National Defence Défense nationale

Canadian Forces College

Collège des Forces Canadiennes

LE TRAVAIL EN ÉQUIPE PERSONNE-MACHINE : POUR UNE APPROCHE TEMPÉRÉE

Major Vincent Dumontier-Houle

JCSP 48

Service Paper

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.

© His Majesty the King in Right of Canada, as represented by the Minister of National Defence, 2023.

PCEMI n° 48

Étude militaire

Avertissement

Les opinons 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 le Roi du chef du Canada, représenté par le ministre de la Défense nationale, 2023.

Canada

CANADIAN FORCES COLLEGE - COLLÈGE DES FORCES CANADIENNES

JCSP 48 - PCEMI n° 48
2021 - 2022

Service Paper – Étude militaire

LE TRAVAIL EN ÉQUIPE PERSONNE-MACHINE : POUR UNE APPROCHE TEMPÉRÉE

Major Vincent Dumontier-Houle

"This paper was written by a candidate 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 difuser, de citer ou de reproduire cette étude sans la permission expresse du ministère de la Défense nationale. »

LE TRAVAIL EN ÉQUIPE PERSONNE-MACHINE : POUR UNE APPROCHE TEMPÉRÉE

BUT

1. En 2019, le Commandant (Comd) de l'Aviation royale canadienne[1] (ARC) énonçait qu'un des objectifs du volet « Intégration » de sa vision stratégique était « [d'][a]méliorer la collaboration à l'aide de la nouvelle technologie et de nouveaux concepts ». Il accomplirait cet objectif en établissant une culture d'innovation et en s'assurant que l'ARC demeure à la fine pointe de la technologie pour tenir tête à ses adversaires éventuels et pour qu'elle puisse continuer d'opérer aux côtés de ses principaux alliés. En lien avec cet objectif, le but de cet ouvrage est d'émettre des recommandations au Comd du Centre de guerre aérospatiale (CGA) quant au travail en équipe personne-machine (EPM). Elles viseront spécifiquement à identifier les domaines où l'ARC gagnerait à investir d'ici les cinq prochaines années afin de se préparer à une intégration plus étendue du travail en EPM d'ici les 15 prochaines années tout en mettant en œuvre la vision du Comd de l'ARC. Ces recommandations découleront d'une analyse des caractéristiques de l'EPM et de ses défis de mise en œuvre.

INTRODUCTION

2. La première chose dont il faut prendre conscience est qu'il n'y a rien de nouveau dans le travail en EPM particulièrement depuis l'invention de l'ordinateur. En essence, une EPM peut être défini par une collaboration entre l'humain et la machine qui permet l'atteinte de nouveaux résultats précédemment inatteignables.[2] Un exemple très répandu de cette collaboration est l'application « Google Maps » qui permet à ses utilisateurs de sauver du temps et de mieux coordonner leur déplacement en obtenant dynamiquement le chemin le plus rapide vers leur destination et l'heure estimée d'arrivée. La grande raison pour laquelle le sujet refait surface découle des nouvelles frontières, découlant par exemple des récentes avancées technologiques en intelligence artificielle (IA), permettant une plus grande autonomie des machines. Ces percées technologiques forcent à revoir les rôles des humains et des machines dans l'accomplissement des tâches pour mieux les optimiser. Aussi, ce partenariat est appelé à croître, particulièrement pour les organisations comme les Forces armées canadiennes (FAC) qui sont déjà aux prises avec un problème de recrutement[3] et qui ont besoin d'employés relativement jeunes. Pour ces organisations, le vieillissement de la population[4] accentuera les défis de recrutement en réduisant davantage les candidats potentiels au cours des prochaines années.

---

[1] Ministère de la Défense nationale, A-GA-007-000/AF-009, *Vecteurs de l'ARC* (Ottawa : Groupe Communication Canada, 2019), p. 59-64.

[2] Paul R. Daugherty et H. James Wilson, *Human + Machine: Reimagining Work in the Age of AI* (Boston : Harvard Business Review Press, 2018).

[3] Bureau du vérificateur général du Canada, « Rapport 5 – Recrutement et maintien de l'effectif dans les Forces armées canadiennes – Défense nationale », consulté le 22 janvier 2022, https://www.oag-bvg.gc.ca/internet/Francais/att__f_41860.html.

[4] Alain Bélanger, Yves Carrière et Patrick Sabourin, « Understanding Employment Participation of Older Workers: The Canadian Perspective », *Canadian Public Policy* 42, nº 1 (mars 2016), p. 94-95.

