

Le Centre de recherche des Écoles de Saint-Cyr Coëtquidan (CREC Saint-Cyr)



Créé le 21 juillet 1995, il a pour missions de :

- contribuer directement à la formation des élèves-officiers et à la délivrance du diplôme d'ingénieur et du grade de Master ;
- accompagner des projets d'étude et de recherche ;
- rédiger des fiches au profit d'organismes centraux de l'armée de Terre.

Afin de mener à bien ces missions, le CREC peut s'appuyer sur 43 enseignants-chercheurs sous la direction de M. Ronan DOARÉ, directeur général de l'enseignement et de la recherche, et de M. Gilles GUIHEUX, directeur du CREC Saint-Cyr.

L'activité de recherche est structurée en 4 pôles, tous finalisés sur le métier militaire.



Le pôle « Éthique et environnement juridique »

Ses principaux axes de recherche portent sur les problématiques liées à la responsabilité des militaires, à l'éthique de la décision, au soldat augmenté, aux enjeux de l'intelligence artificielle, aux blessures invisibles et à la lutte contre le terrorisme. Ce pôle développe une activité spécialisée avec le centre d'expertise « Lutte contre le terrorisme » en partenariat avec la SNCF. Le responsable du pôle est M. Stéphane BAUDENS.



Le pôle « Défense et sécurité européennes »

Ses principaux axes de recherche portent sur les Européens et la guerre ainsi que sur les frontières et les périphéries de l'Europe. M. Frédéric DESSBERG, responsable du pôle, est le titulaire d'une Chaire Jean Monnet et dirige, depuis mars 2017, le Groupement d'intérêt scientifique « Centre d'excellence Jean Monnet ».



Le pôle « Mutation des conflits »

Les recherches du pôle sont axées sur l'analyse des mutations de la conflictualité et de leurs conséquences sur l'action des forces terrestres. Elles abordent notamment la guerre irrégulière, la robotisation du champ de bataille ainsi que la cyberdéfense et cybersécurité. Le responsable du pôle est M. Didier DANET. Ce dernier axe de recherche bénéficie d'un partenariat avec THALES et SOGETI par le biais de la Chaire « Cyberdéfense et cybersécurité ».



Le pôle « Sciences et technologies de défense »

Composé de trois laboratoires (Électronique, Informatique et mathématiques appliquées, et Mécanique), le pôle axe notamment ses recherches sur la transmission radio à haut débit, la propagation électromagnétique, la planification d'actions en intelligence artificielle, la cryptographie, les études balistiques et la théorie des équations aux dérivées partielles. Depuis 2017, le pôle bénéficie d'un partenariat avec SAFRAN dans le cadre d'une chaire sur le soldat augmenté dans l'espace numérique de bataille vue sous l'angle des sciences de l'ingénieur dont le titulaire est M. Yvon ERHEL, responsable du pôle.

Autonomie et létalité en robotique militaire

Actes enrichis des colloques

« Téléopération – Automatisation – Autonomie en robotique militaire :
de quoi parle-t-on ? », 8 décembre 2016, DGGN (Issy-les-Moulineaux)

et

« *Legal & Ethics by Design* » : L'intégration des normes juridiques
et éthiques dans la conception et le développement des systèmes
d'armes robotisés », 6 février 2018, École militaire (Paris).

Sommaire

7 **Préface**

FRANÇOIS LABUZE

11 **Introduction à la robotisation du champ de bataille**

DIDIER DANET

Ce *Cahier de la RDN* fait le point des recherches entreprises par le CREC Saint-Cyr pour analyser le phénomène de robotisation du champ de bataille sous l'angle des sciences sociales. Il s'agit de synthétiser les principaux enseignements de ce programme de recherche et d'envisager de nouvelles voies de développement.

17 **L'impact des systèmes robotiques militaires pour l'armée de Terre et les enjeux liés à leur autonomie**

CHARLES BEAUDOUIN

L'armée de Terre s'engage sur le chemin de la robotisation pour accroître ses capacités opérationnelles, mais les systèmes robotiques militaires semi-autonomes seront déployés sous le contrôle d'un chef militaire pour des fonctions non létales.

Définitions et concepts de l'autonomie

25 **Autonomie et respect de la Règle pour les robots militaires**

Considérations sémantiques et point de vue de la doctrine interarmées

PATRICK BEZOMBES

La prochaine génération de systèmes d'armes disposera d'un niveau d'automatisation beaucoup plus performant que celui que nous connaissons à ce jour. Les armées doivent clarifier les concepts d'emploi juridique, éthique et opérationnel associés.

36 **La révolution de l'Intelligence artificielle (IA) en autonomie**

JEAN-GABRIEL GANASCIA

En précisant que le terme d'autonomie s'entend à la fois en un sens philosophique et en un sens technologique, on conclut que les Systèmes d'armes létaux autonomes (Sala) ne correspondent pas à une véritable révolution technologique, mais que l'intelligence artificielle renforce l'autonomie des opérateurs.

Déclinaisons et nouveaux usages militaires

45 **Essai sur les nouveaux usages robotiques**

GÉRARD DE BOISBOISSEL

Nouveaux outils et nouveaux pions tactiques pour le combattant, les systèmes robotiques vont progressivement révolutionner les usages militaires de demain.

56 **L'autonomie des robots terrestres militaires est-elle pour demain ?**

JOËL MORILLON

Le développement rapide des robots militaires pose la question de leur autonomie, en distinguant les niveaux techniquement accessibles et opérationnellement souhaitables. Une répartition pertinente des rôles de l'Homme et du Robot apparaît comme la voie à privilégier.

67 **Les systèmes automatisés comme capacité nécessaire de l'action militaire terrestre**

GAËTAN DUBOIS

S'agissant de robotique, l'autonomie est le facteur qui va permettre d'étendre les usages opérationnels des robots, aujourd'hui limités. Pour autant, elle devra être cadrée afin de maintenir les prérogatives de décision et de responsabilité des chefs.

73 **Les robots, nouveaux partenaires du combattant dans les environnements dangereux et difficiles**

PIERRE SANTONI

La bataille se déplace de nos jours vers des milieux qui restent encore difficiles d'approche : les milieux péri-urbains, urbains et suburbains. Dans ces univers à l'extrême limite des capacités humaines, que peuvent apporter les robots militaires et en quoi leur autonomie pourrait permettre de faciliter la progression et de réduire les risques ?

83 **Drone de neutralisation chirurgicale à réponse graduée**

FRÉDÉRIC GALLOIS

Les engagements de demain verront l'apparition de systèmes d'armes terrestres « de rupture » sur les théâtres d'opérations extérieures comme intérieures. La fulgurance des innovations technologiques doit pourtant s'inscrire dans une logique d'« *ethic by design* ». Pour remplacer ou appuyer le fantassin du futur, les drones terrestres armés devront alors compter sur leur capacité de précision et de maîtrise par l'humain, à distance.

95 **Les futurs systèmes de drones**

JEAN-MARC MOSCHETTA

La miniaturisation croissante des systèmes laisse présager que les futurs systèmes de drones seront à la fois plus compacts, plus intelligents et plus envahissants. Ils pourront ainsi être opérés non individuellement mais par vagues ou par essaims.

105 **Le regard d'un *leader* mondial du marché des drones civils : *dissémination technologique et autonomie grandissante face aux détournements d'usage par des mouvements terroristes***

HENRI SEYDOUX

Les technologies nécessaires à l'autonomie pour des systèmes robotiques sont maintenant disponibles et accessibles aisément. La dissémination de ces techniques pose de façon cruciale la question du maintien de l'homme dans la boucle pour tout usage légal.

118 **La nécessaire place du chef militaire dans les systèmes d'armes robotisés autonomes**

GUILLAUME VENARD et GÉRARD DE BOISBOISSEL

Le déploiement de systèmes robotisés semi-autonomes semble inéluctable de par les avantages qu'ils offriront sur le champ de bataille. Pour accompagner cette évolution, il impose en revanche une formation poussée et anthropocentrée du chef militaire à une nouvelle éthique de responsabilité.

Implications juridiques

135 **L'analyse des nouveaux systèmes d'armes robotisés sous le prisme de l'article 36 du Protocole additionnel I**

CAROLINE BRANDAO

L'article examine la nécessité de contrôler la licéité d'une nouvelle arme en vertu du droit international humanitaire. Pour faire respecter ce cadre juridique, l'auteure analyse les discussions actuelles sur les nouveaux systèmes d'armes robotisés.

145 **Le déploiement des systèmes d'armes robotisés face au cadre juridique existant**

ÉRIC POMÈS

Cet article soutient que si les systèmes d'armes robotisés obligent à réfléchir au champ de bataille, le droit international humanitaire ne les prohibe pas contrairement à ce que suggèrent les débats actuels fondés sur une exploitation politique du droit.

157 **Le droit des conflits armés oblige légalement à des robots militaires « *Ethical by Humanity* »**

THIERRY DAUPS

Malgré sa spécificité : l'autonomie, l'arme robotique est soumise au droit des conflits armés dont les principes qualifiables d'« *ethical by humanity* » invitent à une subsidiarité des compétences entre le militaire responsable et la machine.

167 **Systèmes d'armes létaux autonomes : ne pas mélanger juridique et éthique**

NATHALIE DURHIN

Le débat actuel sur l'interdiction préventive des Systèmes d'armes létaux autonome (Sala), qui semble se dérouler sur le terrain juridique, est biaisé par l'utilisation d'arguments de nature éthique. Cependant, si les contraintes juridiques pesant sur le développement de ces systèmes d'armes doivent être objectivées voire relativisées, il est aussi indispensable qu'une véritable réflexion éthique se structure en parallèle.

177 **Dilemmes éthiques militaires : du langage juridique et des principes éthiques au langage informatique**

ADELIN AUFFRET et TATIANA KOZLOVSKY

L'autonomisation croissante des robots militaires questionne la capacité d'un algorithme à appréhender et respecter les règles de droit applicables aux conflits tout en contenant des garde-fous éthiques militaires.

Implications éthiques

195 **Peut-on élaborer une politique éthique du véhicule autonome ?**

JÉRÔME PERRIN

L'introduction dans la vie courante de robots et de systèmes autonomes dotés d'intelligence artificielle fait l'objet d'une médiatisation accélérée et de débats sur les dilemmes éthiques. Cet article analyse différents aspects contextuels et dynamiques de l'usage de véhicules autonomes, et propose des pistes de travail spécifiques et des recommandations en vue de l'élaboration d'une « politique éthique du véhicule autonome » à l'ensemble des acteurs concernés de la filière automobile.

212 Formaliser et mettre en œuvre des cadres éthiques dans un système robotisé

Approche technique et questionnements

CATHERINE TESSIER, VINCENT BONNEMAINS et CLAIRE SAUREL

Les fonctions de calcul de décision des systèmes robotisés peuvent nécessiter l'intégration de connaissances relevant de considérations éthiques. Cet article propose de formaliser le calcul de jugements de décisions selon des cadres éthiques et soulève des questions générales sur la conception d'algorithmes dits « éthiques ».

219 Les problématiques de l'évaluation et de la certification des systèmes robotiques autonomes

AGNÈS DELABORDE

L'éthique de l'intelligence artificielle vise à protéger l'utilisateur et la société. Dans quelle mesure est-il possible de valider que les comportements d'un robot sont éthiques ? Tour d'horizon des principes de la certification et de l'évaluation des systèmes autonomes.

229 Éthique et machines autonomes : esquisse d'un discernement

DOMINIQUE LAMBERT

La constitution d'un algorithme est une activité porteuse d'une charge éthique. Or, les limites d'une éthique algorithmique montrent la place irréductible de l'acteur humain responsable. Il faut donc proposer, en matière de régulation éthique des systèmes autonomes, des critères de discernement basés sur un concept d'autonomie finalisée et responsable.

237 Trouvez le Sala !

La campagne internationale contre les « robots tueurs » : une décennie et déjà trois histoires

ÉRIC GERMAIN

La France a pris l'initiative de lancer en 2013 une réflexion multilatérale sur les enjeux éthiques et sociétaux de futurs Systèmes d'armes létaux autonomes. Ces Sala ont suscité, depuis 2009, une mobilisation internationale qui a déjà connu trois âges, chacun marqué par un acteur de la société civile : les universitaires, les ONG et les industriels « philanthropes ».

Conclusion

259 Conclusion et mise en perspective

MONIQUE CASTILLO

La *Revue Défense Nationale* est éditée par le Comité d'études de défense nationale
(association loi de 1901)

Adresse géographique : École militaire, 1 place Joffre, PARIS VII

Adresse postale : BP 8607, 75325 PARIS CEDEX 07

Fax : 01 44 42 31 89 - www.defnat.fr - redac@defnat.com

Directeur de la publication : Thierry CASPAR-FILLE-LAMBIE - Tél. : 01 44 42 31 92

Rédacteur en chef : Jérôme PELLISTRANDI - Tél. : 01 44 42 31 90

Rédactrice en chef adjointe : Audrey HÉRISSON

Secrétaire général et *webmaster* : Paul LAPORTE - Tél. : 01 44 42 31 91

Secrétaire général de rédaction : Pascal LECARDONNEL - Tél. : 01 44 42 43 69

Assistante de direction et secrétaire de rédaction : Marie-Hélène MOUNET - Tél. : 01 44 42 43 74

Secrétaire de rédaction : Jérôme DOLLÉ - Tél. : 01 44 42 43 69

Abonnements : Éliane LECARDONNEL - Tél. : 01 44 42 38 23

Chargés d'études : Laurent HENNINGER et Emmanuel DESCLÈVES - Tél. : 01 44 42 43 72

Comité de lecture : Marie-Dominique CHARLIER-BAROU, André DUMOULIN,

Jean ESMEIN, Anthony HERVEY, Sabine DE MAUPEOU et Bernard NORLAIN

Régie publicitaire (ECPAD) : Karim BELGUEDOUR - Tél. : 01 49 60 58 56

DL 94344 - 4^e trimestre 2018 - ISSN : 2105-7508 - CP n° 1019 G 85493 du 4 décembre 2014

Imprimée par Bialec, 23 Allée des Grands Pâquis, 54180 HEILLECOURT

Préface

François LABUZE

| Général de division, commandant les Écoles de Saint-Cyr
| Coëtquidan.

L'actualité concernant les Systèmes d'armes létaux autonomes (Sala) est en constante évolution. À l'heure où cet ouvrage est édité, le Département de la Défense (*DoD*) des États-Unis se pose la question de savoir s'il est éthique d'utiliser ces derniers dans la zone d'immédiate conflictualité, dans la mesure où ils pourraient maintenir les troupes à l'écart. Ainsi, le 4 octobre 2018, le directeur du *TRADOC* de l'*US Army* (Commandement de l'instruction et de la doctrine de l'armée de Terre américaine) Tony CERRI se posait cette question : « Est-il immoral de ne pas compter sur certains robots avec une autonomie de décision... étant donné qu'une arme intelligente peut potentiellement limiter les dommages collatéraux ? » ⁽¹⁾.

À l'opposé, quelques jours auparavant le 12 septembre 2018, une résolution du Parlement européen appelait à l'interdiction préventive des Sala, illustrant parfaitement les débats sociétaux contradictoires concernant la robotisation du champ de bataille ⁽²⁾ et la crainte que pourrait inspirer une autonomie de ces machines dans la décision de tir. Elle met en lumière l'importance fondamentale de prévenir tout développement et production de Sala qui manquerait de contrôle humain dans les fonctions critiques telles que sélection et engagement des cibles.

Le débat n'est pas récent : il est en effet porté depuis mai 2014 par des organisations non gouvernementales au sein de la Convention sur certaines armes classiques (CCAC), où se poursuit une réflexion sur l'interdiction éventuelle des systèmes d'armes létaux autonomes.

Pour revenir à l'origine des débats et à ses développements, vous trouverez dans cet ouvrage collectif une synthèse des travaux réalisés par le pôle Mutation des conflits du Centre de recherche des Écoles de Saint-Cyr Coëtquidan, le CREC Saint-Cyr, et en particulier le fruit des deux colloques organisés en décembre 2016 et février 2018. Il se veut une compilation des réflexions d'experts ayant travaillé avec lui sur la question de l'autonomie des systèmes robotiques militaires. Ayant pour premier objectif

(1) Tony CERRI, *director of data science, models and simulations at TRADOC*, cité par KOFLER Haiyah, « Exploring the humanity of unmanned weapons », *C4ISR Net*, 10 octobre 2018 (www.c4isrnet.com/).

(2) PARLEMENT EUROPÉEN, *Résolution sur les systèmes d'armes autonomes (2018/2752(RSP))*, 12 septembre 2018 (www.europarl.europa.eu/).

une clarification sémantique de la notion d'autonomie, cet ouvrage tente de couvrir les enjeux que pose le déploiement de systèmes robotiques militaires ayant une ou plusieurs fonctions automatisées ou autonomes (mobilité, recharge énergétique, formation en essaim, tâches à effectuer, etc.), dont notamment la fonction létale. Et ce, avec ou sans contrôle de l'opérateur qui les met en œuvre.

D'une façon générale, si le mieux côtoie souvent le moins bon dans toute nouvelle potentialité offerte par la technologie, il n'est jamais utile ni souhaitable de refuser les évolutions technologiques. L'histoire démontre que bannir ces évolutions est vain, car elles finiront par être adoptées par l'intelligence créatrice de l'homme qui ne connaît pas de limites.

L'actualité du monde civil en témoigne car l'on voit mal, par exemple, comment interdire à des voitures autonomes, lorsque d'ici quelques années la technologie sera mature, de circuler sur nos routes sans chauffeur humain, sous prétexte que l'homme doit rester le seul maître à bord, bien qu'il soit communément admis que ce dernier est plus faillible que la machine dans certaines circonstances.

