National Defence Défense nationale

Canadian Forces College

Collège des Forces Canadiennes

LES SYSTÈMES D'ARMES AUTONOMES : ÉTAT DE L'ART ET ENJEUX EN 2019

LIEUTENANT-COLONEL JEAN LEYMARIE

JCSP 46

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.

© 2020 Her Majesty the Queen in Right of Canada,
as represented by the Minister of National Defence.

PCEMI 46

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.

© 2020 Sa Majesté la Reine du Chef du Canada,
représentée par le ministre de la Défense nationale.

Canada

CANADIAN FORCES COLLEGE – COLLÈGE DES FORCES CANADIENNES

JCSP 46 – PCEMI 46
2019 – 2020

SERVICE PAPER - ÉTUDE MILITAIRE

LES SYSTÈMES D'ARMES AUTONOMES : ÉTAT DE L'ART ET ENJEUX EN 2019

Lieutenant-colonel Jean Leymarie

"This paper was written by a candidate attending the Canadian Forces College in fulfillment 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. »

Word Count: 3,029

Nombre de mots : 3.029

LES SYSTÈMES D'ARMES AUTONOMES : ÉTAT DE L'ART ET ENJEUX EN 2019

BUT

1. Ce document vise à donner au lecteur une vision aussi large que possible des enjeux contemporains relatifs aux systèmes d'armes autonomes (SAA) et en particulier de leurs déclinaisons létales (SALA). Il doit permettre de se forger une opinion sur l'état de l'art, les enjeux technologiques, éthiques, normatifs, stratégiques ainsi que sur les tendances actuelles. Nous formulerons enfin un certain nombre de recommandations qui pourraient être mises en œuvre au sein des Forces armées canadiennes afin de s'inscrire dans ce prochain tournant stratégique majeur.

INTRODUCTION

2. Les SAA et SALA sont depuis longtemps présents dans l'inconscient collectif des sociétés occidentales. Les productions de la littérature et du cinéma fantastique qui s'y rapportent ont été en effet particulièrement nombreuses et ont entretenu les plus vifs fantasmes. Si la vision futuriste de Paul Verhoeven, Edward Neumaier et Michael Miner dans le film *Robocop* a sans doute marqué une génération, la contribution apportée par Isaac Asimov dans son *Cycle des robots* influence à ce jour encore les spécialistes de la robotique et de l'intelligence artificielle. L'énoncé, dans son œuvre, des quatre lois de la robotique qui doivent régir le comportement de tout robot n'est pas une simple curiosité littéraire :

> Loi Zéro : Un robot ne peut pas porter atteinte à l'humanité, ni, par son inaction, permettre que l'humanité soit exposée au danger ;

© 2020 Sa Majesté la Reine du chef du Canada représentée par le ministre de la Défense nationale.
Tous droits réservés.

> Première Loi : Un robot ne peut porter atteinte à un être humain, ni, restant passif, permettre qu'un être humain soit exposé au danger, sauf contradiction avec la Loi Zéro ;
> Deuxième Loi : Un robot doit obéir aux ordres que lui donne un être humain, sauf si de tels ordres entrent en conflit avec la Première Loi ou la Loi Zéro ;
> Troisième Loi : Un robot doit protéger son existence tant que cette protection n'entre pas en conflit avec la Première ou la Deuxième Loi ou la Loi Zéro.

Ces lois traduisent en effet l'angoisse des humains et l'appréhension qu'engendre l'idée d'un système mû par une intelligence autonome synthétique échappant à toute forme humaine de contrôle. Elles permettent également de prendre conscience de la nécessité de décider et mettre en œuvre des normes pour encadrer leur emploi. De plus, les termes de l'interaction avec l'humain révèlent des questions éthiques sous-jacentes et notamment d'emploi de la force létale par un système qui prend ses décisions en autonomie.

3. Aussi, le concept d'une arme létale autonome s'oppose singulièrement à l'évocation de ces lois, imaginées pour des créatures censées protéger l'Homme et l'humanité dans son ensemble, mais met en exergue des questions et enjeux fondamentaux. Ainsi après avoir proposé un instantané de l'état de l'art, nous détaillerons les enjeux militaires et notamment stratégiques, éthiques et normatifs qui leur sont associés, et nous évoquerons certaines voies de solution attendues.