3. Par ailleurs, les défis de l'ARC la forçant à innover pour accomplir davantage avec les ressources dont elle dispose ne se limiteront pas qu'au recrutement. L'ARC opèrera également au cours des prochaines années dans un contexte sécuritaire se complexifiant[5]. Cette complexification forcera l'ARC à s'améliorer tant pour demeurer pertinente auprès de ses alliés, que pour maintenir sa capacité à « surpasser » ses adversaires potentiels[6]. Ces derniers investissent d'ailleurs déjà dans l'EPM. La Chine, par exemple, « has demonstrated swarm intelligence algorithms that enable drones to hunt in packs. »[7] Similairement, les alliés traditionnels du Canada comme les États-Unis, désirant notamment améliorer la prise de décision humaine[8], ou l'Australie avec son concept de « Loyal Wingman »[9], investissent aussi dans l'EPM. Dans un contexte où la main d'œuvre disponible est appelée à diminuer et où les défis de sécurité devraient augmenter, la question n'est donc pas à savoir si l'ARC devrait investir dans l'EPM, mais quelle stratégie l'ARC devrait adopter pour ses investissements en la matière.

DISCUSSION

4. En vue de recommander une stratégie adaptée aux besoins de l'ARC, différents avantages de l'EPM seront présentés, puis analysés sous la lorgnette des fonctions de l'ARC (commandement, détection, action, protection, maintien en puissance et montée en puissance)[10]. Le but de cette analyse sera d'identifier comment l'EPM pourrait être un multiplicateur de forces pour l'ARC. Ensuite, les limites présentes de l'EPM, particulièrement les défis reliés à sa mise en œuvre, seront étudiées pour s'assurer que la stratégie proposée puisse produire des résultats tangibles d'ici les 15 prochaines années.

Les avantages des EPM

5. La caractéristique fondamentale qui différencie l'EPM de l'ancien paradigme « maître-esclave » est le degré d'autonomie dont est capable et dont dispose la machine. Cette autonomie accrue transforme la relation en une relation de collaboration où les membres de l'équipe œuvrent ensemble vers un but commun.[11] Ainsi, l'humain dans l'équipe n'a pas besoin de superviser directement la machine dans l'accomplissement de ses tâches. C'est pourquoi le travail en EPM permet une plus grande utilisation des forces de ses membres, tout en minimisant l'impact de leurs faiblesses. Il en découle plusieurs

---

[5] Ministère de la Défense nationale, *Vecteurs de l'ARC*, p. 24-25.

[6] *Ibid*., p. 25 et 61.

[7] W.F. Lawless, Ranjeev Mittu, Donald Sofge et Laura Hiatt, « Artificial Intelligence, Autonomy, and Human-Machine Teams: Interdependance, Context, and Explainable AI », *AI Magazine* 40, nº 3 (automne 2019), p. 7.

[8] Ministère de la Défense nationale, *Vecteurs de l'ARC*, p. 22.

[9] Eduardo Sepulveda Palacios et Howard Smith, « Impact of mission requirements on the design of low observable UCAV configurations », *Aircraft Engineering and Aerospace Technology* 91, nº 10 (2019), p. 1296, https://www.proquest.com/docview/2307086110/fulltextPDF/EF995B834D64430CPQ/1?accountid=9867.

[10] Ministère de la Défense nationale, B-GA-400-000/FP-001, *Doctrine de l'Aviation royale canadienne* (Ottawa : Groupe Communication Canada, 2019), p. 25.

[11] James C. Walliser, Ewart J. de Visser, Eva Wiese et Tyler H. Shaw, « Team Struture and Team Building Improve Human-Machine Teaming With Autonomous Agents », *Journal of Cognitive Engineering and Decision Making* 13, nº 4 (2019), p. 258-259

avantages, notamment en ce qui a trait à la prise de décisions, la connaissance situationnelle (CS) la résolution de problème et la prise de risque.

6. Dans un premier temps, les EPM obtiennent de meilleures performances qu'une équipe uniquement composée d'humains en matière de prise de décisions et de maintien de la CS. Ces éléments ont été démontrés lors de l'expérience menée par McNeese, Schelble Canonico et Demir[12]. Dans cette expérience, trois différents types d'équipe (humains seulement, humains-machines et machines seulement) devaient allouer des premiers intervenants à différents incidents qui survenaient dans l'environnement de NeoCITIES. Les équipes incluant des machines ont obtenu un score moyen au moins deux fois supérieurs à celui des équipes dont les membres étaient tous des humains tant pour la performance que pour la CS.

7. Ensuite, les EPM ont démontré une meilleure capacité à résoudre des problèmes comme relaté par Barrenechea, Fraser et Jenkins[13]. Dans leur ouvrage, ils mentionnaient les exemples du design du téléphone Samsung 8 et du processus de fabrication d'obus d'artillerie par *IMT Defence*. Dans le dernier cas, la collaboration avec l'IA a permis de grandement améliorer les processus, menant à une capacité production qui n'aurait jamais été atteignable seulement par des humains. Dans le permier cas, l'inclusion d'une IA a permis de résoudre le problème du design de l'antenne que les ingénieurs ne parvenaient pas à résoudre seuls. D'ailleurs, au moment où les auteurs ont écrit leur ouvrage, les ingénieurs de Samsung n'étaient toujours pas en mesure d'expliquer pourquoi le design produit par l'IA fonctionnait.