Or, l'autonomie dans le monde militaire pose question, bien qu'elle s'inscrive dans la continuité des premiers systèmes automatiques déjà déployés. Notamment en ce qui concerne la place de l'homme et notamment du chef qui les emploie, afin qu'il conserve la maîtrise de l'action militaire, et donc de l'usage de ces machines. Autrement dit, si la robotique apporte inéluctablement des opportunités, il convient d'encadrer strictement le développement et l'usage de systèmes autonomes de règles contraignantes prenant en compte le droit des conflits armés, les normes juridiques en vigueur, la doctrine et les us et coutumes des armées en campagne.

Mais le débat prend une tournure autrement plus grave lorsque l'on pose la question de la létalité et que l'on voit revenir au premier plan la volonté de suprématie technologique, vieux moteur de la guerre froide, et si l'on prend en considération la loi de Gabor qui stipule que « tout ce qui est techniquement possible se réalisera », avec comme effet induit que si nous ne le faisons pas, d'autres le feront.

Car s'il semble relativement consensuel que l'homme doive conserver le contrôle de ces machines, la recherche d'une meilleure précision et d'une meilleure réactivité dans le domaine du tir peut amener à envisager, sous conditions, un automatisme très avancé de la décision que certains qualifieront d'automatisation. D'autant que l'entreprise russe Kalashnikov a clairement annoncé, le 10 juillet 2017, qu'elle s'engageait dans « la production de drones de combat autonomes dotés de capacités d'apprentissage par réseaux de neurones, capables de reconnaître les cibles et de prendre des décisions autonomes dont celle de l'engagement » ⁽³⁾.

Il convient toutefois de dépasser ces volontés d'hégémonie afin de faire valoir une politique d'encadrement internationale concernant l'armement des robots autonomes bénéficiant d'une certaine forme d'autonomie. Ceci afin d'anticiper leurs

(3) « Robots armés autonomes : l'art de la guerre en mutation », 15 août 2017 (<https://theconversation.com/robots-armes-autonomes-lart-de-la-guerre-en-mutation-81460>).

possibles usages et le nécessaire encadrement juridique effectif de leur déploiement. Car cette évolution doit absolument rester sous le contrôle du chef militaire, au risque de dérives conséquentes. On peut ici se remémorer le philosophe allemand Hans JONAS affirmant que la « responsabilité à l'égard de l'humanité à venir doit aujourd'hui être le principe et le fondement même d'une conception totalement inédite de l'éthique, dont il revient à l'homme d'être en mesure d'en revendiquer la paternité » ⁽⁴⁾.

C'est donc tout l'intérêt de ce *Cahier de la RDN* d'aborder le débat sous un angle pluridisciplinaire. Reflétant les travaux de recherche menés par le CREC Saint-Cyr, acteur de la recherche et de l'innovation dans l'armée de Terre, il a pour ambition de souligner la forte implication des armées françaises dans le nécessaire encadrement de l'autonomie des systèmes robotiques militaires, en tant que prochains « multiplicateurs d'efficacité opérationnelle ». ♦

(4) JONAS Hans, *Le Principe Responsabilité : une éthique pour la civilisation technologique*, 1991 (publication originale en allemand, 1979).

Introduction à la robotisation du champ de bataille

Didier DANET

Responsable du Pôle « Mutation des conflits », Centre de recherche des écoles de Saint-Cyr Coëtquidan (CREC).

Particulièrement riche, ce *Cahier de la RDN* aborde la question de la robotisation du champ de bataille. Sur ce thème, dont il n'est pas besoin de souligner les multiples enjeux militaires, scientifiques ou industriels, le Pôle « Mutation des conflits » du Centre de recherche des écoles de Saint-Cyr Coëtquidan (CREC) a lancé en 2010 un programme de recherche auquel ont activement participé les auteurs des différentes contributions qui sont ici rassemblées.

Les raisons pour lesquelles le CREC Saint-Cyr a engagé et poursuivi ce programme de recherche sont principalement au nombre de deux.

La première tient à l'importance des enjeux associés à la robotisation du champ de bataille et au sentiment qu'il était nécessaire de développer un nouvel angle d'approche de la question des robots militaires, celui des sciences humaines, sociales et politiques. Si l'on définit le robot par ses composants, c'est-à-dire une machine mécanique dotée de logiciels qui lui permettent d'interagir avec son environnement par le biais de capteurs et d'effecteurs, on comprend toute l'importance que peuvent présenter pour le développement de ces robots civils ou militaires des disciplines comme la mécanique, l'électronique, l'informatique, l'automatique, les matériaux... Mais, si les découvertes scientifiques et les innovations techniques issues des sciences de l'ingénieur sont fondamentales pour la mise au point et le développement des robots, elles ne nous disent rien des processus d'intégration de ces machines dans les systèmes socio-techniques que sont les organisations militaires. Ces systèmes innovants seront-ils bien reçus et pleinement utilisés par leurs utilisateurs ? Trouveront-ils parfaitement leur place dans l'organisation où ils s'insèrent ? Produiront-ils sur le terrain les effets que l'on peut attendre de leurs performances intrinsèques ? Les multiples travaux réalisés sur ces questions par la psychologie, la sociologie et bien d'autres disciplines des sciences sociales nous montrent que la réponse à ces questions n'est pas toujours celle qui est attendue ou espérée et qu'il faut tenir compte de facteurs multiples, techniques mais aussi psychosociaux et organisationnels, pour comprendre l'impact des nouvelles technologies sur la performance des forces armées. Pour le dire autrement, le programme de recherche lancé sur la robotisation du champ de bataille visait à contre-carrer le risque du « déterminisme technologique » qui n'était pas absent du discours dominant de l'époque.

La seconde raison qui a justifié le lancement de ce programme tenait à la confusion qui caractérisait le domaine de la robotique militaire. Étions-nous en présence d'une véritable « Robolution » susceptible de bouleverser les concepts et les équilibres de la pensée stratégique ? Le « drone » était-il l'archétype ultime de la robotique militaire ? Fallait-il craindre l'arrivée de hordes de robots du type « *Terminator* » ? Fallait-il s'inspirer des « lois d'Asimov » pour développer des cadres juridiques adaptés à la prolifération des robots militaires ? Fallait-il aller plus loin et les doter d'une personnalité juridique particulière ? Toutes ces questions n'ont pas encore trouvé de réponses définitives mais les recherches menées ont permis de clarifier certaines d'entre elles. Nous en retiendrons deux à titre d'illustration.

- La première est celle du statut juridique du robot. Certains avaient proposé d'en faire une « personne juridique » particulière dotée d'un régime spécifique. Cette proposition a fait long feu tant elle soulevait de fausses questions et n'apportait aucune solution aux problèmes qu'elle entendait traiter, notamment celui de la réparation des dommages éventuellement provoqués par le mauvais fonctionnement de la machine. Face aux dysfonctionnements toujours possibles d'une machine qui interagit avec son environnement, la meilleure protection pour les tiers consiste bien évidemment à considérer le robot comme une machine placée sous la responsabilité d'un gardien et de faire peser sur celui-ci une obligation renforcée du type de celle des gardiens d'animaux. Il suffit de rappeler les termes mêmes du Code civil pour comprendre que, considéré comme un animal ou une machine, le robot ne pose pas de difficulté particulière au regard du traitement des conséquences néfastes dont son usage par des forces armées peut être à l'origine. « Le propriétaire d'un animal, ou celui qui s'en sert, pendant qu'il est à son usage, est responsable du dommage que l'animal a causé, soit que l'animal fût sous sa garde, soit qu'il fût égaré ou échappé ». Nul besoin d'inventer un régime nouveau, dérogoire, inconnu des juges éventuellement appelés à l'appliquer et dont l'articulation avec les autres régimes de responsabilité civile ou pénale soulèverait de nouvelles interrogations, c'est-à-dire de nouvelles incertitudes pour les victimes.

- La seconde illustration des confusions qui se lèvent progressivement est celle relative aux systèmes d'armes létaux autonomes. Craignant l'apparition prochaine de robots militaires capables, sans aucune forme d'intervention humaine, de définir et de sélectionner leurs cibles puis de décider de les frapper ou non, de nombreuses voix se sont fait entendre pour demander l'interruption immédiate des recherches susceptibles d'aboutir à des robots de ce type, l'interdiction préventive de leur production par l'industrie et la proscription de leur mise en œuvre par les forces armées. Nos travaux ont permis de mettre en lumière deux éléments qui conduisent à ne pas souscrire à ces demandes. Le premier découle des distinctions à opérer entre des notions qui ne sont pas équivalentes et qui sont trop souvent confondues. Sans même évoquer le cas des robots télé-opérés (par exemple les *UAV – Unmanned Aerial Vehicle* – armés qui sont mis en œuvre sur les théâtres actuels) et qui relèvent d'un contrôle humain constant, il convient de ne pas confondre automatisations plus ou moins poussées de certaines fonctions d'un système d'armes et autonomie proprement dite de ce système. La première, l'automatisation de certaines fonctions, se constate tous les jours et elle est au cœur des processus d'innovation militaire en matière de robotique. La seconde,

l'autonomie, relève encore du domaine de la science-fiction et la logique même de l'emploi de la coercition sur le champ de bataille conduit à penser qu'une machine qui serait véritablement autonome, c'est-à-dire susceptible d'agir sans que les acteurs ne sachent ce qu'elle va faire, la rendrait suspecte aux yeux de ceux mêmes qu'elle serait supposée servir. S'agissant de machines qui n'existent pas et d'un besoin militaire hypothétique, la création d'un régime juridique nouveau destiné à en prévenir l'apparition et le développement, serait à la fois inutile, inopérante et dangereuse. Inutile, parce que les innovations de ce type sont déjà encadrées par un dispositif juridique *ad hoc* qui est connu de toutes les parties prenantes, en l'espèce l'article 36 du Protocole additionnel I (1977) aux Conventions de Genève de 1949. Inopérant, car les partisans d'une interdiction de principe ne s'accordent pas sur la définition de l'objet à interdire, ce qui n'est guère surprenant puisque celui-ci n'existe pas et que ses caractéristiques fondamentales ne sont pas établies. Dangereux, enfin, car instaurer un régime juridique particulier, qui concurrencerait dans une certaine mesure les règles générales de l'article 36, reviendrait à créer des incertitudes importantes sur leurs champs d'application respectifs. Des zones grises ou des zones de friction entre les différents régimes ne manqueraient pas de se créer, donnant aux acteurs plus de liberté qu'ils n'en ont aujourd'hui, ce qui aurait pour conséquence immédiate une moindre sécurité juridique dans l'application des textes et une perte d'effectivité du cadre juridique actuel.

Le programme ainsi développé a-t-il permis de lever toutes les incertitudes et de répondre à toutes les questions ? La réponse est assurément négative compte tenu de la dynamique technologique et, surtout, de la convergence des innovations qui renforce la complexité des problèmes soulevés. Un exemple suffit à lui seul pour illustrer l'ampleur des difficultés qui sont devant nous, celui de l'Intelligence artificielle (IA) dans laquelle nombre d'observateurs voient le futur de la robotique militaire.

L'IA est incontestablement le « *buzzword* » du moment et il suffit de l'associer avec quelques autres (réseaux neuronaux, « *deep learning* ») pour l'emporter dans toutes les « *bingos réunions* » du monde civil ou militaire. Si l'on entend le concept d'« intelligence artificielle » au sens de l'un de ses pères fondateurs, John McCarthy (1927-2011), il est évident que l'institution militaire ne saurait passer à côté de machines capables de remplir des tâches qui sont caractéristiques de l'intelligence humaine : apprentissage, organisation de la mémoire, raisonnement critique... Autrement dit, l'IA est l'avenir de la robotique militaire dans la mesure où elle permet à la machine de renforcer ses capacités à agir dans son environnement. Mais, une fois ce constat d'évidence posé, restent de nombreuses incertitudes et de nombreuses questions ? Les pays les plus avancés dans ce type de technologie seront-ils les « maîtres du monde » comme le clame Vladimir Poutine qui semble ainsi sombrer dans le déterminisme technologique le plus élémentaire. Quelles applications de l'IA faut-il privilégier ? L'intelligence artificielle est-elle de nature à modifier substantiellement la problématique des systèmes d'armes autonomes ? On le voit, les questions se renouvellent et appellent de nouvelles réflexions. Qu'il nous soit permis ici de proposer à la sagacité des lecteurs de la *RDN* l'une de ces questions que l'institution militaire devra résoudre dans les mois à venir.

Quel domaine d'application de l'intelligence artificielle faut-il prioriser si les ressources sont contraintes ?

Une première possibilité serait de mettre l'accent sur l'IA au service de l'autonomie des systèmes d'armes en postulant que la machine sera ainsi capable de répondre aux conditions posées par le Droit international humanitaire (DIH) quant à l'emploi de la force sur le champ de bataille. Il est permis d'être dubitatif face à cette approche liant IA et autonomie des systèmes d'armes. En effet, l'intelligence artificielle telle qu'elle se développe sous nos yeux est une IA « faible » qui n'est pas en mesure de se conformer aux exigences du DIH. Il y faudrait une IA « forte », laquelle ne semble pas à l'ordre du jour des laboratoires scientifiques même si la réduction des émotions humaines à de purs algorithmes mathématiques est envisagée comme une voie de recherche. Une priorité donnée à des programmes dont le but serait de créer des systèmes d'armes autonomes légitimes et légaux nous semble constituer une impasse dans laquelle il conviendrait de ne pas s'engager.

En revanche, deux champs d'application prometteurs semblent ouverts à l'IA.

- Le premier est celui de la transposition dans le domaine militaire d'applications relevant des missions de soutien des forces : télécommunications, logistique, maintenance... Dans tous ces domaines, le secteur civil produit des applications qui sont source de gains énormes (budgets, temps, personnels...) ou qui créent de nouveaux services dont l'institution militaire pourrait avoir une utilité immédiate moyennant des coûts de transfert extrêmement limités. Il faudrait cependant que deux obstacles soient surmontés pour que cette transposition s'opère efficacement. Le premier relève de la « culture professionnelle militaire » et tient au fait que le secteur de la production et de l'achat des équipements militaires est peu adapté au traitement de systèmes fortement évolutifs, à durée de vie courte, peu coûteux et qui forment des « quasi consommables ». En second lieu, ces applications sont principalement développées par des entreprises émergentes qui disposent de compétences et de modes de fonctionnement différents de ceux des grands groupes. Or, si l'on considère la carte des « licornes », c'est-à-dire des entreprises nées autour de ces applications et qui se sont très rapidement développées, force est de constater qu'elles sont très peu nombreuses en Europe où elles se comptent sur les doigts d'une main. La plupart sont nord-américaines, éventuellement asiatiques ou indiennes, marginalement anglaises, allemandes ou françaises. Dans le domaine de la maintenance prédictive par exemple, où l'intelligence artificielle apporte des gains très importants en termes de taux de disponibilité des matériels et de coût de l'entretien, les plus grandes firmes sont américaines et allemandes. Une seule entreprise française – Blablacar – se glisse dans le « Top 20 » mondial.

- Un second champ prometteur pour les applications militaires de l'intelligence artificielle est la prise de décision. C'est d'ailleurs dans ce domaine où les interactions avec l'environnement physique sont les plus limitées que l'IA produit les résultats les plus spectaculaires. C'est en effet dans le travail d'acquisition des données, de leur traitement complexe ou de l'auto-apprentissage que la machine donne le meilleur d'elle-même. Paradoxalement, alors que le robot est le plus souvent envisagé

Introduction à la robotisation du champ de bataille

comme un exécutant, la machine dotée d'intelligence artificielle semble plus adaptée aux travaux de conception et de prise de décision qu'à la mise en œuvre sur le terrain, ce qui revient à dire qu'elle est plus faite pour assister, voire remplacer, un général qu'un sergent-chef. Or, on sent bien le fossé qu'il faudrait franchir pour passer du constat technique objectif (la machine dispose d'une capacité à prendre des décisions supérieure à celle de l'homme) à l'acceptation de ce constat par le système sociotechnique qu'est l'institution militaire. Quel état-major accepterait de se dépouiller de ses prérogatives au profit d'une IA capable de mobiliser l'ensemble de la littérature stratégique ou des retours d'expérience, de prédire le comportement de l'ennemi ou de résoudre des questions complexes d'optimisation sous contraintes ? Quels soldats accepteraient sans réticence d'obéir à des ordres dont ils sauraient qu'ils ont été donnés par une machine raisonnant froidement en termes de coûts et d'avantages ?...

*

**

On le voit, cette livraison de la *Revue Défense Nationale*, malgré la richesse de ses contributions, ne prétend pas épuiser un sujet qui suscitera encore bien des travaux et des réflexions dans les années à venir. ♦

L'impact des systèmes robotiques militaires pour l'armée de Terre et les enjeux liés à leur autonomie

Charles BEAUDOUIN

Général de division, Sous-chef « plans programmes », État-major de l'armée de Terre (EMAT).

La formidable transition capacitaire que représente *Scorpion*⁽¹⁾ est l'opportunité idéale pour permettre à l'armée de Terre de développer une capacité robotique propre à sa vision de l'action terrestre future. Cette capacité permettra notamment de générer des effets de masse : « la robotisation et l'automatisation de certaines tâches (systèmes de surveillance, de protection de la force et de détection des menaces, flux logistiques) visent à accélérer le rythme opérationnel pour augmenter le rendement de la force. »⁽²⁾. Armée de haute technologie, l'armée de Terre se tourne résolument vers la robotisation qu'elle développe, notamment *via* son *Battle Lab* Terre, réponse directe à son besoin d'innovation technico-opérationnelle en boucle courte.