DISCUSSION

A LA CROISEE DE L'AUTOMATISATION ET DE L'AUTONOMIE

4. Les SAA et SALA ne sont pas une chimère même s'il faut au préalable en donner des définitions précises. Parmi les acteurs du développement de ces systèmes, les Etats-Unis et le Royaume-Uni proposent ainsi une vision différente. Si les Etats-Unis

© 2020 Sa Majesté la Reine du chef du Canada représentée par le ministre de la Défense nationale.
Tous droits réservés.

définissent le SALA comme « une arme qui, une fois activée, peut désigner et engager des objectifs sans aide ultérieure d'un opérateur humain »[1], le Royaume-Uni le définit comme :

> Capable de comprendre une directive et l'intention d'une autorité de niveau supérieur. De cette compréhension et de la perception de son environnement, un tel système est capable d'agir adéquatement afin d'aboutir à l'état recherché. Il est capable de décider d'une ligne de conduite, à partir d'un certain nombre de choix, sans dépendre d'une supervision et d'un contrôle humains, bien qu'ils puissent exister. Même si l'action d'ensemble d'un drone aérien autonome est prévisible, les actions individuelles peuvent ne pas l'être.[2]

La définition britannique, plus ambitieuse, adhère à une véritable notion d'autonomie, c'est-à-dire « la notion d'un processus de décision algorithmique complexe et difficile à prévoir », tandis que celle du *Department of Defense* (DoD) englobe également les systèmes automatisés, qui « répondent de manière déterministe à des événements bien définis ».[3]Dans tous les cas, l'opérateur humain est rejeté « hors de la boucle ». Nous ferons le choix dans cette étude d'utiliser la définition du DoD citée supra lorsque nous nous réfèrerons à un SAA ou SALA afin d'englober le plus de systèmes actuels et futurs, tout en reconnaissant les propriétés particulières des systèmes véritablement autonomes.

5. En effet, ces systèmes existent déjà ou sont en cours de développement si l'on s'en tient à cette définition[4]. On remarque toutefois que seul un système aérien, le X-47B américain, est véritablement en développement. Capable de décoller de manière

[1](US Department of Defense, 2012, p. 13)
[2](UK Ministry of Defence, 2017, p. 72)
[3](Righetti, Pham, Madhavan, & Chatila, 2018, p. 124)
[4](Bode & Huelss, 2018, p. 402)

© 2020 Sa Majesté la Reine du chef du Canada représentée par le ministre de la Défense nationale.
Tous droits réservés.

autonome d'un porte avion, il est également capable de rejoindre un avion ravitailleur et de ravitailler en vol sans intervention humaine directe. Cependant, le X-47B est un SAA dans la mesure où il ne peut pas encore engager des objectifs de manière autonome, tandis que d'autres systèmes opérant dans d'autres milieux peuvent revendiquer ce caractère létal. Ainsi, un système d'armes tel que le robot sentinelle *SGR-A1* coréen peut « théoriquement détecter, sélectionner et engager de manière autonome une cible humaine sans autre intervention humaine ».[5] D'autres formes d'autonomie sont également explorés, comme l'illustre le projet *Perdix* du DoD. Ces micro drones sont en effet capables de « comportements en essaim, tels que la prise de décision collective, le vol en formation adaptatif et l'auto-guérison ».[6]Mais d'une manière générale, les SAA et SALA actuels sont encore relativement basiques dans leurs capacités militaires et se situent au mieux à « la croisée de l'automatisation et de l'autonomie »[7].

6. Un certain nombre de contraintes techniques majeures limitent encore en effet l'autonomie de ces systèmes d'armes. Certes, des progrès significatifs ont été réalisés en termes d'intelligence artificielle et de reconnaissance des formes, grâce notamment aux réseaux neuronaux multicouches ou aux méthodes SVM[8], contribuant ainsi au développement de la vision artificielle des machines. Cependant l'ensemble de ces outils théoriques ne détectent et labellisent qu'imparfaitement les différents objets composant

[5]Ibid
[6](Altmann & Sauer, 2017, p. 123)
[7](Bode & Huelss, 2018, p. 401)
[8]Support Vector Machines, ensemble de techniques d'apprentissage supervisé destinées à résoudre des problèmes de discrimination et de régression. Les SVM sont une généralisation des classifieurs linéaires. Selon les données, la performance des machines à vecteurs de support est de même ordre, ou même supérieure, à celle d'un réseau de neurones.