8. Enfin, les EPM présentent un avantage du côté de la prise de risques. S'il est généralement inacceptable en temps de paix de mettre un humain dans une situation où sa vie serait gravement en danger, il n'en est pas de même pour une machine. Ensuite, en période de combats où il est possible d'ordonner à un militaire de mettre sa vie en danger pour accomplir la mission, la machine présente tout de même des avantages. En effet, dans l'éventualité où la perte se matérialiserait, il serait beaucoup plus facile de remplacer la machine. Elle peut être reproduite relativement rapidement contrairement à l'humain qui. doit être entrainé durant une longue période avant d'être apte au combat. En plus d'être plus facile à remplacer, les machines présentent l'autre avantage d'avoir un coût politique très faible en cas de perte. C'est pourquoi, en confiant les tâches plus risquées aux machines, les EPM peuvent accepter des missions présentant une enveloppe de risques plus élevés tant en temps de paix, qu'en période de conflit.

---

[12] Nathan J. McNeese, Beau G. Schelble, Lorenzo Barberis Canonico et Mustafa Demir, « Who/What Is My Teammate? Team Composition Considerations in Human-AI Teaming », *IEEE Transactions on Human-Machine Systems* 51, nº 4 (août 2021), p. 294, https://ieeexplore-ieee-org.cfc.idm.oclc.org/document/9474953/references#references.

[13] Mark Barrenechea, David Fraser et Tom Jenkins, *The Anticipant Organization: New rules for leading in digital society from the boardroom and the battlefield*, s.l.n.d., p. 55, http://bagotville.mil.ca/3ERE/ADJUC/Fichier/The%20Anticipant%20Organization%202020.pdf.

Incidence sur les fonctions de l'ARC

9. Ces différents avantages des EPM sur les équipes composées uniquement d'humains peuvent avoir plusieurs ramifications pour l'ARC. Du côté de la fonction « commandement », le model de commandement centralisé et d'exécution décentralisé[14] ouvre clairement la porte à des gains. Ces gains pourraient être obtenus en incluant de l'IA dans le système *Battle Control System – Fixed* (BCS-F), le système de commandement et control utilisé pour gérer la bataille aérienne des différents secteurs du NORAD[15]. En effet, il y a plusieurs similitudes entre les fonctions accomplies par les différents centres d'opérations du NORAD, comme celui de North Bay, et l'expérience de McNeese et son équipe présentée plus haut. Dans les cas de l'expérience et de NORAD, les ressources les plus appropriées doivent être identifiées, puis envoyées de façon coordonnée. En ce qui a trait à l'espace, la capacité améliorée de l'EPM à résoudre des problèmes pourrait accélérer la planification de missions.[16] Par exemple, l'EPM pourrait permettre une réactivité accrue des ressources spatiales en identifiant rapidement des options réalisables dans les missions de renseignement, surveillance et reconnaissance (RSR).

10. Du côté de la fonction « détection », l'EPM pourrait contribuer à améliorer la CS et permettre l'accomplissement de missions de RSR à plus haut risque. De plus, la capacité des EPM à considérer une plus grande quantité d'information dans sa résolution de problème pourrait être mise à contribution. La révision d'un très grand nombre de données est justement un défi auquel fait face le monde du renseignement, notamment dans le domaine du renseignement de sources ouvertes. Bien que la technologie ne soit pas complètement mise au point, des IA, comme GPT-3 qui se spécialise dans le traitement automatique du langage naturel, pourraient être mises à contribution pour réviser et consolider de vastes quantités d'information qui seraient ensuite révisées par un opérateur.[17] Une autre application est le concept du « Loyal Wingman » mentionné plus haut. Cet appareil sans pilote (ASP) autonome, conçu pour opérer en équipe avec d'autres appareils piloter par des humains, sera notamment équipé de systèmes de RSR.[18] Dans cet équipe, l'ASP pourrait prendre plus de risques pour obtenir des renseignements vitaux à la mission, améliorant ainsi la « détection » de l'équipe.

11. En ce qui a trait à la fonction « action », les EPM peuvent être employées dans toutes les capacités reliées à l'acquisition de l'avantage (la maîtrise de l'espace aérien,

---

[14] Ministère de la Défense nationale, *Doctrine de l'Aviation royale canadienne*, p. 27.

[15] The Office of the Director, Operational Test and Evaluation, « Battle Control System – Fixed (BCS-F) », consulté le 22 janvier 2022, https://www.dote.osd.mil/Portals/97/pub/reports/FY2011/af/2011bcsf.pdf?