Par système robotique militaire, elle entend système terrestre, aérien ou naval caractérisé par un champ d'action variable qui dépend du niveau d'automatisation de ses fonctions propres. Le système est destiné à réaliser des tâches ayant pour objectif un effet d'intérêt militaire. Son emploi relève d'une décision de chef et d'une responsabilité humaine. Si l'usage des systèmes robotiques a et aura un impact sur la réalisation des missions de l'armée de Terre, leur degré d'autonomie pose des questions éthiques, juridiques et d'acceptabilité qu'il convient d'analyser dans le détail et de cadrer. Il n'est ainsi pas question que les robots et drones militaires écartent le combattant du champ de bataille.

L'emploi de Systèmes d'armes létaux autonomes (Sala) est une ligne rouge que l'armée de Terre ne franchira pas. En revanche, d'ici 2030, nous nous fixons l'objectif de développer des robots et drones autonomes non létaux, véritables équipiers sur lequel le combattant pourra s'appuyer pour des missions extrêmement variées comme l'ouverture d'itinéraire ou encore le convoi logistique. À cette échéance, l'armée de Terre devra également maîtriser la capacité d'annihiler le robot autonome

(1) Programme dont la DGA assure la maîtrise d'ouvrage qui vise à assurer la modernisation des Groupements tactiques interarmes (GTIA) afin d'accroître dans une approche globale et cohérente leur efficacité et leur protection, en utilisant au mieux les nouvelles capacités d'échanges d'informations. Source : DGA (www.defense.gouv.fr/dga/).

(2) ÉTAT-MAJOR DE L'ARMÉE DE TERRE, *Action terrestre future : demain se gagne aujourd'hui*, septembre 2016, p. 40 : étude de « La masse » comme « Facteur de supériorité opérationnelle (FSO) » (www.defense.gouv.fr/). Ce document prospectif est destiné à orienter et éclairer l'armée de Terre vers le futur (horizon 2035).

de l'adversaire, létal certainement. D'ici là, elle s'appuiera de façon croissante sur des systèmes téléopérés ou programmés, juxtaposés puis intégrés qui la prépareront au bon usage du robot autonome non létal en 2030.

Comme le soldat demeure au centre de l'acte guerrier, le chef militaire responsable assume pleinement la responsabilité de l'emploi qu'il fait des systèmes robotiques dont il dispose, à l'instar des autres unités et moyens mis à sa disposition. Le robot/drone est donc bien un système qui contribue à accroître la capacité opérationnelle de l'armée de Terre sur les champs de bataille actuels et futurs mais dont le chef militaire doit maîtriser les effets pour conserver le contrôle et la responsabilité de la mission.

Multiplicateurs d'efficacité opérationnelle

Si l'utilisation de systèmes de robots terrestres va se développer au sein de l'armée de Terre, celle-ci n'est pas nouvelle. Dès les années 1990, des robots étaient utilisés au profit des équipes de déminage (minirobot ou char de déminage télécommandé). L'opération *Pamir* en Afghanistan a définitivement installé l'emploi des drones préexistants (*SDTI*⁽³⁾ et *DRAC*⁽⁴⁾) et introduit de nouveaux minirobots et drones du Génie (*Minirogen*⁽⁵⁾ et *DroGen*⁽⁶⁾) déployés en urgence opérationnelle dans ces unités pour la lutte contre les Engins explosifs improvisés (*IED*). Plus récemment, d'autres systèmes robotisés ont été déployés en opérations comme sur le territoire national. On peut citer les nano-drones *Black Hornet* pour la reconnaissance de sites et le suivi de personnes d'intérêts.

Ces systèmes sont des multiplicateurs d'efficacité opérationnelle. Ils participent à la compréhension de l'espace de bataille, à la performance du commandement et à l'agilité des unités. En ce sens, la robotique facilite la réalisation des missions de l'armée de Terre dans leur diversité et s'intègre plus largement dans sa vision de l'*Action terrestre future*. Au service du combattant, les systèmes robotiques ont vocation à améliorer sa protection en réduisant son exposition aux dangers du champ de bataille et en préservant ainsi son potentiel. Le développement de convois logistiques semi-autonomes ou encore de « mules » déchargeant les soldats d'un groupe de combat de leur sac de vie en campagne et de munitions supplémentaires, et la diffusion des micro-drones jusqu'au niveau du groupe d'infanterie comme « jumelles de vision déportée J+N » contribueront à cet effet. Les robots et drones participeront également à dégager le combattant des tâches réalisables par des machines pour le recentrer sur ses tâches essentielles. L'ensemble des missions de surveillance passive d'emprise militaire pourrait être ainsi réalisé par des systèmes téléopérés puis autonomes à terme. Plus largement, ces systèmes devraient permettre de produire des effets que l'homme ne parvient pas à produire et susceptibles de lui procurer un avantage sur son adversaire.

(3) *Système de drone tactique intérimaire* ou *Sperwer* (Sagem).

(4) *Drone de reconnaissance au contact* ou *Tracker* (EADS).

(5) *Mini robot du Génie*, développé par ECA Robotics.

(6) *Drone du Génie*, développé par ECA Robotics.

Ainsi, l'emploi de mini-drones de reconnaissance et de drones tactiques de surveillance permettant de désigner un objectif permettra à l'homme le tir au-delà de la vue directe. Dans le domaine logistique, des convois autonomes permettront d'allonger les distances et les cadences de livraison puisqu'indépendants de la fatigue humaine des équipages. Enfin, l'emploi généralisé des systèmes automatisés tactiques permettra à l'armée de Terre de faire face plus globalement aux évolutions du combat moderne et d'être plus résiliente face à la dangerosité croissante de l'adversaire qui disposera de tels moyens, quel que soit son statut (symétrique, dissymétrique ou asymétrique).

Ces systèmes doivent s'intégrer dans l'ensemble des moyens mis à la disposition du chef militaire pour remplir sa mission et s'inscrire dans des doctrines d'emploi interarmes et interarmées. Leur plus-value, combinée avec les autres capacités, doit être évaluée à chaque mission et leur emploi adapté en conséquence.

L'armée de Terre, première armée d'Europe, doit se tourner vers l'utilisation de systèmes robotiques pour tenir son rang et maintenir un tempo de développement garantissant l'interopérabilité et sa place parmi ses alliés, tout en évitant le risque de décrochage capacitaire vis-à-vis d'un adversaire qui saura utiliser toutes les opportunités offertes par le progrès et l'innovation. Les nouveaux enjeux de défense identifiés dans *ATF* nous offrent quelques tendances envisageables dans ce secteur. De nombreux États comme la Russie (protection de sites nucléaires par des robots) ou encore la Chine (développement à marche forcée de l'Intelligence artificielle, IA) s'affirment comme de futurs champions du développement de robots de haute technologie. Des acteurs non-étatiques détournent, quant à eux, la technologie civile démocratisée pour développer une robotisation du pauvre. L'utilisation de drones civils de loisir transformés par *Daech* pour emporter des charges explosives ou grenades en est un exemple récent.

Plus globalement, les pays occidentaux devront produire des systèmes de haute technicité pour conserver une supériorité technologique indispensable mais qui ne préserve pas pour autant des capacités dites égalisatrices comme les *smartphones*, les drones civils transformés ou encore des petits engins explosifs au sol. Les prochains conflits verront s'affronter sur un même champ de bataille ces objets technologiques au service de la réalisation d'une mission planifiée par un chef militaire. Leur prise en compte, aussi bien dans l'étude des modes d'actions ennemis qu'amis, est de la responsabilité de ce chef.

Dans l'absolu, l'armée de Terre doit disposer de systèmes robotiques fiables (robustesses physiques et électroniques des systèmes), résilient au brouillage et précis (capteurs) mais également employables dans des milieux et des climats extrêmes. La résilience de ces systèmes est un enjeu majeur dans la montée en puissance des robots/drones autonomes non létaux d'ici 2030. Dans la pratique, il faudra savoir faire preuve de discernement et d'opportunisme quant aux performances selon les emplois. Le projet *Éclairneur de robotique terrestre*, premier projet porté par le *Battle Lab* Terre, a ainsi vocation à expérimenter les usages opérationnels permis par différents types de plateformes automatisées terrestres modulaires destinées à l'appui des unités au contact. Cela facilitera également l'expression du besoin pour les futurs standards de robotique terrestre jusqu'à 2030.

Ces systèmes doivent bénéficier à l'ensemble de l'armée de Terre dans la mesure où il n'y a pas de fonction opérationnelle robotique mais bien de la robotique dans toutes les armes. Par le biais de *Scorpion*, l'armée de Terre développe un combat infovalorisé dont certaines fonctions seront automatisées (sur les véhicules *Griffon* et *Jaguar* : détecteur laser, acoustique, proposition automatisée d'action de protection ou d'agression des systèmes d'armes) et à termes, couplées avec des robots et des drones. Cela répond à l'ensemble des besoins et missions de l'armée de Terre dans les domaines : du commandement (aide à la décision tactique, aide à l'entraînement), du combat embarqué et débarqué (aide au pilotage, riposte automatisée), de l'appui-feu (drone pour détecter et désigner des objectifs), du renseignement (capteurs fixes ou mobiles de guerre électronique, radar, multicapteurs opérant seul ou en réseau, brouillage, déception), de la logistique (convoi logistique automatisé, évacuation de blessés, drones ravitailleurs), du génie (ouverture d'itinéraire, déminage, lutte contre les IED, bréchage), des transmissions (mise en réseau *via* des relais radios automatisés ajustant leur position géographique en fonction de la manœuvre). La liste des possibles applications n'est pas exhaustive.

Le développement de ces systèmes, jusqu'au degré de l'autonomie envisagé en 2030, devra, comme n'importe quelle autre capacité, s'inscrire dans une approche complète : doctrine et emploi ⁽⁷⁾, organisation et ressources, équipements, soutien, formation et entraînement ⁽⁸⁾.

Si les systèmes robotiques militaires contribueront de manière croissante aux missions de l'armée de Terre en devenant, à terme, de véritables équipiers du combattant, la terminologie de mission, indissociable de la notion de responsabilité, continuera à relever exclusivement du champ d'action de l'homme. Même en rejetant le spectre du robot/drone tueur (dont, rappelons-le, l'adversaire ne s'affranchira pas), le degré d'autonomie de ces systèmes utilisés dans la réalisation d'une mission ne peut se défaire d'une réflexion éthique et juridique.

Autonomie maîtrisée par l'homme

L'autonomie d'un système robotique sous-tend sa capacité à être gouverné par ses propres règles. Beaucoup trop large, cette définition a dû être déclinée au sein de l'armée de Terre en semi-autonomie et pleine autonomie. Le niveau d'autonomie d'un drone/robot peut être caractérisé par les adjectifs téléopérés, supervisés, semi-autonomes ou pleinement autonomes selon le niveau d'automatisation de chacune de ses fonctions. Un système téléopéré est un système sans équipage à bord, opéré à distance par un équipage *via* des moyens de télécommunication. Un système automatisé est soit :

- a) supervisé, c'est-à-dire que ses tâches de base (navigation du système, observation, tenue de situation et pointage des armements) sont automatisées,

(7) Concept d'emploi des systèmes automatisés tactiques – robots et drones – de l'armée de Terre en cours de rédaction.

(8) Doctrine, organisation, ressources humaines, équipement, soutien et entraînement (Dorée).

- b) semi-autonome, c'est-à-dire qu'il exécute ses tâches sans intervention humaine au-delà de la programmation initiale,
- c) pleinement autonome, c'est-à-dire qu'il n'a pas de liens de subordination (contrôle et désactivation) avec la chaîne de commandement.

Pour l'armée de Terre, l'autonomie des systèmes automatisés non létaux envisagée en 2030, ne se passera pas d'un environnement commandé par un chef militaire, quelle que soit la mission envisagée.

Si les systèmes robotiques militaires sont appelés à se développer, ils demeurent des outils réalisant des tâches au profit de l'homme. Le chef militaire doit pouvoir rester responsable de l'usage qu'il fait des moyens automatisés dont il dispose, à l'instar des unités et autres moyens mis à sa disposition. Leur emploi relève donc toujours d'une décision militaire, c'est la garantie du respect de l'éthique dans l'emploi de la force. La question centrale de l'éthique sur le champ de bataille se résume ici à comment garantir un emploi juste de ces nouvelles capacités militaires. Pour être juste, l'utilisation de ces systèmes devra respecter le droit des conflits armés et leur emploi être conforme aux règles d'engagement du théâtre sur lequel on les met en œuvre.

Sur le plan éthique également, la place de l'homme dans la guerre signifie pour la Nation la prise de risque pouvant aller jusqu'au prix du sang. Si l'homme devait être remplacé sur le champ de bataille par un système autonome, cela pourrait questionner sur la portée politique d'une telle action militaire de la France, vis-à-vis de nos alliés mais également de l'adversaire. Plus largement, la perception par la population des théâtres d'opérations de ce type de systèmes devra faire l'objet d'une réflexion. De même, la perception par la Nation de ses soldats affrontant des systèmes autonomes potentiellement létaux chez l'adversaire doit être prise en compte. Il est ainsi indispensable que la France maîtrise en 2030 la capacité de neutraliser les robots/drones autonomes de l'adversaire.

Sur le plan légal, les systèmes robotiques, même autonomes, resteront dénués de personnalité juridique. La responsabilité juridique sera donc bien humaine, c'est-à-dire celle du chef militaire employant ces systèmes sur le champ de bataille. La conformité à la loi des robots au regard du droit des conflits armés devra être systématiquement vérifiée (Protocole additionnel I de 1977 aux Convention de Genève).

L'usage de ces systèmes, même valorisés par l'IA ⁽⁹⁾, doit être éthiquement et juridiquement borné. Ceux-ci ne constituent en aucun cas une fin en soi, mais doivent faire partie de la panoplie de moyens mis à la disposition du chef militaire pour remplir sa mission. L'engagement de systèmes automatisés tactiques seuls pourrait être une limite à leur plus-value. La complémentarité combattants-machines semble être dimensionnante pour une bonne prise en compte de la complexité d'une situation de combat. L'engagement de systèmes automatisés tactiques sera intégré à la manœuvre de manière à démultiplier les effets produits par la combinaison combattants-machines. Dans le prolongement des systèmes de robots et de drones actuels, le plus

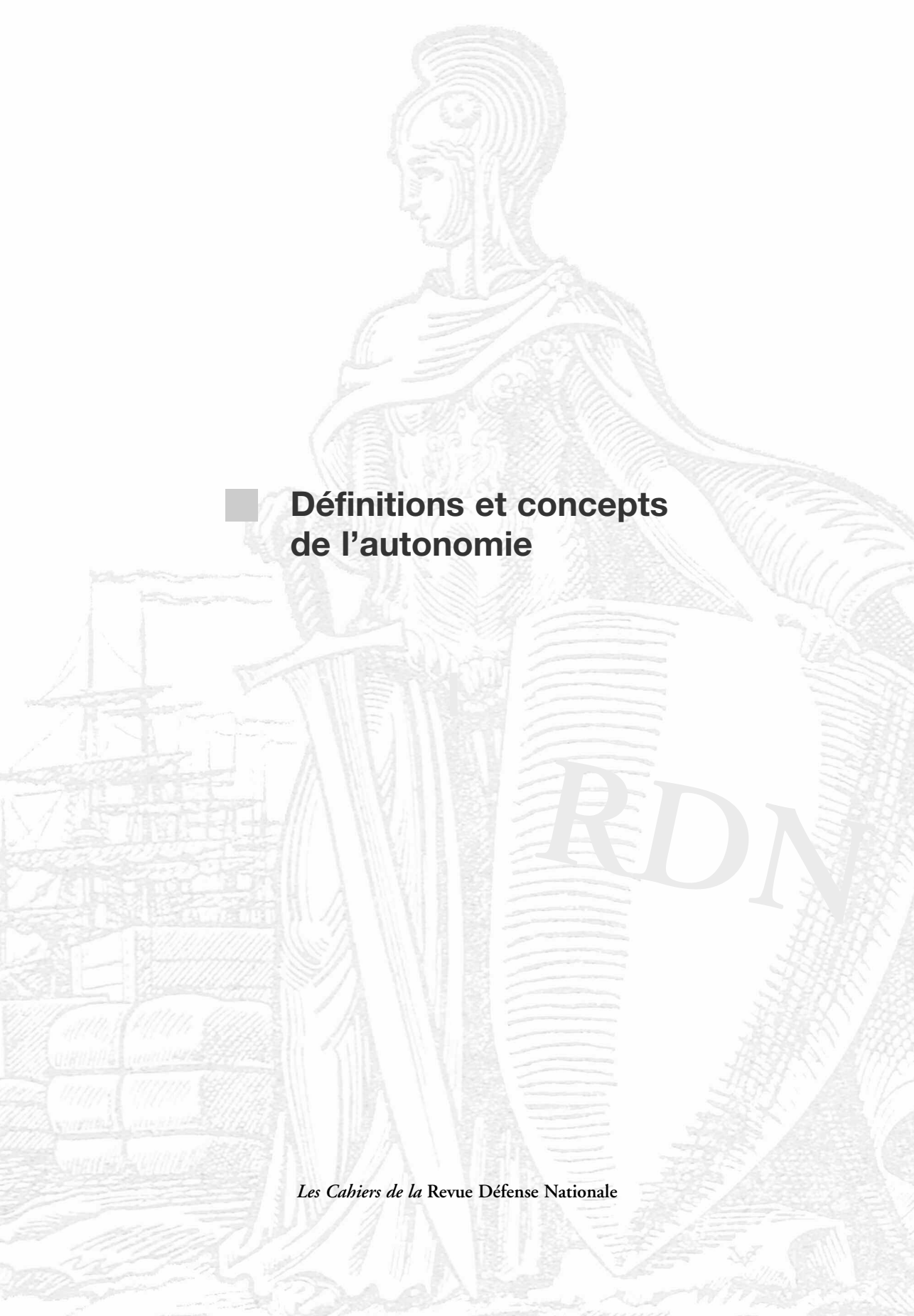
(9) Sujet à part entière non traité dans cet article mais intimement lié au développement des systèmes automatisés.

souvent téléopérés ou supervisés, les systèmes futurs trouveront leur place en fonction de leurs capacités et de leur degré d'autonomie dans la réalisation de tâches plus ou moins complexes. Si les systèmes les plus basiques continueront à être utilisés comme des outils, les systèmes les plus aboutis pourront aussi être utilisés comme des équipiers capables d'accomplir des tâches de plus en plus complexes, et non des missions engageant la responsabilité humaine, de manière autonome. Les robots coopératifs (cobots) devront ainsi se généraliser comme véritable équipiers autonomes du combattant.