© 2020 Sa Majesté la Reine du chef du Canada représentée par le ministre de la Défense nationale.
Tous droits réservés.

une scène. De plus, la performance de ces algorithmes est soumise à un nombre très important de paramètres ainsi qu'à un processus d'apprentissage déterminant. L'efficacité d'un réseau de type Perceptron multicouche[9] dépend en effet de la topologie de ce dernier ainsi que de la pertinence de la base de données sur lequel la machine apprend.

7. Plus généralement, l'avènement d'une véritable autonomie en termes d'intelligence synthétique se heurte à des problèmes majeurs. L'incapacité à identifier et catégoriser précisément les objets d'une scène est problématique lorsqu'il s'agit de distinguer un combattant d'un civil. C'est ce qu'on appelle le problème de représentation.[10]Un autre problème majeur est l'incapacité des intelligences synthétiques actuelles à contextualiser un problème.[11] Ces machines ne disposent pas en effet de moyen de déterminer le degré de pertinence de leurs décisions sans qu'un contexte leur soit fourni par un opérateur humain. Dans le cas d'un SALA opérant sur un théâtre d'opérations dynamique et complexe, la myriade de décisions relatives à l'éthique et la morale qui pourraient être prises ne peuvent aboutir à un choix sans qu'un opérateur humain ne précise le contexte et les priorités du moment.

DES ENJEUX ETHIQUES, NORMATIFS ET SECURITAIRES

8. La perception des enjeux liés aux SAA et SALA ne reflète qu'une vision contemporaine de ces systèmes et ce quelle qu'en soit la portée considérée. Ainsi, s'il est difficile de prévoir ce qu'ils seront ou ne seront pas, les études actuelles permettent dès

[9] Algorithme d'apprentissage supervisé de classifieurs binaires (c'est-à-dire séparant deux classes). Le perceptron peut être vu comme le type de réseau de neurones le plus simple.
[10](Klincewicz, 2015, p. 166)
[11]Ibid

© 2020 Sa Majesté la Reine du chef du Canada représentée par le ministre de la Défense nationale.
Tous droits réservés.

maintenant de dégager un certain nombre de problématiques, éthiques, morales, normatives et sécuritaires.

9. La création et la mise en service des SAA et SALA sont en effet de nature à bouleverser profondément le caractère même des conflits. En effet, si la guerre est selon Clausewitz « la continuation de la politique par d'autres moyens », la guerre est en termes polémologiques une entreprise humaine, qui se manifeste par l'imposition de son pouvoir. L'idée de remplacer l'homme au cœur du champ de bataille est nourrie dès 2007 par la feuille de route du DoD relative aux drones « Unmanned Systems Roadmap ». Ainsi, lorsqu'il s'agit de technologies de traitement de l'information,

> bien que les technologies actuelles permettent de conduire des missions complètes avec peu ou sans intervention humaine, le but ultime est de remplacer les opérateurs par un substitut mécanique de vitesse de pensée, de capacité de mémorisation, et temps de réponse égaux ou supérieurs.

Les bénéfices de l'emploi d'armes autonomes sont multiples et recouvrent des aspects stratégiques et moraux.

10. Tout d'abord, l'emploi de tels systèmes permettrait d'obtenir des gains significatifs sur les plans opératifs et tactiques, en promettant comme pour l'utilisation de drones une moindre exposition des combattants humains, un délai de traitement plus rapide de l'information et de prise de décision. En plus des avantages purement militaires, l'emploi de SALA pourrait apporter plus d'humanité[12] aux conflits. En effet, une machine, dénuée d'émotions, de sentiments et d'instinct de conservation, devrait être

[12] Au sens du droit international humanitaire.