[16] Yan-jie Song, Zi-yu Zhou, Zhong-shan Zhang, Feng Yao et Ying-wu Chen, « A framework involving MEC: imaging satellites mission planning », *Neural Computing and Applications* 32, nº 19 (février 2020), Abstract, https://link.springer.com/article/10.1007/s00521-019-04047-6.

[17] Robert Dale, « GPT-3: What's it good for? », *Natural language engineering* 27, nº 1 (janvier 2021), p. 116-118.

[18] Airforce Technology, « Loyal Wingman Unmanned Aircraft », consulté le 22 janvier 2022, https://www.airforce-technology.com/projects/loyal-wingman-unmanned-aircraft/; Royal Australian Air Force, « Loyal Wingman », consulté le 22 janvier 2022, https://www.airforce.gov.au/our-mission/loyal-wingman.

l'attaque aérienne et les opérations d'information aérospatiales)[19]. Bronk affirmait[20] que la plus petite taille pouvant être atteinte par des drones autonomes peut leur permettre d'avoir notamment une plus petite signature radar. Cette signature radar réduite, combinée à un plus faible coût de production les rendaient particulièrement intéressantes pour les missions visant à supprimer les défenses aériennes ennemies[21]. Quant aux essaims de drones, Bronk énonçait les nombreux défis techniques et financiers s'y rattachant et limitant leur emploi.[22] Ces défis les rendaient difficilement employables dans des missions air-air. Cependant, il mentionnait différents programmes[23] où des essaims étaient développer pour des missions antinavires[24]. Dans ce cas, la vitesse réduite de la cible réduit la difficulté technique associée à la conception des essaims. Il en va de même pour les opérations de supériorité terrestre[25] puisque les unités terrestres ont également une vitesse réduite. Enfin, des drones et de l'IA pourraient aider à optimiser les parcours de recherche[26] des opérations de recherche et sauvetage permettant ainsi de retrouver les personnes en détresses plus rapidement.

12. Pour ce qui est de la fonction « protection », cette dernière revient essentiellement à la gestion des risques (protection de la force, sécurité, cybermenaces et santé) auxquels les forces feront face pour conserver leurs capacités et à la gestion des risques affectant la liberté d'action.[27] Une grande proportion de ces facteurs doivent être considérée lors de la planification de mission. Tout comme pour la planification de mission dans l'espace mentionnée précédemment, les EPM et leur avantage dans la résolution de problèmes pourraient améliorer la planification d'engagements tactiques en aidant au développement d'options pour réduire les risques posés par le système de défense aérienne intégrée ennemie par exemple. De plus, les « Loyal Wingman » pourraient faire office de leurre et augmenter la capacité de survie des appareils avec pilote. Enfin, une EPM entre un pilote et une IA dans le même appareil pourrait aider à améliorer la probabilité de survie. L'IA pourra par exemple prendre le control de l'appareil si le pilote devenait inconscient. Un autre exemple serait l'exécution de certaines contremesures par l'IA dans des contextes précis.

---

[19] Ministère de la Défense nationale, B-GA-403-000/FP-001, *Doctrine aérospatiale des Forces canadiennes : Acquisition de l'avantage* (Ottawa : Groupe Communication Canada, 2014), p. 12, https://rcaf-arc.forces.gc.ca/assets/AIRFORCE_Internet/docs/fr/centre-guerre-aerospatiale-fc/b-ga-403-000-fp-001.pdf#chapitre_3.

[20] Justin Bronk, « IV. Swarming Munitions, UAVs and the Myth of Cheap Mass », *Whitehall Papers* 99, nº 1 (2021), p. 56-57.

[21] Ministère de la Défense nationale, *Doctrine aérospatiale des Forces canadiennes : Acquisition de l'avantage*, p. 30-31.

[22] Justin Bronk, *Whitehall Papers*, p. 58.

[23] *Ibid.*, p. 58-59.

[24] Ministère de la Défense nationale, *Doctrine aérospatiale des Forces canadiennes : Acquisition de l'avantage*, p. 48.

[25] *Ibid.*, p. 48; Peter Dockrill, « First-Ever Drone Swarm Attack Has Struck Russian Military Bases, Sources Claim », consulté le 23 janvier 2022, https://www.sciencealert.com/swarm-home-made-drones-strike-military-base-first-attack-kind-russia-uavs.

[26] Younghoon Choi, Youngjun Choi, Simon Briceno et Dimitri N. Mavris, « Energy-Constrained Multi-UAV Coverage Path Planning for an Aerial Imagery Mission Using Column Generation », *Journal of Intelligent & Robotic Systems* 97, nº 1 (mars 2019), p. 125.

[27] Ministère de la Défense nationale, *Doctrine de l'Aviation royale canadienne*, p. 32-33.