*

**

Armée de haute technologie et de premier rang, l'armée de Terre s'engage résolument sur le chemin de la robotisation. Il s'agit aujourd'hui de consolider ses capacités, d'élargir le champ d'action des systèmes automatisés et de préparer l'avenir. Cette préparation de l'avenir doit prendre en compte la question centrale de l'éthique du champ de bataille avec des systèmes robotiques militaires futurs non létaux dont l'autonomie pourrait être sans limite. L'armée de Terre considère donc que le robot/drone est un système qui contribue à accroître sa capacité opérationnelle sur les champs de bataille actuels et futurs mais dont le chef militaire doit maîtriser les effets pour conserver le contrôle et la responsabilité de la mission. Ainsi, si les systèmes robotiques sont porteurs d'innovation et d'opportunités opérationnelles à ne pas manquer, leur usage doit être celui d'un moyen parmi d'autres mis à la disposition du chef militaire pour remplir sa mission et vaincre l'adversaire. Le développement de la fiabilité et de la résilience de l'intelligence artificielle, indissociable des axes de recherches sur les systèmes automatisés, devrait à terme permettre la délégation d'action voire de décision au robot/drone dans le cadre d'une mission commandée. ♦



■ **Définitions et concepts
de l'autonomie**

RDN

Autonomie et respect de la Règle pour les robots militaires

Considérations sémantiques et point de vue de la doctrine interarmées

Patrick BEZOMBES

Ingénieur général de l'armement. Directeur adjoint du Centre interarmées de concepts, de doctrines et d'expérimentations (CICDE). Les éléments ci-après n'engagent que leur auteur.

En matière d'armement des drones, des débats internes ont empêché toute initiative française pendant près de 15 ans jusqu'à ce que la ministre des Armées, Florence Parly, annonce l'armement des drones *Reaper* ⁽¹⁾ lors de l'Université d'été de la Défense de 2017, décision dont on notera qu'elle est intervenue après l'armement de leurs drones par les Américains, les Russes, les Chinois, les Israéliens, les Anglais... et surtout après l'utilisation de drones armés par *Daech* contre nos propres forces. Ainsi, il aura donc fallu être rattrapé par la réalité des opérations militaires et la réalité de l'équipement des armées étrangères pour clore des débats internes juridico-éthiques sans pour autant corriger les biais de perception qui accompagnent le monde de la robotique.

Il est incontestable que la prochaine génération de systèmes d'armes disposera d'un niveau d'automatisation beaucoup plus poussé et performant que celui que nous connaissons à ce jour. À moins de vouloir courir le risque d'une nouvelle paralysie de nos processus de décision, nous devons donc anticiper l'arrivée de ces améliorations technologiques et clarifier la terminologie, les concepts d'emploi opérationnel associés à des niveaux d'automatisation accrus et les corpus juridique et éthique accompagnant l'ensemble.

Des choix terminologiques bien hasardeux

Les débats sociétaux et l'agitation médiatique auxquels nous assistons sur l'autonomie et l'Intelligence artificielle (IA) n'auraient probablement pas eu lieu si nous avions gardé la terminologie scientifique et technique initiale, certes peu attrayante, à savoir « traitement du signal », « traitement des données », « algorithmie » et « automatisme ». L'utilisation de la nouvelle terminologie (intelligence, réseau de

(1) *MQ-9 Reaper* : drone aérien américain longue endurance à des fins d'observation et pouvant être armé. Les *Reaper* français achetés initialement n'étaient pas armables.

neurones, algorithme génétique, autonomie...), qui s'appuie sur des caractéristiques du vivant ou se compare clairement à l'homme, est malheureusement source de confusions et de fantasmes dont on a du mal à gérer les conséquences. Elle présente néanmoins le gros avantage de la vulgarisation facile et donc d'un *marketing* efficace : un doctorat en IA est nettement plus vendeur qu'un doctorat en automatisme industriel...

Malgré cette nouvelle terminologie, et sans dénier les vrais potentiels de l'IA, nous devons rester lucides quant aux performances réellement accessibles, pour ne pas dire limitées, de cette technologie car, à ce jour, il apparaît clairement que l'IA reste plus artificielle qu'intelligente. Les déconvenues rapportées dans l'emploi des techniques d'IA dans de nombreux domaines (assistants vocaux, *chatbot*...) démontrent régulièrement que les seuls mérites de l'IA résident plus dans la puissance de calcul et la réactivité que dans la qualité de ses interactions avec l'humain, notamment dans des cas non prévus ou non appris.

Un robot peut-il être autonome ?

L'autonomie, tout comme l'intelligence, est une des caractéristiques de l'homme qui a acquis un certain savoir-faire et des connaissances. L'homme, par nature autonome, est capable de percevoir son environnement, de le comprendre et de s'y adapter, voire éventuellement, dans certains cas, de le modifier. Étymologiquement, l'autonomie consiste à être gouverné selon ses propres règles : l'homme est donc bien autonome, puisqu'il lui est toujours possible de sortir, à ses risques et périls, du cadre que lui est fixé, que ce soit par des processus légaux ou illégaux, éventuellement avec violences. Dans de nombreux cas, le non-respect de la règle et la capacité à changer les règles établies dans des environnements nouveaux permettent à l'homme, par un processus quasi-darwinien, d'évoluer. La désobéissance est donc également le propre de l'homme et une conséquence de l'autonomie. Il est d'ailleurs intéressant de voir aux États-Unis se mêler, dans un mariage étrange, les notions de *leadership* et de désobéissance.

Dans cette acception de la notion d'autonomie qui consiste à pouvoir s'affranchir du cadre et des règles énoncés, accepte-t-on l'idée qu'un système (un drone ou un robot) puisse en toute autonomie définir ses propres règles voire désobéir ? Dans cette hypothèse, qui serait responsable des conséquences du non-respect de la règle ?

Robot et cadre d'emploi fondamental

Au regard des enjeux de l'automatisation des systèmes, il devient nécessaire de formaliser ce que devrait être un cadre d'emploi fondamental des systèmes automatisés qui pourrait être défini de la façon suivante :

Un robot évolue dans un cadre d'emploi fondamental constitué de :

- sa mission/fonction, qui est bornée dans le temps et dans l'espace ;
- un environnement « normé », pour lequel le robot a été conçu et qualifié ;

- des règles de fonctionnement interne gérant ses fonctions « vitales » (équilibre, gestion de l'énergie...);
- des règles d'emploi ou règles de fonctionnement externe gérant ses interactions avec son environnement (code de la route, règles de circulation aérienne générale pour le domaine aéronautique...);
- des règles d'engagement pour les systèmes armés.

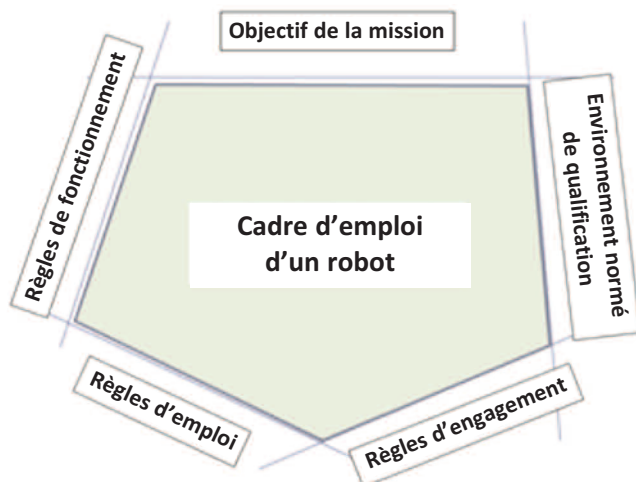


Schéma n° 1

Bien entendu, en théorie, un robot n'est pas censé sortir de son cadre d'emploi, mais que se passe-t-il s'il en sort malgré tout, soit par accident, soit du fait d'une incomplétude de son cadre ?

La sortie du cadre d'emploi fondamental doit probablement faire l'objet de spécifications particulières : ainsi, un aéronef qui sort de ses règles de fonctionnement (enveloppe de vol) devrait probablement tout faire pour revenir dans son enveloppe de vol, tandis qu'un robot terrestre pourrait probablement se contenter de se mettre en veille et d'attendre une reprise en main par un opérateur. Chaque cas étant différent, il reviendra probablement aux spécificateurs de préciser, en fonction des risques de sortie du cadre d'emploi, quel serait le comportement nominal du robot.

Apprentissage, mémorisation et autonomie

On évoque souvent le fait qu'un robot pourrait faire de « l'apprentissage » en cours de mission. Les travaux en matière d'apprentissage, transverses à plusieurs sciences (neurosciences, psychologie, informatique...), donnent lieu à de nombreuses théories et on peut s'accorder sur le fait qu'un processus d'apprentissage se traduit par

un changement significatif et permanent des savoir-faire, des savoirs et des connaissances, et donc du comportement d'un système. Dans le cas de la robotique, « l'apprentissage » se distingue donc de la simple mémorisation ou découverte d'un environnement, en ce que l'apprentissage modifie les règles de fonctionnement et d'emploi d'un robot.

En résumé, la découverte d'un nouvel environnement par un robot peut soit alimenter ses algorithmes d'optimisation pour l'accomplissement de sa mission, auquel cas il s'agit de mémorisation, soit alimenter ses règles de fonctionnement et d'emploi auquel cas il s'agit bien d'un apprentissage.

Ainsi, la mémorisation de la fable « Le lièvre et la tortue » de La Fontaine ne constitue pas un apprentissage fondamental en soi, seul constitue un apprentissage le fait que « rien ne sert de courir, il faut partir à point » devient alors une nouvelle règle modelant un comportement. Cette règle n'ayant d'ailleurs rien d'absolu, elle ne sera activée par ceux qui la jugent pertinente que dans certains scénarios particuliers.

De même, la mémorisation d'une cartographie tridimensionnelle par un véhicule dit « autonome » n'aboutit pas à modifier ses règles de fonctionnement ni le Code de la route, mais seulement à alimenter son algorithme d'optimisation qui lui permet d'accomplir son déplacement au mieux.

Enfin, un joueur d'échec électronique à qui on va demander d'intervenir en cours de partie, va « mémoriser » la position initiale des pièces sur l'échiquier, en déduire le meilleur coup possible, mais en aucune manière réinventer les règles du jeu d'échec et encore moins sortir du cadre de l'échiquier.

Il est tout à fait concevable que l'algorithme d'optimisation de la mission (aller le plus rapidement possible d'un point A à un point B, gagner en un minimum de coups...) puisse, en cours de mission, identifier qu'une classe de solutions est particulièrement efficace, sans remettre en cause le cadre d'emploi fondamental du robot qui lui est imposé par l'homme. Il s'agirait alors d'une forme d'apprentissage autonome mais bornée par le cadre d'emploi du robot et surtout limitée à la fonction d'optimisation des performances de sa mission. Il conviendra alors de s'assurer que cet apprentissage est généralisable et n'est pas le résultat d'une base d'apprentissage biaisée ou trop restreinte. D'une certaine façon, c'est ce type d'apprentissage qui a été utilisé par AlphaGo pour « apprendre » à gagner au jeu de Go. Mais, de toutes évidences, AlphaGo, n'a pas réinventé les règles du jeu ou inventé un nouveau jeu.

Est-il par ailleurs envisageable d'avoir un apprentissage entièrement autonome, c'est-à-dire qu'un système à partir de données *a priori* quelconques élabore des règles de fonctionnement ou d'emploi qui sortent du cadre d'emploi fondamental, le tout sans validation par l'homme. Dans les faits, ce type de système existe déjà dans le monde cybernétique, mais ce sont ces mêmes moteurs d'apprentissage qui sont devenus racistes et sexistes du fait que l'environnement dans lequel ils ont été plongés était raciste et sexiste.

La tentation d'un apprentissage autonome (donc non-supervisé et non validé par l'homme) est extrêmement forte car d'une part, elle permet de traiter des quantités de données gigantesques en temps quasi-réel et d'autre part, elle permet de s'affranchir des coûts monstrueux de la validation d'une base de données et de l'algorithme final par l'homme. L'apprentissage autonome est néanmoins particulièrement dangereux car il n'y a que l'homme pour s'assurer, conceptuellement, que le domaine d'apprentissage n'est pas biaisé et que les résultats de l'apprentissage sont solides. Une « doctrine » possible pour « l'apprentissage autonome » consisterait donc à n'en autoriser l'utilisation que dans les stades de recherche et de développement. Lors du passage en production, la validation par l'homme pourrait alors être obligatoire.

Et l'éthique...

Comme mentionné dans notre article « Quelle éthique opérationnelle pour les systèmes automatisés et l'intelligence artificielle ? » (*RDN* n° 809, avril 2018, p. 89-92), l'éthique appliquée (et opérationnelle) peut être décomposée en trois branches :

- **L'éthique d'emploi** : il s'agit de l'usage d'un système automatisé qu'un utilisateur autorise. Un emploi non-éthique d'une technologie ne doit pas rendre cette dernière non-éthique mais pose la question de la responsabilité morale et juridique de l'utilisateur en cas d'accident.
- **L'éthique de conception** : il s'agit de s'assurer, dès la conception, qu'un certain nombre de règles et de précautions seront prises, notamment celles relatives au respect du droit.
- **L'éthique de discernement** : cette sous-catégorie de l'éthique concerne plus particulièrement des systèmes où l'IA devra faire preuve d'un minimum de discernement

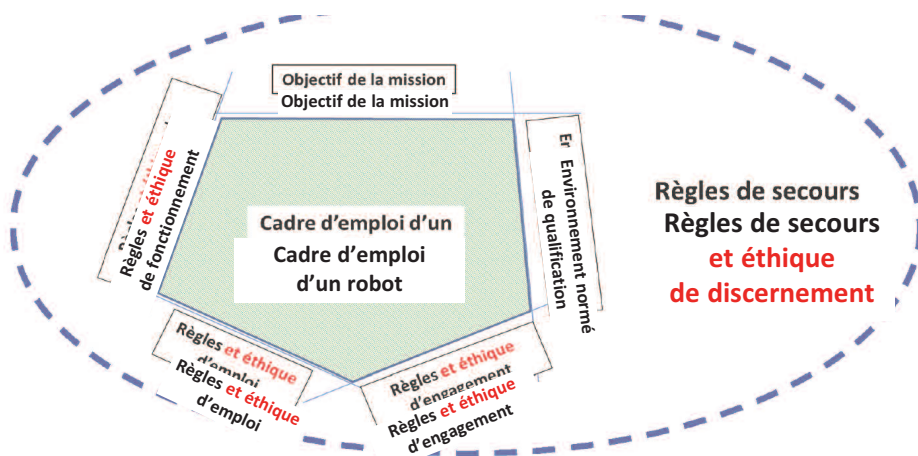


Schéma n° 1

dans le cadre de dilemmes portant sur la sécurité des personnes et des biens, et faire le choix du moindre mal.

À titre d'illustration, l'éthique d'emploi consisterait donc pour un véhicule particulier à rouler à 70 km/h sur une route limitée à 90 km/h mais jugée comme dangereuse, tandis que l'éthique de conception consisterait à brider le véhicule à 160 km/h au regard de ce qu'aucune route n'autorise de telles vitesses. De toute évidence, une ambulance ou un véhicule de secours auraient d'autres règles éthiques de fonctionnement et d'emploi. L'éthique opérationnelle s'adapte donc bien à chaque cas particulier. Quant à l'éthique de discernement, elle permettrait en cas d'accident, de choisir la solution « la moins pire ».

Les règles éthiques issues de ces trois branches de l'éthique opérationnelle viennent donc compléter le cadre d'emploi fondamental d'un système tel que défini précédemment (règles de fonctionnement, règles d'emploi, règles d'engagement, mission et environnement normé de qualification). L'éthique de discernement aurait néanmoins une place à part en ce qu'elle traite des situations qui sont en dehors du cadre d'emploi : elle serait l'éthique à utiliser dans les cas non-conformes proposant notamment des modèles de comportement ou de décision qui permettent au système de choisir la moins pire des solutions en cas d'accident.

L'identification des règles d'éthique d'emploi, de conception et de discernement devra se faire dans le cadre de groupes de travail ou de comités d'éthique appliquée particuliers avec un processus méthodologique formalisé.

Quand la règle n'est pas tout à fait la règle

Vous êtes dans un véhicule, sur une voie à double sens mais séparée par une ligne blanche. Une personne traverse subitement la chaussée : la seule alternative pour l'éviter consiste à franchir la ligne blanche. L'humain devinera naturellement qu'il lui faut transgresser la règle de l'interdit (franchir la ligne blanche) : il y a donc une tolérance, pas nécessairement énoncée, sur le non-respect des règles du Code de la route. La règle serait donc « floue » et d'une certaine façon négociable en fonction du contexte car un principe de niveau supérieur s'applique : le principe de nécessité.