© 2020 Sa Majesté la Reine du chef du Canada représentée par le ministre de la Défense nationale.
Tous droits réservés.

capable de ne pas céder à des comportements excessifs, répréhensibles et ainsi verser volontairement dans les horreurs de la guerre. Enfin, d'aucuns s'autorisent à penser que les performances et les capacités de traitement supérieures aux capacités cognitives humaines de ces systèmes permettraient in fine de limiter les dommages collatéraux.[13]

11. Toutefois, ce sont bien l'éthique et la morale qui soulèvent le plus de questions lorsqu'il s'agit d'envisager l'utilisation opérationnelle de systèmes d'armes autonomes. En termes d'éthique, la délégation à une machine de la décision d'ôter la vie à un être humain peut apparaitre immorale. En effet, cette délégation, en l'absence de véritable responsabilité de la machine au sens éthique du terme, contrevient aux valeurs humaines fondamentales et en particulier au droit à la vie et à la dignité[14].La question de la responsabilité de la machine est ici centrale, car en l'absence d'opérateur responsable de la suite d'actions entreprises par la machine, l'évaluation des responsabilités au sens du droit international humanitaire (DIH) est impossible. En outre, les SALA dans leur état de développement actuels sont purement et simplement incapables de respecter les principes fondamentaux du DIH. Ainsi le principe de distinction, évoqué précédemment, ne peut être satisfait[15], mais la mise en application du principe de proportionnalité[16] est également contesté.[17]Or, l'article 36 du premier protocole additionnel des conventions de

[13](Altmann & Sauer, 2017, p. 119)
[14]Ibid p. 120
[15](Guersenzvaig, 2018)
[16] Un des cinq principes fondamentaux du droit international humanitaire. « Si après avoir pris l'ensemble des précautions nécessaires (cf. ci-dessus), la neutralisation ou la destruction de l'avantage militaire ennemi risque d'engendrer quand même des pertes et des dommages civils, ces opérations militaires doivent être réalisées en veillant à éviter de provoquer des pertes ou des dommages parmi les personnes et les biens civils "qui seraient excessifs par rapport à l'avantage militaire concret et direct attendu" »
[17](van den Boogaard, 2015)

© 2020 Sa Majesté la Reine du chef du Canada représentée par le ministre de la Défense nationale.
Tous droits réservés.

Genève de 1949 impose aux Etats de mener une évaluation de tout nouveau système d'armes afin de déterminer si leur utilisation contreviendrait aux dispositions du DIH.[18]Le débat éthique amène donc également à évoquer les enjeux relatifs aux normes nationales et internationales encadrant l'utilisation des SALA.

12. Les normes et directives nationales ou internationales actuelles ne permettent en effet pas d'encadrer l'utilisation des systèmes létaux autonomes. Certaines figures éminentes de l'industrie ou de la communauté scientifique telles qu'Elon Musk[19] ou Stephen Hawking[20] ont évoqué la menace qu'ils représenteraient. Ils font également l'objet de campagnes visant à bannir préventivement leur développement, leur production et leur utilisation, telles que l'initiative « Campaign to Stop Killer Robots » formée par dix organisations non-gouvernementales (ONG) et menée par *HumanRights Watch*.[21] Depuis 2013, 125 Etats contractants et 5 signataires de la *Convention sur certaines armes classiques* discutent annuellement et de manière informelle de l'opportunité d'interdire ou de restreindre l'emploi des SALA.[22] Les contractants décidèrent en 2016 de mettre en place un groupe d'experts gouvernementaux pour discuter plus spécifiquement des technologies émergentes afférentes à ces systèmes.[23] Toutefois, il n'existe à ce jour aucun consensus au niveau international, tandis que certains pays[24] cherchent à encadrer le développement des systèmes autonomes au niveau national.[25]Si certains pays pionniers

[18](Righetti, Pham, Madhavan, & Chatila, 2018, p. 125)
[19](Gibbs, 2014)
[20](Clellan-Jones, 2014)
[21](Righetti, Pham, Madhavan, & Chatila, 2018, p. 123)
[22](The United Nations Office at Geneva, s.d.)
[23](Righetti, Pham, Madhavan, & Chatila, 2018, p. 124)
[24] Etats-Unis, Russie et Israël notamment
[25](US Department of Defense, 2012) et (US Department of Defense, 2007)

© 2020 Sa Majesté la Reine du chef du Canada représentée par le ministre de la Défense nationale.
Tous droits réservés.

estiment que le cadre normatif international actuel est suffisant[26], vingt-six pays[27] se sont positionnés dans le même temps pour interdire de manière préventive les SALA.[28] Ainsi, le statuquo est de mise. Or, la cadence des progrès technologiques semble largement dépasser celle des avancées normatives, ce qui pourrait aboutir à l'absence de législation et ainsi encourager leur usage illicite, notamment par des acteurs non étatiques, voir leur prolifération.[29]

13. Un des risques majeurs de l'utilisation de SAA et SALA est une déstabilisation stratégique mondiale.[30] En tant que technologie de rupture, et à l'instar de l'introduction de l'arme nucléaire, les leçons de la guerre froide permettent en effet de mettre en évidence deux facteurs de déstabilisation. L'introduction des SALA fait à la fois planer le risque de prolifération et d'une nouvelle course à l'armement, ainsi que le risque d'une instabilité accrue des situations de crise et d'escalade.