13. Du point de vue du « maintien en puissance »[28], l'EPM peut offrir certains avantages intéressants pour les volets « personnel » et « services ». Cependant, ces améliorations s'accompagneront dans bien des cas de compromis dans les volets « infrastructure » et « matériel ». Par exemple, il y a de nombreux exemples d'intégration d'IA dans la prestation de services.[29] Dans le contexte militaire, les secteurs du support administratif et les nombreux centres d'appel, comme les « bureaux d'aide », semblent particulièrement appropriés pour une inclusion des IA afin de pouvoir affecter du personnel à d'autres tâches. De plus, l'inclusion d'IA dans les centres d'opérations pourrait également réduire le nombre d'opérateurs nécessaires pour accomplir la mission tout en améliorant la performance. Cependant, ces changements pourraient augmenter la dépendance des opérations militaires à la disponibilité des infrastructures de télécommunication. De plus, ces changements pourraient augmenter substantiellement le nombre de systèmes à maintenir (comme dans le cas d'essaims de drone), augmentant les défis pour la chaîne d'approvisionnement et les besoins en personnel pour maintenir ces systèmes.

14. Des gains intéressants pourraient également être faits pour la « montée en puissance »[30]. Les machines, dans les EPM, n'ont pas nécessairement les mêmes limites inconscientes que les humains. Cet aspect, combiné à la capacité avantageuse des EPM à résoudre des problèmes, pourraient améliorer l'entraînement offert aux pilotes. D'ailleurs, une IA a facilement défait un pilote de F16 dans un projet de recherche américain en exploitant notamment les limites psychologiques du pilote acquises au cours de sa carrière.[31] Par ailleurs, un autre aspect de la « montée en puissance » est la disponibilité opérationnelle des forces. Des ASP autonome pourraient améliorer la disponibilité opérationnelle de certaines capacités puisqu'ils n'ont pas d'équipage ayant besoin de se reposer par exemple. Ainsi, un ASP ravitailleur[32] pourrait rester en vol jusqu'à ce qu'il ait transférer la totalité du carburant abord.

Les défis reliés à la mise en œuvre des EPM

15. Le premier défi à considérer lors de la mise en œuvre des EPM modernes est certainement la confiance que l'humain porte envers la machine. Cette confiance est fondamentale au bon fonctionnement de l'EPM.[33] Un manque de confiance peut miner la performance de l'équipe et cette confiance se construit en grande partie via les interactions

---

[28] Ministère de la Défense nationale, *Doctrine de l'Aviation royale canadienne*, p. 34-35.

[29] Ming-Hui Huang et Roland T. Rust, « Artificial Intelligence in Service », *Journal of Service Research* 21, no 2 (2018), p. 155, https://journals-sagepub-com.cfc.idm.oclc.org/doi/full/10.1177/1094670517752459?utm_source=summon&utm_medium=discovery-provider; Laura H. Kahn, Onur Savas, Adamma Morrison, Kelsey A. Shaffer et Lila Zapata, « Modelling Hybrid Human-Artificial Intelligence Cooperation: A Call Center Customer Service Case Study », p. , https://ieeexplore-ieee-org.cfc.idm.oclc.org/document/9377747;

[30] Ministère de la Défense nationale, *Doctrine de l'Aviation royale canadienne*, p. 35-37.

[31] Brian W. Everstine, « Artificial Intelligence Easily Beats Human Fighter Pilot in DARPA Trial », *Air Force Magazine*, modifié le 20 août 2020, https://www.airforcemag.com/artificial-intelligence-easily-beats-human-fighter-pilot-in-darpa-trial/.

[32] Megan Eckstein, « Aircraft carrier Bush conducts first at-sea MQ-25 unmanned tanker demo », *Defense News*, modifié le 21 décembre 2021, https://www.defensenews.com/naval/2021/12/21/aircraft-carrier-bush-conducts-first-at-sea-mq-25-unmanned-tanker-demo/.

[33] Ipek Ozkaya, « The Behavioral Science of Software Engineering and Human-Machine Teaming », *IEEE Software* 37, nº 6 (4e trimester 2020).

sociales entre l'humain et la machine.[34] Pourtant, comme Blitch et Skinner le notaient, très peu de recherches ont porté sur la confiance dans les EPM, particulièrement dans un environnement à haut risque.[35] Aussi, dans la conception d'EPM, très peu d'attention est généralement porté à l'humain et les interactions sociales dans le système et dans son design.[36] Le manque de connaissance en la matière et le peu d'attention à cet aspect dans le design pourraient générer des risques considérables en contexte de combat. Une approche graduelle et prudente est donc préférable.