De fait, il apparaît que le raisonnement humain est intrinsèquement fondé sur le maniement des règles floues ; les règles sont d'une certaine façon toujours interprétables, négociables ou transgressables en cas de force majeure, et si besoin, il est toujours possible d'inventer de nouvelles règles voire des règles d'ordre supérieur. Dans certains cas, la règle peut même être remplacée par l'intuition dont sa forme la plus extrême, à savoir l'intime conviction de l'action juste.

L'intime conviction consiste à prendre en compte dans un jugement personnel des éléments variés, intuitifs, contextuels qui ne peuvent constituer des preuves formelles. Le « raisonnement » intuitif menant à l'intime conviction n'est pas modélisable et ne peut donc être programmé dans un algorithme.

La règle est donc potentiellement imparfaite et seul l'humain aurait le pouvoir de la parfaire, voire de l'ignorer, dans un possible ultime recours de la raison. À défaut

d'intuition et de conviction, nos robots devront donc disposer de règles « de secours » pour gérer les situations de sortie du cadre d'emploi fondamental et les situations de dilemme, c'est-à-dire des situations où des règles sont insuffisantes voire peuvent être contradictoires.

Le robot-skieur, une illustration utile

Un robot-skieur descendant une piste bleue a été présenté à l'occasion des Jeux olympiques d'hiver 2018 à PyeongChang. Si le côté ludique de la démonstration était évident, les performances du robot étaient encore très loin d'égaliser celles d'un skieur amateur. D'un strict point de vue conceptuel, ce robot disposait bien d'un cadre d'emploi fondamental constitué de :

- une mission : partir d'un point A pour aller à un point B et s'arrêter après avoir franchi le point B ;
- d'un environnement normé de qualification (admettons que le robot ait été conçu pour des pistes « bleues ») ;
- de règles de fonctionnement consistant à maîtriser en tout instant la sécurité du robot (garder l'équilibre...) ;
- de règles d'emploi : règles de bonne conduite sur les pistes, à savoir éviter les obstacles et les personnes, y compris mobiles, et ne pas sortir de la piste.

À l'intérieur de ce cadre, le robot-skieur est donc libre sur la base d'un certain nombre de descentes, d'affiner la connaissance d'une piste bleue particulière lui permettant ainsi d'optimiser son déplacement selon des critères qui lui sont imposés (temps de descente, etc.). En aucun cas, l'exploration de la piste bleue ne peut aboutir à redéfinir des règles fondamentales du robot car si le robot skieur devait changer de piste bleue, il serait alors biaisé dans son comportement par la piste bleue initiale qui n'est pas nécessairement complètement représentative de l'ensemble des pistes « bleues ». Que se passerait-il néanmoins si le robot-skieur sortait de son cadre fondamental, *a priori* accidentellement, et se retrouvait subitement sur une piste noire non damée ? La seule façon pour le robot d'effectuer sa « mission » consisterait alors à explorer de nouvelles règles de fonctionnement et d'emploi non apprises (comme glisser sur les fesses par exemple). C'est conceptuellement possible, mais cela pose trois problèmes fondamentaux :

- **D'ordre philosophique** : accepte-t-on que le robot puisse, sans validation par l'homme, déroger au cadre fondamental d'emploi et aux règles qui lui ont été initialement fixés ?
- **D'ordre pratique** : comment s'assurer que de nouvelles règles « inventées » par le robot ne soient pas contraires à l'intérêt des hommes ? Si on accepte que le robot puisse inventer des règles devant protéger l'intérêt des hommes, comment définir informatiquement l'intérêt des hommes ?
- **D'ordre technique** : on ne sait pas démontrer que l'apprentissage autonome permet de résoudre des problèmes combinatoires complexes dans des environnements

imprévus et non modélisés (par exemple, absence de modèle de piste sans neige dans le robot-skieur). De plus, la confrontation d'un système à un environnement auquel il n'est pas préparé lui est généralement fatale. En effet, la seule façon de « découvrir » un nouvel environnement consiste à faire de l'apprentissage par renforcement, c'est-à-dire une succession d'essais dont la plupart sont des échecs.

On conçoit bien que si le robot-skieur est conçu et qualifié pour des pistes bleues, il n'est pas raisonnable de le lancer dans un champ de bosses ou sur une piste noire. Néanmoins, un robot-skieur se trouvant dans une situation de risque de collision avec un skieur humain devrait disposer d'un modèle d'éthique de discernement lui permettant par exemple de tomber afin d'éviter la collision. Ce modèle de comportement éthique autorise alors le robot à prioriser les règles et à affecter à sa sécurité une pondération moindre que celle liée à la sécurité d'êtres humains.

En conclusion, un robot qui sortirait de son cadre d'emploi fondamental aurait peu de chance de survie, en effet, l'existence d'algorithmes d'IA pour assurer cette fonction de « survie » n'est à ce jour ni démontrée, ni d'actualité et est même pour certains très improbable. Les processus d'apprentissage et d'adaptation à de nouveaux environnements non prévus, radicalement différents de ceux connus sont généralement fatals, y compris pour l'homme.

Les adeptes de science-fiction pourront évoquer la capacité de mutation de certains algorithmes qui pourraient par le biais des hasards de la mutation tomber sur la bonne solution. Pourquoi pas, mais en matière informatique, les *bugs* naturels suffisent déjà largement aux dysfonctionnements.

Le point de vue de la doctrine interarmées en matière d'automatisation

Pour les forces françaises, plusieurs éléments concourent à rendre de plus en plus nécessaire le recours à des systèmes d'armes présentant un degré avancé d'automatisation :

- De multiples engagements sur différents théâtres, notamment dans le cadre de la lutte contre le terrorisme.
- Un modèle d'armée qui repose sur un nombre « relativement » limité d'hommes et qui, pour être à la hauteur des missions qui lui sont confiées sur le territoire national ou à l'extérieur, doit compenser par un recours à des moyens matériels de plus en plus automatisés et de haute technologie.
- Des situations au combat complexes et évolutives, appelant parfois des réactions très rapides. Celles-ci rendent nécessaire le recours à la technologie pour aider, traiter et analyser un nombre important de données en des temps très brefs.
- Des milieux très hostiles ou dangereux (grottes, environnements pollués, espaces hostiles à l'homme...).

La doctrine interarmées se devait donc de réfléchir à l'emploi des robots et des drones et aux conséquences de l'arrivée de l'intelligence artificielle dans ces systèmes qui en permet une automatisation performante, ce que certains appellent l'autonomisation.

Qu'est-ce que la doctrine ? La doctrine interarmées est un ensemble de principes qui guide l'emploi des forces (avec leurs équipements). Une doctrine doit préparer la guerre de demain et s'appuyer sur des scénarios futurs possibles. Une doctrine bien née se doit donc d'être un minimum prospectiviste et ne pas se contenter de décrire une situation présente, voire passée.

C'est dans ce cadre qu'est paru un concept exploratoire interarmées ⁽²⁾ portant sur « l'emploi de l'intelligence artificielle et des systèmes automatisés ». Que dit la doctrine ?

- Que les systèmes automatisés peuvent être supervisés, semi-autonomes ou pleinement autonomes.
- Que la notion de « système autonome » est à éviter car prêtant à confusion, et n'est pas suffisamment discriminante sur la nature exacte du système : il vaut mieux parler de systèmes automatisés semi-autonomes et de systèmes automatisés pleinement autonomes.
- Que les systèmes semi-autonomes sont des systèmes subordonnés à la chaîne de commandement qui garde la responsabilité de l'emploi de ces systèmes.
- Que les systèmes pleinement autonomes sont des systèmes non subordonnés à une chaîne de commandement, sont capables entre autres de redéfinir leur cadre d'emploi (règles, mission...), et qu'outre le fait qu'il s'agisse de systèmes qui n'existent pas, il n'y a pas à ce jour de concept d'emploi identifié associé à ce type de système dans les armées conventionnelles respectueuses du droit international.

Néanmoins, il convient de noter qu'un emploi terroriste d'un système pleinement autonome, s'affranchissant non seulement du droit, mais également des conséquences de l'emploi, est tout à fait possible. On aurait alors une arme « sale », dont le seul propos serait de semer la terreur et la confusion.

Pour la doctrine interarmées, un système doit rester subordonné à un commandement humain et **les principes de responsabilité du commandement** et de respect du droit international doivent demeurer.

Ce lien de subordination vaut en particulier pour la décision d'emploi et la délimitation du cadre d'emploi qui doivent appartenir à l'homme. Un système capable de s'assigner lui-même des objectifs et/ou de modifier sans validation humaine, en cours de mission, le cadre d'emploi qui lui avait été fixé pour celle-ci, pourrait être considéré comme un Système d'armes létal autonome (Sala).

Le respect du droit international humanitaire

Fondamentalement, le droit international repose sur quatre grands principes : humanité, nécessité, distinction et proportionnalité.

(2) CICDE, *CEIA 3.0.2_I.A. & SYST-AUT(2018)* n° 75/ARM/CICDE/NP du 19 juillet 2018.

Les débats à l'ONU en matière de Sala font apparaître trois grands types d'arguments.

Le premier, développé par les ONG, développe l'idée que les technologies de la robotisation, où l'homme ne risque plus nécessairement sa vie, baissent le seuil d'engagement des armées, qui, ne risquant rien, sont alors plus susceptibles d'employer la force. Il y aurait donc *de facto* un abaissement du seuil d'emploi de la force.

Le deuxième argument qui commence à être développé, notamment par les États-Unis, postule que la robotisation est de nature à garantir un meilleur respect du droit international humanitaire. En effet, la robotisation constitue une nouvelle alternative dans la panoplie du décideur qui peut s'avérer dans des scénarios particuliers une option tout à fait intéressante. Dans des combats de haute intensité en zone urbaine, par exemple, des systèmes automatisés performants feraient probablement plus de place à la distinction et à l'action chirurgicale que des combats rapprochés où des civils peuvent être utilisés en bouclier humain. À titre d'illustration sur l'ampleur des enjeux, on peut se reporter à la libération de Mossoul par les forces irakiennes en 2017 : les résultats sont édifiants avec plusieurs milliers de civils pris en otage et tués, victimes de l'État islamique mais aussi des bombardements et de la coalition ; une ville détruite dont la reconstruction coûtera plusieurs milliards de dollars, sans compter les pertes de l'ordre de 30 % dans la *Golden Division*, la division d'élite de l'Armée irakienne.

Le dernier argument alimentant les débats sur les Sala est lié au devoir d'efficacité des armées qui doivent pouvoir mener leurs actions et défendre le droit. Cette nécessité entraîne le devoir de s'armer des technologies les plus efficaces.

Force est de constater que les trois arguments sont entendables. Dans ces conditions, il n'est pas évident qu'un nouveau droit international naisse des travaux sur les Sala, les pays les plus influents (et les plus concernés) ne voyant pas nécessairement d'un bon œil une limitation de leur capacité opérationnelle alors même que les technologies de l'automatisation et de la robotisation font apparaître des gains de performances inégalés.

Au regard des éléments précédents, on conçoit que les systèmes dans les futurs proche et moyen seront des systèmes de plus en plus automatisés, subordonnés à une chaîne de commandement, et régis par les seules règles qui lui ont été données par le commandement.

*

**

L'autonomie de décision est le propre de l'homme et du vivant, et l'association du qualificatif « autonome » à des technologies informatiques est à ce jour un contresens, de même que tout programmeur sait bien qu'une machine ne décide pas et ne fait qu'exécuter une suite d'instructions informatiques programmée directement ou indirectement par l'homme. Ainsi, affirmer que la machine « décide » concourt principalement à nier la responsabilité de l'homme dans sa programmation informatique.

Nous avons commis collectivement (le monde scientifique, le monde industriel, les médias...) l'erreur d'un choix sémantique et terminologique portant à la confusion en calquant sur le monde matériel des caractéristiques du monde du vivant : apprentissage, intelligence, autonomie... Si certains y trouvent un intérêt à court terme, nous devons désormais en assumer les conséquences et gérer les fantasmes que ces choix génèrent, car nous nous retrouvons désormais dans la situation d'un enfant à qui on a raconté des histoires de Frankenstein et dont on s'étonne qu'il fasse des cauchemars.

Il devient de plus en plus indispensable que les « sachants » affirment que tant que l'on restera sur de l'intelligence artificielle faible (et tout porte à croire que l'IA forte pourrait n'être qu'une utopie), basée sur des automatismes et des algorithmes, l'homme restera responsable de son œuvre et maître de son destin. Un gendarme de l'IA et des comités d'éthique seront néanmoins probablement nécessaires pour accompagner les transformations sociétales profondes à venir.

Quant au monde militaire, il n'échappe pas à ce besoin de clarification terminologique, de clarification des concepts opérationnels, de principes éthiques, inhérent à toute nouvelle technologie, et surtout de réaffirmation de la place de l'homme dans l'utilisation de la technologie, cette dernière devant lui rester subordonnée. ♦

La révolution de l'Intelligence artificielle (IA) en autonomie

Jean-Gabriel GANASCIA

Professeur à Sorbonne Université, membre de l'Institut universitaire de France et directeur de l'Équipe Acasa (Agents cognitifs et apprentissage symbolique automatique) du LIP6 (Laboratoire informatique de Paris 6).

Agents autonomes

L'adjectif autonome est de plus en plus souvent employé dans le secteur de l'ingénierie pour désigner des machines dont le comportement se révèle à la fois imprédictible et efficace. Ainsi, parle-t-on aujourd'hui de voitures, de robots, d'armes ou même d'agents autonomes. Ceux-ci défraient régulièrement la chronique par leur nouveauté et surtout par l'inquiétude qu'ils suscitent : on craint qu'ils s'émancipent de la tutelle des hommes qui les ont créés et se retournent contre eux. À titre d'illustration, on lit dans les journaux que les voitures autonomes seront vraisemblablement programmées pour sacrifier la vie de leurs passagers afin de sauver celles des passants, plus nombreux, qui traversent malencontreusement au feu vert ⁽¹⁾. Dans un ordre d'idées analogue, mais plus inquiétant encore, des lettres ouvertes ⁽²⁾ signées par des dizaines de milliers de personnes demandent un moratoire sur les armes autonomes considérées comme la troisième grande révolution dans l'art de la guerre après la poudre à canon et la bombe atomique ; faisant suite à cette crainte, le Parlement européen a voté, le 12 septembre 2018 ⁽³⁾, une résolution demandant aux gouvernements européens de prendre une position commune pour réguler, voire interdire, les armes autonomes.

De plus, on établit généralement un lien entre, d'un côté, les progrès de l'Intelligence artificielle (IA) et, surtout, de l'apprentissage machine et, d'un autre, le déploiement de plus en plus massif d'objets qualifiés par leur comportement d'autonomes.

Cela laisse entendre qu'advierait une nouvelle génération de dispositifs autonomes conçus grâce à l'IA et que ceux-ci prendraient une part déterminante dans

(1) ROZIÈRES Grégory, « Les voitures autonomes devraient sacrifier leur conducteur pour sauver des passants, mais... », *Huffington Post*, 24 juin 2016 (www.huffingtonpost.fr/).

(2) Cf. AI & ROBOTICS RESEARCHERS, « Autonomous Weapons: an Open Letter », 28 juin 2015 (<https://futureoflife.org/open-letter-autonomous-weapons/>) ou GUERRIER Philippe, « Stop les robots tueurs : ces experts français de l'IA qui s'engagent avec Elon Musk », *IT Espresso*, 22 août 2017 (www.itespresso.fr/).

(3) PARLEMENT EUROPÉEN, *Résolution du 12 septembre 2018 sur les systèmes d'armes autonomes (2018/2752(RSP))* (www.europarl.europa.eu/sides/getDoc.do?pubRef=-//EP//TEXT+TA+P8-TA-2018-0341+0+DOC+XML+V0//FR).

beaucoup d'activités humaines, ce qui s'apparenterait alors à ce que l'on a coutume de qualifier de révolution technologique, à savoir de changement radical dans la conception des machines. Nous allons voir que s'il y a peut-être « révolution en autonomie », et si cette révolution tient bien à l'intelligence artificielle, il ne s'agit pas pour autant d'une révolution technologique.

Autonomie et automatisme

Pour bien comprendre ce qu'il en est, il convient d'abord de revenir à l'étymologie : autonomie vient du grec *autos*, soi-même, et *nomos*, loi, règle. Est autonome ce qui se donne ses propres lois. Cela s'applique d'abord à une Cité ou à un État qui se dote de sa propre législation, avant de concerner, à partir des philosophes des Lumières du XVIII^e siècle, des sujets qui s'affranchissent de la religion et de la tradition pour décider eux-mêmes des maximes auxquelles ils s'engagent à soumettre leur comportement. Cela s'oppose à l'hétéronomie, à savoir à la soumission à des lois imposées de l'extérieur, par exemple, pour un État, à se laisser imposer des lois par un autre État, ou, pour un sujet, à subordonner son comportement à des contraintes physiologiques, par exemple à la faim, à la soif ou à la souffrance, ou encore à la colère et à la perte de contrôle de soi-même. Selon cette acception, l'autonomie de la volonté, à savoir la capacité d'un individu à décider de lui-même des lois qu'il se donne, correspond à un idéal jamais pleinement atteint.

Au sens strict, si l'on appliquait cette définition à un dispositif matériel, cela signifierait qu'il déciderait de lui-même, sans le secours de personne et en fonction de sa volonté propre, de ce qu'il ferait. Ainsi, une voiture autonome, en ce sens premier, ne vous conduirait pas où vous le souhaitez, mais là où elle déciderait. De même, toujours en ce sens premier, une arme autonome choisirait d'elle-même sa cible selon ses propres critères qu'elle ne soumettrait à personne. Bien évidemment, de tels « machins » seraient inopérants, puisqu'ils seraient imprévisibles et que, de ce fait, on ne pourrait pas les soumettre à nos propres objectifs.