14. La prolifération de ces systèmes est en effet facilitée par certaines de leurs spécificités et caractéristiques attendues. En premier lieu, les coûts de production pourraient être bien moins élevés que les systèmes équivalents accueillant un opérateur. Les drones autonomes en essaim *Perdix* évoqués précédemment doivent ainsi être produits en recourant à l'impression 3D pour leurs prochaines évolutions.[31]Nous pouvons également attribuer ce risque de prolifération à la relative facilité de production ou de

[26](Bode & Huelss, 2018, pp. 401-402)
[27] Parmi lesquels la Chine, le Brésil et le Pakistan
[28](Amnesty International FR, 2018)
[29](Righetti, Pham, Madhavan, & Chatila, 2018, p. 125)
[30](Altmann & Sauer, 2017, p. 120)
[31](Altmann & Sauer, 2017, p. 130)

© 2020 Sa Majesté la Reine du chef du Canada représentée par le ministre de la Défense nationale.
Tous droits réservés.

copie de produits existants. Contrairement aux armes nucléaires, qui nécessitent des investissements considérables, les technologies mises en œuvre dans ces armes sont intimement liées aux développements du l'industrie civile et donc accessibles. Le cœur de l'autonomie étant vraisemblablement logiciel, on peut également penser que la copie en sera facilitée. L'acquisition ou le développement à bas coût, en ne respectant pas les critères de vérification de pays plus scrupuleux, de SALA ou SAA par des acteurs non étatiques semble donc tout à fait plausible et pourrait ainsi s'étendre à des groupes terroristes.[32]

15. Ces systèmes laissent également entrevoir une aggravation de l'instabilité dans les situations de crise. Dans un tel scénario, si un des Etats devait utiliser ou être soupçonné d'employer ce type d'armes, cela inciterait sans doute d'autres pays à l'imiter afin de ne pas subir un potentiel désavantage tactique, créant alors davantage d'instabilité et une situation d'escalade.[33]Cette instabilité accrue pourrait également provenir de la nature même de ces systèmes, dont le comportement ne peut être prédit avec certitude. De plus, leur coût limité ainsi que la non-exposition d'opérateurs humains pourrait avoir tendance à diminuer l'aversion des échelons décisionnels stratégiques à engager des moyens militaires.[34]

16. Enfin, un autre enjeu majeur est la gestion du risque opérationnel engendré par ces systèmes. Tout d'abord, la complexité algorithmique de leur cœur logiciel est de

[32](Righetti, Pham, Madhavan, & Chatila, 2018, p. 125)
[33](Altmann & Sauer, 2017, p. 124)
[34](Altmann & Sauer, 2017)

© 2020 Sa Majesté la Reine du chef du Canada représentée par le ministre de la Défense nationale.
Tous droits réservés.

nature à faire craindre l'existence de bogues résiduels, dont les effets ne pourraient être maitrisés malgré des procédures de vérification et d'essai étendues. Cette dernière crainte se vérifie particulièrement dans le cas des systèmes létaux, puisqu'ils peuvent aisément aboutir à des tirs fratricides. D'autre part, la nature technologique de ces armes laisse supposer une vulnérabilité intrinsèque aux attaques informatiques, notamment à travers les liaisons de données sur lesquelles elles seraient susceptibles de s'appuyer. Ainsi, le durcissement de ces systèmes à des attaques cyber externes devra faire l'objet de beaucoup d'attentions, sous peine d'en perdre le contrôle.

DES EVOLUTIONS PROMETTEUSES

17. En dépit des enjeux et problématiques soulevés précédemment, la création d'intelligences synthétiques annonce tout simplement une nouvelle manière de penser la guerre à longue échéance. De plus, une nouvelle approche normative pourrait faire émerger des lois et normes applicables à l'utilisation de ces systèmes. Enfin, nous évoquerons la nécessité de définir une forme de contrôle innovante permettant d'interagir avec eux.