16. Un autre défi découle de l'autonomie conférée à la machine. Il y a plusieurs enjeux éthiques derrière l'autorisation, qui pourrait être confiée à une machine, de choisir et d'engager des cibles afin de les détruire. Il y a aussi les aspects de vie privée et les autres lois régissant les activités de RSR.[37] Ces considérations n'ont pas été résolues au Canada et il serait risqué de s'engager dans l'achat d'armes autonomes sans couverture politique. D'autant plus que la lettre de mandat du ministre des Affaires étrangères en 2019 lui confiait le mandat de faire interdire les armes entièrement autonomes sur la scène internationale.[38] Signe potentiel que la discussion sur le sujet évolue au Canada, cette mention n'apparaissait pas dans la lettre la plus récente.[39]

17. Le dernier défi peut sembler évident, mais il est important de le noter. L'IA pense différemment de l'être humain.[40] Certains affirment que ces deux pensées évolueront de façons divergentes, alors que d'autres affirment que ce n'est qu'une question de temps avant que l'IA puisse raisonner comme l'humain et qu'elle le pourra après avoir ingéré davantage d'information.[41] Nonobstant qui aura raison à la fin, ces deux opinions renforcent le point que les interactions sociales seront particulièrement importantes entre ses deux équipiers qui ne pensent pas de la même façon pour le moment, afin de coordonner leurs efforts. Aussi, comme mentionné plus haut, peu d'attention est portée à cette question pour le moment.

---

[34] James C. Walliser, Ewart J. de Visser, Eva Wiese et Tyler H. Shaw, « Team Structure and Team Building Improve Human-Machine With Autonomous Agents », *Journal of Cognitive Engineering and Decision Making* 13, nº 4 (août 2019), p. 274.

[35] John G. Blitch et Anna D. Skinner, « Are Teammate Trust and Confidence Dissociable in Risk Intensive Human Machine Teaming? », *Human Systems Engineering and Design*, sous la direction de Tareq Ahram, Waldemar Karwowski et Redha Taiar, Advances in Intelligent Systems and Computing 876 (2018), p. 699.

[36] Ipek Ozkaya, *IEEE Software*, p. 3.

[37] Sherry Wasilow et Joelle B. Thorpe, « Artificial Intelligence, Robotics, Ethics, and the Military: A Canadian Perspective », *AI Magazine* 40, nº 1 (printemps 2019), p. 38-41.

[38] Cabinet du Premier ministre, « Archivée – Lettre de mandat du ministre des Affaires étrangères », modifié le 13 décembre 2019, https://pm.gc.ca/fr/lettres-de-mandat/2019/12/13/archivee-lettre-de-mandat-du-ministre-des-affaires-etrangeres.

[39] Cabinet du Premier ministre, « Lettre de mandat du ministre des Affaires étrangères », modifié le 16 décembre 2021, https://pm.gc.ca/fr/lettres-de-mandat/2021/12/16/lettre-de-mandat-de-la-ministre-des-affaires-etrangeres.

[40] Matthew Johnson et Alonso H. Vera, « No AI Is an Island: The Case for Teaming Intelligence », *AI Magazine* 40, nº 1 (printemps 2019), p. 27.

[41] Matthew Johnson et Alonso H. Vera, *AI Magazine*, p. 27; Ming-Hui Huang et Roland T. Rust, *Journal of Service Research*, p. 157-158.

CONCLUSION

18. En conclusion, les FAC et l'ARC ont tout intérêt à investir dans l'EPM pour faire face aux défis de recrutement et à la complexification de l'environnement sécuritaire. Ce genre de partenariat promet de meilleures performances, une meilleure CS, une plus grande capacité à prendre des risques et une meilleure capacité à résoudre des problèmes. L'ARC devrait toutefois être prudente dans son approche, car il n'y a pas de couverture politique sur la question des armes autonomes pour le moment au Canada et cet enjeu soulève beaucoup de questions éthiques. Ensuite, il semble y avoir un manque de connaissance sur les façons d'optimiser les EPM et surtout sur les interactions sociales entre ses membres. Enfin, davantage d'études devraient être faites pour évaluer si l'humain va continuer de faire confiance à la machine en période de stress intense. Si elle fait défaut, ce manque pourrait mettre le succès de la mission en péril.

RECOMMANDATIONS

19. À la lumière des défis et des opportunités posés par l'EPM, l'ARC devrait investir de façon progressive dans l'EPM, sans trop se commettre dans les armes autonomes tant que la politique canadienne ne sera pas clarifiée. La stratégie d'investissement devrait également tenir compte du faible poids de ses investissements en comparaison des investissements des compagnies privées et de certains alliés comme les États-Unis.[42] Ainsi, des partenariats pour les développements technologiques complexes sont préférables. Pour ce faire, l'ARC devrait adopter les mesures suivantes au cours des cinq prochaines années.

a. Investir et rechercher des partenariats, notamment avec les États-Unis qui investissent déjà dans le domaine des EPM pour les développer dans un contexte de centre d'opérations et de planification de missions.