Aujourd'hui, lorsque l'on parle d'autonomie pour une voiture ou un robot, on signifie généralement autre chose ; il s'agit d'un abus de langage pour désigner un automatisme, à savoir, au sens étymologique, quelque chose qui se meut de soi-même, sans le secours d'un agent extérieur. Pour un homme, un comportement automatique est un enchaînement d'actions qui se fait par-devers lui, sans qu'intervienne de décision consciente ; pour une machine, cela signifie qu'il y a un enchaînement de causalités matérielles dans laquelle n'intervient aucune présence extérieure, en particulier aucun être humain. En ce sens, une voiture autonome détermine, à partir de l'objectif qu'on lui a fixé – comme aller à la piscine – et des informations qu'elle a glanées, la séquence des actions qui vous conduiront à bon port, alors qu'une voiture autonome au sens premier risquerait de remettre en cause l'objectif, se refusant à aller à la piscine, prétextant par exemple que le parking n'y est pas commode ou qu'elle a mieux à faire... Rapportée à un système d'armes, au sens second, une arme autonome exécuterait d'elle-même les objectifs qui lui auraient été donnés, par exemple atteindre tout ce qui présente une signature radar caractéristique, alors qu'au sens premier, elle n'obéirait pas

aux ordres et choisirait seule ses cibles. De ce fait, et contrairement à ce qu'affirment les rédacteurs des lettres ouvertes susmentionnées, aucun militaire un tant soit peu responsable ne voudrait utiliser d'armes aussi imprévisibles.

Intelligence artificielle et agent autonomes

Rappel sur l'histoire et l'empan de l'intelligence artificielle

L'intelligence artificielle est une discipline scientifique qui a vu officiellement le jour en 1956, au *Dartmouth College* de Hanover, dans l'État du New Hampshire (États-Unis), lors d'une école d'été organisée par quatre chercheurs américains : John McCarthy (1927-2011), Marvin Minsky (1927-2016), Nathaniel Rochester (1919-2001) et Claude Shannon (1916-2001). Cette discipline vise à décomposer l'intelligence en fonctions élémentaires, puis à construire des machines pour les simuler, une à une. Ainsi, si l'on décompose les capacités cognitives humaines en cinq grandes catégories :

- 1) perception des signaux envoyés par nos organes des sens, c'est-à-dire construction d'une représentation qui agrège les informations qu'ils nous transmettent ;
- 2) mémoire, à savoir représentation – au sens étymologique de re-présentation, c'est-à-dire de restitution de la présence d'une chose en son absence –, et exploitation de ces informations avec l'apprentissage ;
- 3) pensée, c'est-à-dire calcul sur les représentations ;
- 4) fonction communicative, à savoir capacité à échanger entre machines ainsi qu'entre hommes et machines ;
- 5) enfin, fonctions exécutives pour qu'une machine prenne des décisions et les mette en œuvre.

Durant les soixante dernières années, de nombreuses fonctions cognitives ont été simulées, que l'on pense à la perception pour les images ou les paroles, à la modélisation de mémoires sémantiques, à l'apprentissage supervisé qui exploite les immenses quantités de données stockées, au traitement et à la compréhension du langage naturel ou encore à la prise de décision. Ces simulations aident à mieux comprendre l'intelligence, qu'elle soit humaine ou animale. Elles permettent aussi de réaliser des automatismes, par exemple des voitures dites autonomes ou des robots qui prennent, d'ores et déjà, une place si importante dans l'industrie actuelle.

Notions d'agent autonome

Il est d'usage de caractériser les automatismes programmés à l'aide de techniques d'IA comme étant des « agents autonomes » en cela que ce sont des entités agissantes, à savoir des *agents*, et qu'ils sont *autonomes* au sens second que nous avons évoqué précédemment, car ils sont mus par un enchaînement de causalités qui va de la prise d'information à l'action, sans qu'intervienne aucune présence humaine.

Plus précisément, un agent au sens technique est une notion très générique renvoyant à toute chose qui dispose de capteurs, de capacités d'actions, de procédures

de décision et éventuellement de buts ou, à défaut, d'une fonction de récompense. Dans le cas d'une voiture autonome, les capteurs peuvent être des caméras et un *GPS* ; les actions : des coups d'accélérateur ou de frein, des changements de vitesse et des petits mouvements du volant à gauche ou à droite ; les buts : des lieux à atteindre ; et les procédures de décision : des algorithmes qui déterminent les actions à effectuer pour rapprocher la voiture de sa destination en tenant compte de la situation de la voiture telle que les capteurs permettent de l'apprécier. L'IA aide à la fois à interpréter les signaux fournis par les capteurs pour identifier la route, les trottoirs, les panneaux de circulation, les piétons, les autres voitures, etc. et à décider des actions à accomplir dans chaque situation.

Si l'agent était autonome au sens premier, et pas seulement au sens second, il ne se contenterait pas de choisir une action pour parvenir à réaliser les buts qu'on lui a fixés ou pour optimiser la somme des récompenses qu'il espère obtenir, mais il déciderait de lui-même des objectifs qu'il se fixe. Aujourd'hui, les agents autonomes qu'ils soient programmés avec des techniques d'intelligence artificielle ou non, ne choisissent pas d'eux-mêmes leurs cibles ; sans doute agissent-ils d'eux-mêmes et choisissent-ils leurs actions mais ils le font au regard des buts qu'on leur a fixés, pour les résoudre. Si l'on se réfère à l'étymologie, on devrait donc parler d'automates, autrement dit d'entités qui font effort d'elles-mêmes, et non d'agents autonomes.

À ce premier paradoxe qui fait qu'un agent autonome n'est pas proprement autonome, on doit en ajouter un second : un agent autonome n'est pas un agent au sens philosophique. En effet, eu égard à la théorie philosophique de l'action, un agent est ce qui est à l'origine de l'action. Cela s'oppose à une chose qui, soumise à des forces matérielles, serait mue par elles. Or, les agents autonomes que l'on fabrique ne font qu'exécuter les instructions qu'on a écrites pour eux ; ils se réduisent à des séquences de causalités matérielles parfaitement identifiées ; il n'est donc pas juste de dire qu'ils initient des actions d'eux-mêmes.

Bien étrange notion que celle d'agent autonome qui n'est ni un agent au sens philosophique, ni vraiment autonome, et qui, de ce fait, et à première vue, s'apparente quelque peu au couteau de Lichtenberg à savoir, selon l'aphorisme du philosophe, écrivain et physicien allemand du XVIII^e siècle Georg Christoph Lichtenberg, à « un couteau sans lame auquel ne manque que le manche ». Pour autant, cette notion n'est pas vide ; loin de là, elle recouvre des réalités technologiques actuelles et tangibles. On ne saurait dénier leur existence qui est patente. Quant à leur dénomination, elle est attestée, et l'on ne saurait pas plus la mettre en cause. Il importe toutefois de bien comprendre la signification exacte des termes employés pour éviter tout malentendu. La notion d'agent recouvre en intelligence artificielle une réalité qui a été rappelée plus haut ; et l'autonomie correspond ici à la seconde définition que nous avons donnée, à savoir à une séquence de causalités qui ne fait pas intervenir d'agent humain.

Malentendus sur les « robots tueurs »

Les *Systèmes d'armes létaux autonomes*, en abrégé les Sala, appelés plus communément les « robots tueurs » correspondent à des agents dont l'autonomie devrait être

entendue non au sens second, comme dans une voiture autonome, mais au sens premier d'entité déterminant par elle-même ses objectifs. En effet, selon la définition que l'on en donne couramment, les Sala ⁽⁴⁾ sélectionneraient d'eux-mêmes leur cible et engageraient le feu sans intervention humaine. Toute l'ambiguïté de cette définition repose sur le verbe « sélectionner ».

Soit cette sélection résulte d'un processus de classification automatique à partir d'un objectif fixé à l'avance, par exemple atteindre un char ou un homme, ou encore un visage dont la signature radar, visuelle ou infrarouge, aurait été caractérisée par apprentissage machine supervisé. Dans cette conception, l'arme identifierait une cible dans un flux d'information, puis engagerait bien le tir sans intervention humaine mais cela n'aurait rien de nouveau. En effet, d'ores et déjà, une mine sélectionne sa cible et engage le feu sans intervention humaine. De plus, il n'y a généralement pas là, avec les mines, d'intelligence artificielle. De même, à la frontière de la Corée du Nord et de la Corée du Sud, on dit qu'il existe des armes qui sonnent l'alerte, lancent des sommations puis engagent le tir dès qu'elles détectent des mouvements. Il n'y a pas là non plus d'IA à proprement parler, mais simplement des capteurs et des automatismes.

Cependant, si l'on en croit les lettres ouvertes qui ont été signées en juillet 2015, puis en juillet 2017 lors de deux conférences internationales d'intelligence artificielle, les très récents progrès de l'IA conduiraient, d'ici peu et inéluctablement, à la réalisation de nouveaux systèmes d'armes autonomes constituant, dans les affaires militaires, une révolution analogue à celle qu'a provoquée la poudre à canon ou à celle qui s'est produite plus tard avec la bombe atomique. Cette révolution dans l'ordre de l'autonomie tiendrait à ce que les Sala ne se contenteraient pas de catégoriser leur cible, à partir de critères prédéfinis, car si tel devait être le cas, il n'y aurait rien là de radicalement neuf, mais qu'ils la détermineraient d'eux-mêmes. Il y aurait donc un basculement qui ferait passer d'une autonomie au sens second, c'est-à-dire d'une séquence de causalités où n'intervient aucun humain, à une autonomie au sens premier, en l'occurrence au choix, par la machine, de sa cible, et non à la simple catégorisation des flux d'informations entrant sur un critère prédéfini.

Nous avons donc deux conceptions de l'autonomie en matière de systèmes d'armes. Selon la première, nous nous inscririons dans la continuité des automatismes existants et il n'y aurait alors pas de rupture. Selon la seconde, nous parviendrions effectivement à des systèmes d'armes totalement différents de ceux qui existaient auparavant. Cependant, l'état de développement des technologies en IA n'autorise pas à comprendre comment de tels systèmes d'armes seraient construits et cela ne permet pas non plus d'appréhender la nature de ces systèmes. Bref, la crainte de voir une nouvelle génération de Sala révolutionner la guerre paraît bien peu fondée.

Au reste, il se peut que des systèmes d'armes fassent appel à de l'intelligence artificielle pour aider l'opérateur à déterminer sa cible ou pour donner l'alerte, auquel

(4) Pour une analyse des appels aux moratoires sur les armes autonomes, consulter GANASCIA Jean-Gabriel, TESSIER Catherine et POWERS Thomas M., « On the Autonomy and Threat of "Killer Robots" », *APA Newsletter on Philosophy and Computers*, vol. 17, n° 2, été 2018, p. 3-9 (<https://c.ygcdn.com/>).

cas ils ne seraient pas automatiques et encore moins autonomes, puisqu'ils se mettraient au service d'un opérateur ; ce ne serait donc pas des Sala. De même, il se pourrait que des systèmes d'armes fassent appel à de l'intelligence artificielle pour brouiller les communications, auquel cas, ce serait bien des systèmes d'armes utilisant de l'IA, mais ils ne seraient pas à proprement parler létaux. Ainsi, y a-t-il dans l'esprit du grand public un lien entre IA et Sala qui est doublement discutable, d'une part parce que la notion de Sala ne recourt pas nécessairement à l'intelligence artificielle et d'autre part, parce que l'IA ne conduit pas inéluctablement à la réalisation de Sala et *a fortiori* d'une nouvelle génération de Sala qui révolutionnerait l'art de la guerre.

Nous devrions en conclure que de révolution de l'IA en autonomie, il n'y a point. Pourtant, à bien y regarder, les choses ne sont pas si simples.

Automatismes au service de l'autonomie

L'autonomie, au sens philosophique, recouvre, comme nous l'avons déjà dit, l'idée de liberté telle que l'ont définie des philosophes des Lumières comme Jean-Jacques Rousseau ou Emmanuel Kant, c'est-à-dire la capacité à obéir aux maximes que l'on s'est données. Autrement dit, est libre non celui qui décide à tout moment de faire ce qui lui plaît, car celui-ci serait esclave de son désir instantané, mais celui qui a adopté sciemment des règles et qui s'y soumet.

Or, nous savons tous que cette autonomie du sujet est un idéal impossible à atteindre. En effet, il est bien des situations où les conditions extérieures troublent notre esprit, obscurcissant notre perception de la réalité ou nos facultés de raisonnement. C'est tout particulièrement le cas dans des situations extrêmes comme l'on en rencontre souvent dans le domaine militaire. Par exemple lorsque, dans un avion de chasse, le pilote est soumis à des accélérations qui lui font perdre conscience ou lorsqu'une surcharge cognitive prive l'opérateur de discernement et de clairvoyance. Dans ces éventualités, il nous arrive, sans que nous le souhaitions, d'agir en contradiction avec nos engagements personnels.

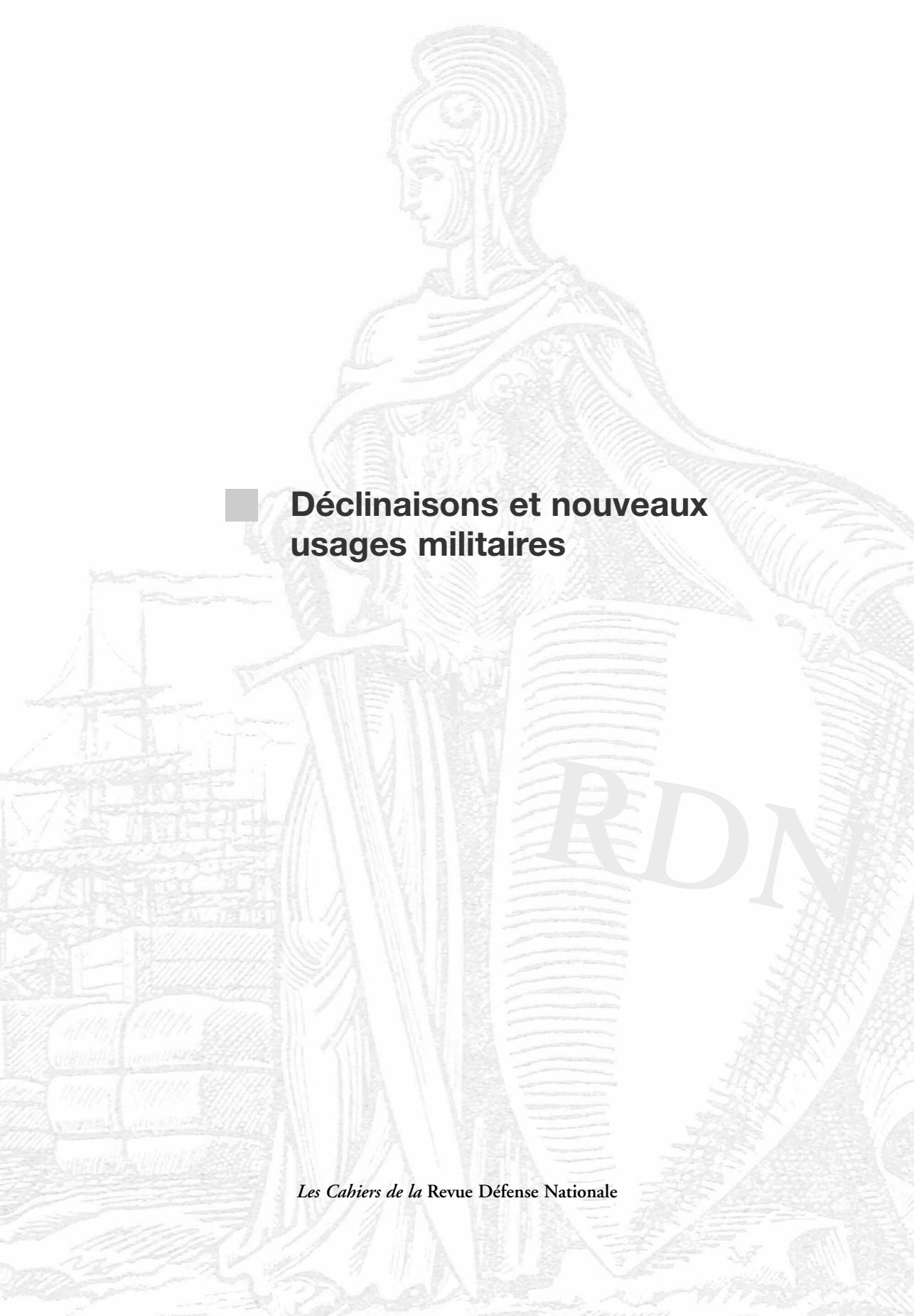
Afin de lutter contre les conséquences néfastes de pertes de contrôle du pilote d'un processus, il peut être utile de recourir à des automatismes qui conservent la maîtrise de la situation tant que l'opérateur se trouve en situation délicate. Ainsi, pour reprendre l'exemple d'une cabine de pilotage d'avion, un agent autonome de pilotage automatique continue de maintenir le cap et l'altitude le temps que le pilote reprenne conscience. Dans de telles éventualités, l'agent autonome aide l'opérateur à être plus fidèle à sa volonté, autrement dit, si l'on se reporte à ce qui vient d'être dit, à être plus autonome. Ainsi, l'agent autonome ne serait pas autonome en lui-même, ou du moins, il ne le serait qu'au sens second que nous avons donné, mais il aiderait surtout l'opérateur à être plus autonome au sens premier.