18. En 2018, Google annonce avoir mis au point une intelligence artificielle (AlphaZero) capable de jouer indifféremment au jeu de Go, aux échecs ou au Shôgi (équivalent japonais des échecs).[35] Cette IA a la particularité de pouvoir se perfectionner sans assistance humaine, ce qui implique qu'elle ne dispose pas d'un catalogue de coups et tactiques définies par des joueurs humains. Or, l'IA réussit non seulement l'exploit de

[35](David Silver1, 2018)

© 2020 Sa Majesté la Reine du chef du Canada représentée par le ministre de la Défense nationale.
Tous droits réservés.

battre les autres logiciels spécialisés dans ces trois jeux[36] mais pour ce faire, elle utilise des stratégies innovantes de son invention. On peut ainsi imaginer facilement qu'avec l'augmentation de la puissance de calcul au cours de ces prochaines années, de telles machines puissent effectivement par un processus d'auto-apprentissage révolutionner non seulement les tactiques mais également l'art opératif.

19. De plus, plusieurs voies de solutions semblent encore possibles afin de normaliser et légiférer au niveau international sur le développement et l'utilisation de SALA. En premier lieu, trois alternatives constructivistes pourraient se substituer à une interdiction complète :

a. Un moratoire international sur le développement et le déploiement des SALA ;

b. L'établissement d'un code de conduite relatif au SALA insistant sur la conformité au DIH et à l'article 36 du premier protocole additionnel aux Conventions de Genève de 1949 ;

c. Un accord multipartites encadrant leur utilisation.

Cependant, une nouvelle approche normative dite procédurale postule que « plutôt que de déterminer comment les SALA peuvent se conformer aux normes actuelles, c'est peut-être à partir du développement et de l'utilisation pratique de ces systèmes que doivent

[36] Parmi lesquels on compte une autre création de Google AlphaGoZero ayant battu le champion du monde du jeu de Go Lee Sedol en mars 2016

© 2020 Sa Majesté la Reine du chef du Canada représentée par le ministre de la Défense nationale.
Tous droits réservés.

découler de nouvelles normes. »[37] En l'absence de norme émanant d'une approche constructiviste, les standards créés de facto par l'utilisation de SALA sont susceptibles de générer de nouvelles pratiques. Ces dernières deviennent normes dès lors qu'elles sont acceptées par le public et jugées appropriées de par les avantages qu'elles procurent indépendamment des régressions qui les accompagnent. Cette nouvelle approche, déjà appliquée en partie lors de l'introduction de drones armés sur les théâtres d'opérations[38] pourrait être à même de sortir de l'impasse normative actuelle.

20. Enfin, de nouvelles approches sont également proposées pour résoudre le problème éthique et moral de responsabilité relatif aux SALA. Plutôt que de positionner l'opérateur relativement à une boucle, il s'agit avant tout de garantir une certaine forme de contrôle de la machine par l'homme, appelée contrôle significatif. La machine, doit alors respecter deux conditions dans sa conception, dites de « suivi » et de « traçabilité » imposant respectivement au système :

a. De réagir à la fois en fonction des raisons morales pertinentes des humains ayant conçu et déployé le système ainsi que des faits significatifs de l'environnement dans lequel il opère ;

b. De permettre en toute circonstance à au moins un humain ayant participé à sa conception et à un opérateur de pouvoir retracer le résultat de ses actions.

[37](Bode & Huelss, 2018)
[38] (Warren & Bode, 2015)

© 2020 Sa Majesté la Reine du chef du Canada représentée par le ministre de la Défense nationale.
Tous droits réservés.

Les SALA doivent ainsi permettre à l'homme d'exercer ce contrôle significatif, permettant de rechercher des responsabilités.

CONCLUSION

21. Si les SALA et par extension les SAA ne sont pas encore techniquement suffisamment avancés pour revendiquer une véritable autonomie et se situent plus vraisemblablement à une intersection commune avec l'automatisation, les enjeux et les problématiques qu'ils engendrent font à la fois craindre et espérer.

22. Ils font à la fois craindre une déstabilisation stratégique au niveau international à longue échéance mais espérer de nouvelles approches pour révolutionner le fait militaire. Les enjeux relatifs à leur développement, leur utilisation et les normes qui les accompagnent sont indubitablement une source de friction à l'échelle internationale, notamment en raison des questions éthiques et morales sous-jacentes. De plus, les considérations normatives traditionnelles pourraient sans doute être bouleversées par de nouvelles pratiques acceptées et héritées directement de leur utilisation.

