septembre 2014, 11 p.
Pirayesh, Hossein et Huacheng Zeng. « Jamming Attacks and Anti-Jamming Strategies in Wireless Networks: A Comprehensive Survey », Department of Computer Science and Engineering, Michigan State University, East Lansing, 1 janvier 2021, 39 p.

Quintana, Elizabeth. « The Ethics and Legal Implications of Military Unmanned Vehicles », Londres: Royal United Services Institute for Defence and Security Studies, 2008, 21 p.

Suri, Niranjana, Mauro Tortonesi et Giacomo Benincasa. « Analyzing the Applicability of Internet of Things to the Battlefield Environment », Adelphi: U.S. Army Research Laboratory, mai 2016, 9 p.

Teffera, Eyoel and Stephen Baker. « Land Trial 14/2018 – Robotic and Autonomous Systems Uncrewed Ground Vehicle Concept Evaluation », Australian Government, Department of Defence Science and Technology, Land Division Defence Science and Technology Group, 2020, 82 p.

Tvaryanas Maj, Anthony P., William T. Thompson et Stefan H. Constable. « The U.S. Military Unmanned Aerial Vehicle (UAV) Experience - Evidence-Based Human Systems Integration Lessons Learned », extrait de *Strategies to Maintain Combat Readiness during Extended Deployments – A Human Systems Approach*, 2005, 24 p., consulté en ligne le 8 mai 2021, <https://www.sto.nato.int/publications/STO%20Meeting%20Proceedings/RTO-MP-HFM-124/MP-HFM-124-05.pdf>

Vergeer Maj., Michael. « UNCLASS Force 2025 Brief Enemy Considerations », Présentation, *Force 2025 Update to Commander Canadian Army*, Ottawa, 9 mars 2021, 5 p.

Walkling Col., Jason. « UNCLASS Directorate of Cyber Operations Force Development », Présentation, Cyber Domain Indoctrination Course, Kingston, 30 octobre 2019, 32 p.

West, Darrell M. et John R. Allen. « How artificial intelligence is transforming the world », *Brookings*, 24 avril 2018, consulté en ligne le 4 mai 2021, How artificial intelligence is transforming the world (brookings.edu)