La révolution de l'Intelligence artificielle (IA)
en autonomie

*

**

En conclusion, la vraie révolution en autonomie ne consisterait pas à fabriquer des dispositifs matériels qui se substitueraient à nous, du fait de leur supposée autonomie de comportement, mais à concevoir des automatismes qui prendraient le relais, en cas de défaillance humaine causée soit par une situation physique éprouvante, soit par une saturation des facultés d'attention, nous aidant ainsi à demeurer fidèles à nos engagements en dépit de nos absences passagères, et donc à rester plus autonomes. ♦



■ **Déclinaisons et nouveaux usages militaires**

RDN

Essai sur les nouveaux usages robotiques

Gérard DE BOISBOISSEL

Ingénieur de recherche au Centre de recherche des Écoles de Saint-Cyr Coëtquidan.

A tout nouvel outil correspond une nouvelle façon de penser le travail. Un tel axiome peut tout à fait s'appliquer à la révolution qu'apportent les systèmes robotiques dans l'organisation et la manœuvre du champ de bataille de demain. Les systèmes robotiques sont en effet de nouveaux pions tactiques, voire de nouveaux pions de manœuvre, que le chef militaire va dorénavant utiliser en amont pour préparer son action, puis en appui pour faciliter sa progression, lui permettant de nouveaux effets sur l'ennemi, le terrain, l'occupation de l'espace et le rythme de l'action.

Ils vont lui permettre de contrôler le champ de bataille en y déportant des effecteurs ou des capteurs permettant de contrôler les divers dimensions et espaces du champ de bataille, terrestre, aérien, maritime et électromagnétique. Ces derniers vont ainsi progressivement déplacer le combattant en arrière de la zone de contact, afin de l'éloigner de la zone dangereuse et de réduire les risques, ou lui permettre de s'y plonger avec le maximum de moyens à sa disposition, diminuant ainsi significativement la vulnérabilité des combattants.

Enfin, graduellement l'introduction de fonctions présentant un degré avancé d'automatisation au sein de ces systèmes va progressivement laisser aux robots, ou à des systèmes de robots, dans un cadre d'emploi spécifique et borné par le chef militaire, la possibilité d'effectuer sans intervention humaine la tâche ou la mission qui lui aura été confiée, ainsi que d'adapter son comportement aux évolutions de la situation sur le terrain.

Cadre d'utilisation

Il est clair que l'utilisation des systèmes robotisés va dépendre du cadre d'emploi des forces armées et de la conflictualité à laquelle elles sont confrontées. Ainsi, comme le dit le colonel Éric Ozanne, l'occurrence de situations asymétriques demeurera très forte sans que l'on puisse écarter le retour à des confrontations sinon symétriques du moins dissymétriques. Les espaces d'engagement devraient s'élargir, tandis que les actions au milieu des populations en zone urbaine deviendront de plus en plus la norme, ainsi que la multiplication des acteurs sur les théâtres d'opération ⁽¹⁾.

(1) OZANNE Éric, « La robotisation du groupement tactique interarmes : perspectives », in DANET Didier, HAMON Jean-Paul et BOISBOISSEL (DE) Gérard, *La guerre robotisée*, Économica, 2012, p. 303.

Concept d'emploi

Il apparaît trois grandes familles d'emploi de systèmes robotiques pour les engagements futurs :

1. **Les systèmes robotiques de surveillance et d'observation de l'espace de bataille.** Dotés d'une certaine autonomie, tout en restant subordonnés à un commandement militaire, ces systèmes seront actifs de façon omniprésente et nécessiteront des relais réguliers pour assurer en tout temps (24h/24 et 7 j/7) et toutes conditions les missions qui leur seront dévolues. Ces systèmes seront gérés au niveau opératif, par des unités de soutien en charge de leur déploiement en protection d'infrastructures, de frontières, ou au cœur de l'espace terrain occupé par les unités opérationnelles.

2. **Les robots intégrés au sein des unités opérationnelles :** ces robots sous la responsabilité des unités tactiques accompagneront le soldat dans son action militaire. Ils seront répartis au sein des unités qui en auront la responsabilité de mise en œuvre et d'emploi, du niveau groupe de combat au niveau de la compagnie en fonction du type de robots. Ils serviront à la fois à donner à l'unité un avantage opérationnel sur l'ennemi, mais aussi à réduire le risque et le danger d'exposition pour le combattant. Principalement dans les missions à dominante renseignement comme « éclairer » et/ou « reconnaître », les missions de sûreté comme le « contrôle de zone » et enfin la mission « appuyer » par leurs capacités de feu et de mouvement.

3. **Les robots utilisés au sein de formations spécialisées ou détachées au niveau brigade en accompagnement et en soutien de la manœuvre, sur requête ou besoin.** Ces formations spécialisées regroupent des métiers nécessitant une expertise technique et opérationnelle particulière que seule une formation dédiée peut couvrir dans certaines unités. Ces métiers embrassent notamment les spécificités interarmées de milieux et le combat électromagnétique, ou des logiques de concentration des efforts. Le robot pourra devenir un outil absolument indispensable, un partenaire de l'action militaire pour les soldats qui les utilisent. De même, tout comme les blindés lors de la Seconde Guerre mondiale, les robots peuvent être utilisés en masse pour porter un effort précis et des capacités de destruction sur un secteur déterminé du terrain : ce sont notamment l'emploi de systèmes robotisés en essaim ou en première vague lors d'une action offensive, ou bien pour couvrir un point particulier du terrain.

Caractéristiques du robot

Le système robotique militaire, ici pour l'exemple idéalisé c'est-à-dire s'affranchissant de toute contrainte technologique ou d'autonomie énergétique, a ceci de particulier qu'il offre le déport de capteurs et d'effecteurs en permanence sur zone. Un tel déploiement, outre qu'il élargit la zone d'action possible d'une unité, va permettre de baisser le délai de réponse d'une unité, soit pour sa prise de décision une fois le renseignement acquis, soit par l'utilisation de ses effecteurs déportés, ne laissant plus à l'ennemi la possibilité de maîtriser l'initiative par la surprise.

De plus, la machine est plus réactive et plus précise que l'individu. En effet, si l'individu met plusieurs secondes à réagir à un stimulus, la machine le fera, elle, de façon automatique en quelques millisecondes, sans même que son action ne soit visible par l'homme, permettant la protection optimale d'un dispositif en cas d'attaque ennemie. Les systèmes prendront en compte l'analyse de paramètres donnant une meilleure précision dans l'effet à obtenir afin de s'affranchir ou de compenser les effets du mouvement, les paramètres météorologiques tels que le vent, le brouillard, les conditions de visibilité (pénombre, nuit), etc.

Déportés au plus proche de l'action militaire, omniprésents ou projetables, ces systèmes robotisés restent cependant des outils dépendant d'un opérateur qui a la responsabilité de leur emploi et de leur configuration. Toute capacité de discernement sera celle de l'opérateur, le système effectuant exactement ce pourquoi il a été configuré.

Néanmoins, avec l'apparition de l'Intelligence artificielle (IA), le robot va progressivement acquérir une capacité d'analyse de la situation, allant jusqu'à lui permettre de gérer l'imprévisible, et de tendre vers une autonomie, laquelle doit rester sous supervision. C'est là que le chef militaire naturellement intéressé par la délégation d'une certaine forme d'autonomie à ses outils que sont les robots, doit intervenir pour contrôler la machine et donner du sens à l'action militaire tout comme nous le rappelle l'article du colonel Guillaume VÉNARD et du même auteur dans ce *Cahier* (p. 118-132) : moins libre, il sera contraint par le pilotage et le contrôle de la machine ; plus libre, il sera dans son action, mais sous réserve qu'il puisse en garder le contrôle. Ainsi, inéluctablement, nous allons assister dans les décennies à venir à une progressive amplification des capacités autonomes de ces systèmes qui migreront vers une semi-autonomie dans le sens où l'opérateur militaire devra toujours s'assurer de :

- borner les capacités de la machine : par exemple, définir les limites de l'espace dans lequel ces systèmes pourront évoluer ;
- conserver une capacité d'accès direct à la machine pour la reprendre en main ou la désactiver ;
- recevoir régulièrement des comptes rendus de cette machine sur son état propre et sur ses objectifs de mission.

Nouvelles méthodes de combat

Le champ des possibles est immense avec les robots militaires et va très probablement être une des modifications majeures de l'art de faire la guerre à l'avenir. Sans vouloir être exhaustif, on s'attachera ici à donner quelques exemples des évolutions possibles des techniques de combat à venir.

La couverture robotique du champ de bataille

- **L'omni-surveillance** : le renseignement ne peut plus se passer de drones, que ce soit au niveau opératif (comme actuellement au Mali avec l'emploi des drones *MQ-9 Reaper* de l'Armée française), tout comme à l'échelon tactique lorsque la menace

est à préciser, comme pour certaines missions de recherche des forces spéciales. La France équipée en satellite d'observation, va se munir de robots militaires d'observation au niveau opératif (à des altitudes d'une vingtaine de kilomètres comme le programme *Stratobus* de la société Thales) mais aussi pour la surveillance de certaines infrastructures militaires (bases, zones sensibles) ou dynamiquement sur des secteurs de terrain dans le cadre d'une action militaire.

- En complément de cette fonction de surveillance, **la désignation de cibles** permettra de transmettre les coordonnées précises de tout élément suspect ou toute cible potentielle, à valider par l'autorité militaire. Les robots seront ainsi en mesure de géolocaliser des cibles potentielles.

- **Une infiltration de l'espace** par des drones de taille moyenne voire miniaturisés, apportant des capacités d'observation directe, ainsi que de harcèlement et de menace pour ceux qui les emploient. Ceci sera particulièrement notable dans les espaces homogènes tels que les milieux aérien et maritime.

De nouvelles capacités offensives

- L'occupation de l'espace aérien 24h/24 rendant possible une omni-couverture et le déport d'effecteurs permanents sur zone va permettre une réactivité maximale et **une réduction du cycle OODA** (Observer, Orienter, Décider, Agir) en vue de traiter la menace dès sa concrétisation et, par réaction immédiate, d'éviter à l'ennemi de déployer son dispositif.

- **Avec le déport d'une artillerie aérienne** au plus près du contact : les robots embarquant des charges létales, activables à distance, vont progressivement investir la 3^e dimension. Les unités opérationnelles auront ainsi la possibilité de lancer ces robots à des altitudes d'attente, pour déplacer au plus près de la menace une charge potentiellement activable.

- Concernant les Armes de l'infanterie et de l'artillerie, à moyen terme une évolution des mortiers terrestres en mortiers aériens tactiques (ou missiles d'opportunité) et l'apparition de systèmes de contre-artillerie robotique, poseront la question de la répartition de ces robots dans les unités, notamment au sein des unités de contact. En outre, les robots d'observation seront couplés aux moyens d'artillerie lourds classiques pour la désignation des cibles, permettant le déclenchement de tir à de plus grandes distances encore.

- **Les écrans robotiques** : comme les Russes l'ont historiquement initié à Lattaquié en Syrie en décembre 2015, des systèmes robotiques blindés et armés en avant des unités progresseront pour neutraliser les lignes ennemies et subir le premier choc des combats ⁽²⁾. Dans le même esprit, à l'avenir ce seront des formations compactes de drones terrestres et aériens qui tenteront de percer les lignes ennemies ou les fixer, comme les chars l'ont fait durant la Seconde Guerre mondiale avec l'appui

(2) Voir MALIS Christian, « Nouvelles extrapolations », *La guerre robotisée, op. cit.*, p. 62.

de l'aviation, révolutionnant ainsi l'art de la percée après la cavalerie et les blindés. Après la percée ou la neutralisation de l'ennemi, suivra une phase d'exploitation de la situation, coordonnée par l'homme mais réalisée en complémentarité entre combattants et robots.

- Des capacités offensives plus ciblées par des systèmes robotiques de neutralisation à faible létalité et d'hyperprécision : tel que le robot *Snibot* exposé dans cet ouvrage (p. 83-94), qui intègre un algorithme d'« Exclusion des zones vitales » dans tout déclenchement du feu.

Et défensives

- **Des unités aériennes robotiques spécialisées** seront créées en fonction d'un effet précis à apporter sur le champ de bataille. Selon l'effecteur embarqué, on peut envisager un brouillage de proximité ou bien des décharges d'impulsion électromagnétique ciblée sur un équipement ennemi à neutraliser, voire d'intrusion. Notons par exemple qu'en 2017, 4 000 soldats de l'Otan ont été victimes d'une attaque massive russe de cyber-intrusion qui, à l'aide de drones spécialisés et d'antennes portables, ont pu accéder aux appareils mobiles personnels des militaires ⁽³⁾.

- Des systèmes déployables spécialisés dans la **contre-menace robotique**, neutralisant des drones d'observation ennemis, ou s'interfaçant entre des missiles ou des charges tirées et le dispositif à protéger. Si la robotique militaire apporte de nouveaux moyens de faire la guerre, l'ennemi ne se privera pas de l'utiliser à son profit comme le montrent les drones utilisés par *Daech* en Syrie et en Irak. Il faut donc pouvoir contrer les menaces ennemies par des moyens contre-robotiques qui prendront la forme de drones chasseurs ou d'intercepteurs de drones ennemis, ultra-réactifs, principalement dans la 3^e dimension.

Soutien

- Des tâches de soutien comme le **déplacement ou le transport seront déléguées à des plateformes robotiques**, notamment pour le déplacement des véhicules en convoi sur les axes, ainsi que pour le ravitaillement au plus près en zone hostile. Dans le cas des convois, une composante escorte humaine sera indispensable pour assurer la protection de ces plateformes et intervenir si nécessaire. À l'inverse, pour un ravitaillement au plus près du danger, il sera préférable de risquer les plateformes seules plutôt que d'exposer des hommes à les accompagner.

- **Plusieurs emplois verront leur mode opératoire se transformer** par les robots. Citons le parachutage de colis en terrain difficile ou sur des zones occupées par des rebelles, des plateformes de parachutage robotisées, manœuvrables et guidées à distance depuis l'avion largueur, octroieront une meilleure précision dans la livraison

(3) OBSERVATOIRE DU MONDE CYBERNÉTIQUE, *L'utilisation du smartphone en milieu militaire*, CEIS/DGRIS, Newsletter du 27 juillet 2018.

au sol. Avec un retour caméra pour l'aide au pilotage depuis l'avion largueur et l'éventuelle aide d'une personne au sol pour éclairer ou indiquer la localisation.

- **La lutte contre la vulnérabilité de ces systèmes** va également nécessiter des mécanismes de protection. Ils sont en effet particulièrement sensibles au brouillage et ont une totale absence de protection contre la menace IEM (Impulsion électromagnétique, pouvant détruire des appareils électroniques et brouiller les télécommunications). L'instabilité du réseau de communication support lui-même peut entraîner des pertes de contrôle, ce qui ne sera résolu que par le développement de comportements autonomes par ces robots. De même, les données numériques utilisées par ces systèmes devront être cyberprotégées. Face à ces vulnérabilités, c'est dès la phase de *design* de ces systèmes que les ingénieurs doivent intégrer les conditions de sécurité minimale, en imaginant les pires scénarios et les réactions appropriées de ces machines, pouvant aller d'un retour en autonome à sa base de départ jusqu'éventuellement à une autodestruction si nécessaire.

Formation

- Meute de robots avec une intelligence collective qui lui permet de se déplacer en un ensemble cohérent, les **formations en *swarming*** (essaim), terrestre ou aérien, vont permettre de saturer un espace donné pour une action spécifique, allant du renseignement à une saturation par les feux. Reprenant exactement les formations de batailles aériennes ou terrestres en cours au sein des flottilles d'avions, de navires ou d'engins blindés, les robots en essaim s'articuleront pour une meilleure progression sur le terrain tout en respectant les principes de protection optimaux.

- La coordination de formations robotisées multirobots, avec chacun des fonctionnalités et spécificités différentes, devra être assurée au niveau de la coordination de l'action militaire au niveau des Sous-groupements tactiques interarmes (SGTIA).

Avec comme prérequis, la maîtrise des dimensions spatiales et cyber

- Actuellement, tout comme la maîtrise de l'espace aérien pour la domination du ciel est une première exigence pour le succès d'une opération, la maîtrise de l'éventail électromagnétique va en devenir une seconde. En effet, la numérisation de l'espace de bataille l'exige pour une disponibilité d'accès aux fréquences d'émission et l'usage de la bande passante requise. Cette maîtrise hertzienne suivra la conquête physique du ciel et impliquera la nécessaire protection de nos équipements déployés contre les agressions électroniques : les attaques IEM (Impulsion électromagnétique) et le brouillage ennemi. Ces deux aspects entraîneront le déploiement sur le théâtre d'unités spécialisées en appui de nos forces au contact.

- Une troisième exigence sera la nécessaire maîtrise des données échangées au sein du cyberspace, à savoir la protection des données face aux éventuelles cyberattaques (destruction des données, altération, espionnage, etc.).

Vers un recul de l'homme du combat

Le combat entre unités robotiques est la future étape de cette évolution, pour s'assurer de la maîtrise de l'environnement tactique. Le combat au contact deviendra fortement robotisé, s'appuyant sur des machines sophistiquées analysant les menaces en temps quasi réel, prenant des décisions en fonction et déclenchant une action bien plus rapidement que l'être humain ne pourrait le faire (émission d'une alarme, pointage automatique d'un effecteur vers la direction dangereuse, activation de ce même effecteur, repositionnement, recul vers une position stratégique en arrière, etc.).

Ceci s'opérera de façon notable dans la 3^e dimension où, tout comme l'aviation à ses débuts, les premiers robots vont progressivement s'articuler en formations constituées, reprendre les tactiques d'approche par surprise, augmenter leur protection par des systèmes d'évitement et de leurrage, et même développer des stratégies de sacrifice pour faire face à des menaces de destruction ciblées ou saturantes.