RECOMMENDATIONS

23. Compte tenu des enjeux relatifs à ces systèmes d'armes, actuels ou futurs, et notamment des profondes mutations stratégiques qu'ils sont susceptibles d'opérer, il ne fait aucun doute que les FAC et notamment l'ARC doit rester vigilante et impliquée. Le milieu aérien est particulièrement propice à l'introduction de telles armes, notamment dans les missions de défense aérienne, où les capteurs opèrent dans un milieu moins complexe que le milieu terrestre. Aussi, je préconise les mesures suivantes :

© 2020 Sa Majesté la Reine du chef du Canada représentée par le ministre de la Défense nationale.
Tous droits réservés.

a. Maintenir une veille technologique sur l'intelligence artificielle et la robotique, particulièrement, au niveau du DDN ;

b. Encourager les milieux universitaires à écrire sur le sujet de l'autonomie, notamment au travers un programme de financement de doctorats et plus largement des laboratoires afin de développer des solutions de pointe dans le domaine ;

c. Encourager et financer les partenariats multinationaux et les accords de développement bilatéraux ;

d. Encourager la diplomatie canadienne à agir au niveau des comités et instances de gouvernance internationales afin d'éviter une interdiction préventive de ces systèmes.

© 2020 Sa Majesté la Reine du chef du Canada représentée par le ministre de la Défense nationale.
Tous droits réservés.

BIBLIOGRAPHIE

A Warren, I. B. (2015). Altering the playing field: The US redefinition of the use-of-force. *Contemporary Security Policy 36*, pp. 174-199.

Altmann, J., & Sauer, F. (2017, September). Autonomous Weapon Systems and strategic stability. *Survival*, pp. 117-142.

Amnesty International FR. (2018, August 26). *ROBOTS TUEURS : À QUAND L'INTERDICTION ?* Récupéré sur Amnesty International FR: https://www.amnesty.fr/controle-des-armes/actualites/robots-tueurs--a-quand-linterdiction-

Bode, I., & Huelss, H. (2018, July). Autonomous weapons systems and changing norms in international relations. *Review of International Studies*, pp. 393-413.

Clellan-Jones, R. (2014, December 2). *Stephen Hawking warns artificial intelligence could end mankind*. Récupéré sur BBC News: http://www.bbc.com/news/technology-

David Silver1, 2. T. (2018, December 07). *A general reinforcement learning algorithm that masters chess, shogi, and Go through self-play*. Récupéré sur Science: https://science.sciencemag.org/content/362/6419/1140

Gibbs, S. (2014, October 27). *Elon Musk/ Artificial intelligence is our greatest existential threat*. Récupéré sur The Guardian: https://www.theguardian.com/technology/

Guersenzvaig, A. (2018, March). Autonomous Weapon Systems: Failing the principle of discrimination. *IEEE Technology and Society Magazine*, pp. 55-61.

Klincewicz, M. (2015, April). Autonomous Weapons Systems, the frame problem and computer security. *Journal of Military Ethics*.

Righetti, L., Pham, Q.-C., Madhavan, R., & Chatila, R. (2018, March). Lethal Autonomous Weapon Systems. *IEEE Robotics & Automation MAgazine*, pp. 123-126.

Sio, F. S., & Hoven, J. v. (2018, February). Meaningful Human Control over Autonomous Systems: A Philosophical Account. *Frontiers in Robotics and AI*.

The United Nations Office at Geneva. (s.d.). *The convention on certain conventional*. Récupéré sur The United Nations Office at Geneva: https://www.unog.ch/80256EE600585943/(httpPages)/4F0

UK Ministry of Defence. (2017). *Joint Doctrine Publication 0-30.2.*

US Department of Defense. (2007). *Unmanned Systems Roadmap 2007-2032.*

US Department of Defense. (2012). *Directive 3000.09 on Autonomy in Weapon Systems.*

van den Boogaard, J. (2015, August). Proportionality and Autonomous Weapons Systems. *Journal of International Humanitarian Legal Studies*, pp. 247-283.

© 2020 Sa Majesté la Reine du chef du Canada représentée par le ministre de la Défense nationale.
Tous droits réservés.