b. Rechercher des partenariats pour développer les ASP autonomes et approfondir ses connaissances sur le sujet. En ce sens, le « Loyal Wingman » de l'Australie pourrait être intéressant. Cependant, d'autres partenaires civils, comme Drone Delivery Canada[43], ou le développement d'une version autonome du ravitailleur MQ-25 Stingray[44] pourraient être des investissements plus politiquement sécuritaires vue l'incertitude au Canada entourant les systèmes d'armement autonomes.

c. Approfondir les connaissances dans le domaine des interactions sociales et de l'établissement de la confiance en contexte d'EPM. Le but de ce volet est

[42] Simon Poudrier, « Leveraging Allies Regarding Artificial Intelligence: The Critical Link between the Commercial and the Defence Industry », *Canadian Military Journal* 20, nº 3 (été 2020), p. 39, http://www.journal.forces.gc.ca/vol20/no3/page38-eng.asp.

[43] UAV Canada Staff, « Former Canada Post CEO joins Drone Delivery Canada », modifié le 23 septembre 2018, https://www.uav-canada.com/drone-delivery-canada-3138/.

[44] Megan Eckstein, « Aircraft carrier Bush conducts first at-sea MQ-25 unmanned tanker demo », *Defense News*, modifié le 21 décembre 2021, https://www.defensenews.com/naval/2021/12/21/aircraft-carrier-bush-conducts-first-at-sea-mq-25-unmanned-tanker-demo/.

d’avoir une expertise tangible et unique à partager avec les alliés pour les encourager à inclure le Canada dans les partenariats sur la question des EPM.

d. Rechercher des opportunités pour intégrer l’IA à petite échelle dans des projets pilotes, potentiellement dans le support administratif où l’industrie privée a déjà une certaine expérience, afin de développer des connaissances à l’interne sur les défis liés à l’intégration de cette technologie dans les processus existants.

BIBLIOGRAPHY

Airforce Technology. « Loyal Wingman Unmanned Aircraft », consulté le 23 janvier 2022, https://www.airforce-technology.com/projects/loyal-wingman-unmanned-aircraft/.

Australie. Royal Australian Air Force, « Loyal Wingman », consulté le 23 janvier 2022, https://www.airforce.gov.au/our-mission/loyal-wingman.

Barrenechea, Mark, David Fraser et Tom Jenkins. *The Anticipant Organization: New rules for leading in digital society from the boardroom and the battlefield*, s.l.n.d., http://bagotville.mil.ca/3ERE/ADJUC/Fichier/The%20Anticipant%20Organization%202020.pdf.

Bélanger, Alain, Yves Carrière et Patrick Sabourin. « Understanding Employment Participation of Older Workers: The Canadian Perspective », extrait de *Canadian Public Policy* 42, nº 1 (mars 2016), p. 94-109.

Blitch, John G. et Anna D. Skinner. « Are Teammate Trust and Confidence Dissociable in Risk Intensive Human Machine Teaming? », extrait de *Human Systems Engineering and Design*, sous la direction de Tareq Ahram, Waldemar Karwowski et Redha Taiar, Advances in Intelligent Systems and Computing 876, 2018, p. 699-704.

Bronk, Justin. « IV. Swarming Munitions, UAVs and the Myth of Cheap Mass », extrait de *Whitehall Papers* 99, nº 1 (2021), p. 49-60.

Canada. Bureau du vérificateur général du Canada. « Rapport 5 – Recrutement et maintien de l'effectif dans les Forces armées canadiennes – Défense nationale », consulté le 22 janvier 2022, https://www.oag-bvg.gc.ca/internet/Francais/att__f_41860.html.

Canada. Cabinet du Premier ministre. « Archivée – Lettre de mandat du ministre des Affaires étrangères », modifié le 13 décembre 2019, https://pm.gc.ca/fr/lettres-de-mandat/2019/12/13/archivee-lettre-de-mandat-du-ministre-des-affaires-etrangeres.

Canada. Cabinet du Premier ministre. « Lettre de mandat du ministre des Affaires étrangères », modifié le 16 décembre 2021, https://pm.gc.ca/fr/lettres-de-mandat/2021/12/16/lettre-de-mandat-de-la-ministre-des-affaires-etrangeres.

Canada. Ministère de la Défense nationale. A-GA-007-000/AF-009, *Vecteurs de l'ARC*, Ottawa : Groupe Communication Canada, 2019.

Canada. Ministère de la Défense nationale. B-GA-400-000/FP-001, *Doctrine de l'Aviation royale canadienne*, Ottawa : Groupe Communication Canada, 2016.

Canada. Ministère de la Défense nationale, B-GA-403-000/FP-001, *Doctrine aérospatiale des Forces canadiennes : Acquisition de l'avantage*, Ottawa : Groupe Communication Canada, 2014, https://rcaf-arc.forces.gc.ca/assets/AIRFORCE_Internet/docs/fr/centre-guerre-aerospatiale-fc/b-ga-403-000-fp-001.pdf#chapitre_3.

Choi, Younghoon, Youngjun Choi, Simon Briceno et Dimitri N. Mavris. « Energy-Constrained Multi-UAV Coverage Path Planning for an Aerial Imagery Mission Using Column Generation », extrait de *Journal of Intelligent & Robotic Systems* 97, nº 1 (mars 2019), p. 125-139.

Dale, Robert. « GPT-3: What's it good for? », extrait de *Natural language engineering* 27, nº 1 (janvier 2021), p. 113-118.

Daugherty, Paul R. et H. James Wilson. *Human + Machine: Reimagining Work in the Age of AI*, Boston : Harvard Business Review Press, 2018.

Dockrill, Peter. « First-Ever Drone Swarm Attack Has Struck Russian Military Bases, Sources Claim », consulté le 23 janvier 2022, https://www.sciencealert.com/swarm-home-made-drones-strike-military-base-first-attack-kind-russia-uavs.

Eckstein, Megan. « Aircraft carrier Bush conducts first at-sea MQ-25 unmanned tanker demo », *Defense News*, modifié le 21 décembre 2021, https://www.defensenews.com/naval/2021/12/21/aircraft-carrier-bush-conducts-first-at-sea-mq-25-unmanned-tanker-demo/.

États-Unis. The Office of the Director, Operational Test and Evaluation. « Battle Control System – Fixed (BCS-F) », consulté le 23 janvier 2022, https://www.dote.osd.mil/Portals/97/pub/reports/FY2011/af/2011bcsf.pdf?ver=2019-08-22-112332-690.

Everstine, Brian W. « Artificial Intelligence Easily Beats Human Fighter Pilot in DARPA Trial », *Air Force Magazine*, modifié le 20 août 2020, https://www.airforcemag.com/artificial-intelligence-easily-beats-human-fighter-pilot-in-darpa-trial/.

Huang, Ming-Hui et Roland T. Rust. « Artificial Intelligence in Service », *Journal of Service Research* 21, no 2 (2018), p. 155-172.

Johnson, Matthew et Alonso H. Vera. « No AI Is an Island: The Case for Teaming Intelligence », extrait de *AI Magazine* 40, nº 1 (printemps 2019), p. 16-28.

Lawless, W.F., Ranjeev Mittu, Donald Sofge et Laura Hiatt. « Artificial Intelligence, Autonomy, and Human-Machine Teams: Interdependance, Context, and Explainable AI », extrait de *AI Magazine* 40, nº 3 (automne 2019), p. 5-13.

Madni, Azad M. et Carla C. Madni. « Architectural Framework for Exploring Adaptive Human-Machine Teaming Options in Simulated Dynamic Environments », extrait de *Systems* 6, nº 4 (2018), p. 1-18.

McNeese, Nathan J., Beau G. Schelble, Lorenzo Barberis Canonico et Mustafa Demir. « Who/What Is My Teammate? Team Composition Considerations in Human-AI Teaming », extrait de *IEEE Transactions on Human-Machine Systems* 51, nº 4

(août 2021), p. 288-299, https://ieeexplore-ieee-org.cfc.idm.oclc.org/document/9474953/references#references.

Ozkaya, Ipek. « The Behavioral Science of Software Engineering and Human-Machine Teaming », extrait de *IEEE Software* 37, nº 6 (4e trimester 2020), p. 3-6.

Palacios, Eduardo Sepulveda et Howard Smith, « Impact of mission requirements on the design of low observable UCAV configurations », extrait de *Aircraft Engineering and Aerospace Technology* 91, nº 10 (2019), p. 1295-1307.

Poudrier, Simon. « Leveraging Allies Regarding Artificial Intelligence: The Critical Link between the Commercial and the Defence Industry », extrait de *Canadian Military Journal* 20, nº 3 (été 2020), p. 39, http://www.journal.forces.gc.ca/vol20/no3/page38-eng.asp.

Song, Yan-jie, Zi-yu Zhou, Zhong-shan Zhang, Feng Yao et Ying-wu Chen, « A framework involving MEC: imaging satellites mission planning », extrait de *Neural Computing and Applications* 32, nº 19 (février 2020), p. 15 329-15 340.

UAV Canada Staff. « Former Canada Post CEO joins Drone Delivery Canada », modifié le 23 septembre 2018, https://www.uav-canada.com/drone-delivery-canada-3138/.

Walliser, James C., Ewart J. de Visser, Eva Wiese et Tyler H. Shaw. « Team Structure and Team Building Improve Human-Machine With Autonomous Agents », *Journal of Cognitive Engineering and Decision Making* 13, nº 4 (août 2019), p. 258-278.

Wasilow, Sherry et Joelle B. Thorpe. « Artificial Intelligence, Robotics, Ethics, and the Military: A Canadian Perspective », extrait de *AI Magazine* 40, nº 1 (printemps 2019), p. 37-48.