Arrêtons-nous quelques instants sur le combat aérien du futur : en ce début du XXI^e siècle, force est de constater que l'évolution du coût des avions de combat depuis leur origine est telle qu'elle va impliquer une adaptation des programmes d'armement futurs. À coût constant, on peut en effet approximer que :

$$1 F-35 = 2 Rafale = 10 MQ-9 Reaper = 100 SDTI^{(4)} = 230 Spitfire$$

Or, une telle hausse quasi-exponentielle des coûts ne peut se poursuivre à ce rythme, les systèmes devenant trop onéreux du fait de l'intégration de technologies hautement complexes dans un espace restreint (l'avion). Une réponse à long terme peut être de changer de paradigme et de décomposer et distribuer les fonctions systèmes sur des plateformes avec pilote et des plateformes sans pilote (*UAV*). La plateforme avec pilote resterait la pièce centrale et décisionnelle, entourée d'autres plateformes inhabitées pour à la fois assurer sa protection et déporter des effets avec une meilleure réactivité et précision. Cet éclatement aurait également l'effet vertueux de réduire les coûts de développement, ainsi que les cycles des programmes d'armement, les évolutions des modules fonctions systèmes devenant décorréliées dans le temps, ainsi que leurs certifications.

En outre, étant donné qu'un avion voit sa manœuvrabilité réduite par les capacités physiques de l'homme (un pilote entraîné, qui est déjà un individu aux caractéristiques exceptionnelles, ne peut supporter ponctuellement que moins de 10 G au maximum et est de plus un poids embarqué), le fait de rendre inhabités les avions du futur leur assurera une bien meilleure manœuvrabilité.

L'avenir apparaît ainsi comme une inéluctable évolution vers des systèmes aériens de cohabitation pilote/robots, permettant une complémentarité entre l'homme et les machines qui sont à son service. Survivront dès lors des drones spécialisés dans la surveillance et la détection, la protection, le leurrage et la diversion, la neutralisation, la guerre électronique, le tout avec une possibilité de dépôts de ces drones pour

(4) *Système de drone tactique intérimaire.*

assurer l'occupation de l'espace aérien 24h/24, 7j/7. La place physique de l'homme pilote se déplacera progressivement du milieu du dispositif vers un recul du dispositif, voire même vers un déport au sol. Ce pilote en chef de la manœuvre gèrera non pas une seule machine, mais une flottille de machines, chacune ayant une mission diverse. Ainsi, tout comme un porte-avions a besoin de plusieurs bâtiments de surface pour le protéger, le pilote pourra, en fonction de la situation tactique, activer la semi-autonomie de certains de ses *UAVs* de combat pour protéger son dispositif aérien, et notamment activer la fonction létale d'autodéfense, tout en conservant la possibilité de reprendre la main à tout moment. Le combat aérien de demain sera ainsi déshumanisé au contact, coordonné à distance par un pilote en chef qui utilisera les moyens robotisés à sa disposition, auxquels il délèguera certaines tâches ou mission en fonction de la manœuvre qu'il conduira, et avec selon le besoin plusieurs opérateurs spécialistes en appui du contrôle de ces moyens à distance.

De nouvelles organisations

L'utilisation de systèmes robotisés nécessite une véritable adaptation du monde militaire au niveau global. Ces systèmes nécessitent en effet :

- Sur le plan humain, des compétences techniques nécessitant des expertises et des formations spécifiques. Ce qui nécessitera des soldats ayant une appétence pour la technologie afin d'être affectés à leur pilotage.
- Une remise en cause d'une planification trop précise des capacités robotiques au sein des programmes d'armement de long terme. Tout comme l'informatique, le robot doit être considéré comme un outil indissociable et évolutif de la manœuvre militaire étant donné la variété de forme et d'usage qu'il peut adopter. En conséquence, il devient inadéquat pour un programme de circonscrire temporellement le type de systèmes robotiques utilisables et la doctrine d'emploi adaptée, mais il convient d'être réactif dans l'expression de nouveaux besoins et d'emploi de ces systèmes. Autrement dit, ne pas s'interdire de considérer en boucle courte des solutions robotiques innovantes en fonction des technologies duales mises à disposition dès à présent et demain dans le monde civil. C'est le cas du programme *Scorpion* ⁽⁵⁾ qui devra laisser une place à de futures capacités robotiques nouvelles et innovantes, et être réactif pour les inclure même une fois déployé.
- Un maintien à la pointe de la technologie. De la même façon, un robot est un outil qui s'accommode très mal des temps de cycles des programmes d'armement actuels ou des phases de planification à long terme. L'obsolescence des composants technologiques étant estimée ici à 6 années, ce qui est le temps de mise en dotation d'un ordinateur au sein de l'armée française, il convient de mettre à niveau très régulièrement les plateformes robotiques avec les technologies du moment. Actuellement le *Véhicule de l'avant blindé (VAB)* a été en dotation plus de 40 ans. Si un châssis de

(5) Programme dont la DGA assure la maîtrise d'ouvrage qui vise à moderniser les Groupements tactiques interarmes (GTIA) afin d'accroître dans une approche globale et cohérente leur efficacité et leur protection, en utilisant au mieux les nouvelles capacités d'échanges d'informations. Source : DGA (www.defense.gouv.fr/dga/).

plateforme robotique pourrait être utilisé longtemps, il faut en revanche revoir complètement la partie « composants embarqués » toutes les X années pour les plateformes de grande taille. Avec standardisation des interfaces pour modularité.

Pour ce qui est de la dotation de ces équipements au sein des unités, une adaptation pour la mise à disposition de ces matériels est indispensable, malgré les efforts d'ajustement des processus et usages en cours.

- Des moyens de transport pour chaque système robotique embarqué. Si aujourd'hui il n'est pas ou peu prévu d'emplacement dans nos équipements militaires pour le transport des robots, il faudra transporter ces systèmes et leur assurer une base de remise en condition matérielle et entretien. Cette préoccupation peut être un frein très notable au déploiement de ces systèmes. *A minima*, il nous semble que la mise à disposition d'un moyen de transport supplémentaire à l'échelon de la compagnie est nécessaire pour les plateformes d'un certain volume, ainsi que l'ajout de coffres ou d'espace de rangement sur certains véhicules existants pour les robots de moindre taille, voire de plateformes d'envol pour les *UAVs* sur les superstructures.

- Entre les exigences de rusticité et de manœuvrabilité, et les avantages qu'apporte l'emploi de ces systèmes, des choix devront être effectués en amont de chaque mission. Les besoins en robotique seront donc « modulables » en fonction de celle-ci : on peut ainsi envisager un *pool* de robots conservés sur une base opérationnelle (type *FOB* – base avancée) que le chef militaire configure et embarque selon le besoin.

- Une relative autonomie de gestion des moyens de maintenance de ces robots par les unités (possibilité de production de pièces de rechange par des imprimantes 3D sur le terrain).

Enfin, ces systèmes impliquent potentiellement une **révolution au sein même des unités militaires** :

- Au niveau des unités opérationnelles, l'emploi des robots pourrait être soit effectué par les unités constituées, soit réservée à des groupes de combat robotisés en appui et soutien des autres groupes de combat. La création de groupes de combat robotiques semble particulièrement pertinente pour des systèmes robotiques nécessitant une expertise d'emploi et une concentration forte pour leur pilotage, ce qui requiert de mettre en second échelon leurs utilisateurs œuvrant en appui ou soutien des autres unités.

- Pour les systèmes robotiques spéciaux, il convient pareillement de penser la création de régiments ou de compagnies robotisées en charge de ces matériels spécifiques : par exemple, une compagnie de robots armés de combat au contact pourrait être projetable sur tout point du front, et mise à la disposition de la brigade ou de la division. Une tactique d'emploi interarmes devra encadrer leur mise à disposition et leur utilisation.

- La suprématie de l'espace aérien robotique est une des clefs de la maîtrise du champ de bataille du futur, l'utilisation des drones tactiques devenant indispensable

dans les opérations militaires de demain. Si actuellement le 61^e Régiment d'artillerie (RA) est en charge des drones tactiques de l'armée de Terre, on peut tout à fait envisager la création d'un ou plusieurs autres régiments de ce type afin d'assurer l'occupation de l'espace aérien basse altitude par les forces terrestres dans toutes les opérations où la France est engagée.

La vraie question : l'autonomie dans la décision de tir

Reprenant ici les propos du même auteur dans la *Revue Défense Nationale* de juin 2016 ⁽⁶⁾, la question fondamentale qui concentre l'attention lorsque l'on parle de létalité en robotique militaire concerne l'autonomie dans la décision de tir. Or, il semble tout à fait inéluctable que des systèmes d'armes létaux ayant une certaine forme d'autonomie supervisée pour la décision de tir verront le jour dans les prochaines décennies car ils offrent tout simplement les avantages suivants sur le plan défensif :

- Ils sont plus rapides que l'homme sur le plan de la réactivité et du traitement de la menace.
- Ils permettent de faire face à des attaques saturantes.
- Ils peuvent opérer 24h/24 avec une grande constance, là où l'homme est sujet à la fatigue et à l'inattention.

Il est néanmoins fondamental que le chef militaire qui les emploie conserve la maîtrise de leur usage et de leur contrôle. Leur autonomie sera donc supervisée, ce qui qualifie ces systèmes de Salsa (Systèmes d'armes létaux semi-autonomes). De tels systèmes ne devront passer en mode « tir semi-autonome » que sur décision d'un opérateur humain, à savoir un décideur militaire formé à ces questions. Ce dernier le fera selon sa connaissance de la menace, du milieu et des règles d'engagement ainsi que de la situation tactique. Il y engagera sa responsabilité. Il donnera, en outre, les conditions d'activation et les contraintes à respecter par ces systèmes, tout en bornant leur activation dans le temps et dans l'espace. Il devra pouvoir également désactiver ce mode « tir semi-autonome » à tout moment, ce qui implique une communication constante avec la machine, ce qui – encore une fois – fait sortir ces systèmes de la catégorie pleinement autonome.

Notons enfin que certains espaces semblent plus propices que d'autres pour leur utilisation : les domaines aérien, marin et sous-marin, désertique ou souterrain. À l'inverse, le milieu urbain ne paraît pas approprié car il est déjà extrêmement difficile pour un homme de pouvoir discriminer et caractériser le comportement d'une cible potentielle dans un milieu aussi intense et hétérogène, avec un risque de non-maîtrise trop élevé.

(6) BOISBOISSEL (DE) Gérard, « De l'autonomie dans les systèmes robotiques militaires et de la place de l'homme », *Revue Défense Nationale*, juin 2016, p. 142.

*

**

Nous assistons aujourd'hui aux prémices d'une véritable révolution dans l'art de faire la guerre. La raison en est la numérisation des équipements militaires, permettant de déporter de façon active et mobile des capteurs et effecteurs en tout point du champ de bataille et ainsi réduire le danger pour le combattant. Les outils deviennent intelligents et leur utilisation sera prédominante en amont de l'action militaire pour voir l'ennemi et anticiper avant lui la manœuvre, puis au cours de la bataille pour réagir plus vite et plus précisément que lui.

La semi-autonomie de ces systèmes va permettre une omniprésence de l'action robotique, qui s'adaptera au terrain et aux conditions pour remplir la mission qui leur aura été confiée par les chefs militaires.

Mais il faut accompagner cette révolution. Pour ce faire, la simulation est un excellent outil, car elle permet de tester de nouvelles méthodes de combat sur des jeux de plateau (*wargames*) ou des simulateurs. Ce travail éminemment prospectif devra être effectué sous l'impulsion et le contrôle des états-majors, et des directions des études et de la prospective de chaque Arme, lesquels auront l'expérience et le poids décisionnel nécessaire pour orienter les choix de nos Armées après une analyse globale des enjeux de l'intégration de la robotique (par exemple, dans le combat du SGTIA *Scorpion* pour l'armée de Terre) effectuée avec le soutien d'organismes tels que la Direction générale de l'armement (DGA) et de la Section technique de l'armée de Terre (STAT), et sous réserve de développer une intelligence économique qui nous permette d'avoir une autonomie... industrielle en la matière !

Il reste que c'est l'intention du chef qui donne sens à l'action militaire qui va prévaloir dans l'usage de la machine. En fonction des circonstances, des menaces, de la mission et des règles d'engagement, c'est lui qui décidera de l'emploi de ces systèmes, en garantira la maîtrise d'utilisation et en assurera la responsabilité. ♦

L'autonomie des robots terrestres militaires est-elle pour demain ?

Joël MORILLON

Directeur général délégué de Nexter Robotics et en charge de la coordination de l'activité robotique du groupe, consacrée aux applications de Défense, Sécurité et Secours.

Depuis la première utilisation significative de robots terrestres dans des conflits ouverts en Irak puis en Afghanistan comme réponse partielle à certaines spécificités du combat asymétrique, les progrès technologiques fulgurants accomplis semblent prédire aux robots terrestres militaires une future place dans le combat aéroterrestre bien au-delà de celle d'un simple outil, aussi polyvalent soit-il. Jusqu'où cette évolution conduira-t-elle ces systèmes et à quel horizon ? Quelle autonomie peut-on en attendre ? Pour quelles tâches ? Et quels seront alors les rôles respectifs du robot et de l'homme dans le combat de demain ? Voici quelques-unes des questions auxquels les paragraphes suivants tentent d'apporter des éléments de réponse pragmatiques, construits sur la vision réaliste d'un fabricant de robots militaires.

Quels robots et pour quelles tâches

Les robots considérés ici sont cadrés par la définition de l'édition 2010 du PP30 ⁽¹⁾, qui propose de qualifier ainsi les systèmes présentant les trois caractéristiques fondamentales suivantes :

- le déport ou l'absence temporaire d'intervention de l'opérateur humain qui contrôle ou met en œuvre le matériel ;
- la réutilisabilité (au moins souhaitée) ;
- la mobilité.

On s'affranchit ainsi de certains débats philosophico-militaires qui sortent du cadre de la réflexion : pour nous, un missile n'est pas un robot, pas plus qu'une mine à déclenchement sélectif ou un autopilote d'avion ou encore les multiples automatismes enfouis dans les engins de combat, notamment les assistances au tir.

Pour être exhaustif dans la définition, il convient néanmoins de compléter les 3 caractéristiques précédentes par la capacité du robot à emporter et mettre en œuvre

(1) Plan prospectif à 30 ans du ministère de la Défense : DGRIS, *Horizons stratégiques*, janvier 2017 (www.defense.gouv.fr/dgris/recherche-et-prospective/prospective-de-defense/horizons-strategiques).

L'autonomie des robots terrestres militaires est-elle pour demain ?

une charge utile de nature quelconque (armement compris), couplée plus ou moins étroitement au vecteur proprement dit (le porteur mobile). Cette charge utile définit la ou les missions auxquelles le robot va contribuer pour maintenir le personnel éloigné du danger ou pour le décharger des tâches sans réelle plus-value opérationnelle, mais également pour permettre de nouveaux modes d'action locaux susceptibles de créer la surprise qui permettra de l'emporter.

La figure ci-contre synthétise une segmentation des principales tâches où les robots ont un rôle à jouer en fonction de leur gabarit. Bien que les applications citées ne soient pas exhaustives et les frontières entre les classes non figées, cette classification permet de présenter une vue de l'éventail considéré.



FIGURE 1 : Une segmentation des robots militaires

Historiquement, les premières utilisations massives de robots visaient à préserver le personnel des Engins explosifs improvisés (EEI) ou à fournir une assistance dans la reconnaissance de lieux confinés. Il s'agissait majoritairement de petites machines télécommandées, de moins de 50 kg, équipées de caméras (reconnaissance) et/ou d'un bras manipulateur (EEI) prolongeant les capacités de perception ou d'action de l'opérateur humain. Elles ont été déployées en plusieurs milliers d'exemplaires sur les théâtres afghans et irakiens. Elles ne disposaient clairement d'aucune autonomie de quelque sorte que ce soit, tout au plus de quelques automatismes destinés à simplifier le contrôle déporté (commande coordonnée du bras manipulateur, détection d'un obstacle sur la trajectoire, etc.).

De quelle autonomie parle-t-on ?

La notion d'autonomie appliquée aux robots militaires porte à ce jour à confusion dans la mesure où ce terme est utilisé pour décrire un éventail de caractéristiques allant du simple automatisme local à une hypothétique Intelligence artificielle (IA) dotée de conscience. Difficile en effet de comparer un simple chariot filoguidé qui rejoue encore et encore une même trajectoire pour accomplir sa tâche de transport logistique, à des assistants (tels *Google Assistant*, *Alexa* d'Amazon ou encore *Siri* d'Apple) qui, parce qu'ils ont accès en temps réel à une somme gigantesque de connaissances, donnent l'impression de rivaliser avec l'intelligence humaine. L'ambiguïté (voire le malaise) est encore plus forte quand ces logiciels sont intégrés dans une enveloppe humanoïde, telle que *Sophia* en Arabie saoudite, premier robot au monde à posséder une citoyenneté, ou encore les robots policiers récemment entrés en service à Dubaï, qui associent un humanoïde *REEM* de chez PAL Robotics et l'IA *Watson* d'IBM. Si ces deux-là n'ont pas la mobilité que l'on attend d'un système de combat, rien n'empêcherait d'intégrer des IA similaires dans des machines telles qu'*Atlas* de Boston Dynamics (États-Unis) ou encore *FEDOR (Final Experimental Demonstration Object Research)* de la société Android Technics (Russie). On disposerait alors de

L'autonomie des robots terrestres militaires est-elle pour demain ?

systèmes à l'allure anthropomorphe, puissants, rapides, dotés d'une mobilité proche voire supérieure aux capacités humaines et capables d'intégrer au fil de l'eau les progrès fulgurants de l'IA. On pénètre alors dans la « vallée de l'étrange »⁽²⁾, théorisée par Masahiro Mori en 1970, matérialisée par l'angoisse qui envahit l'humain quand il se trouve en contact avec un objet qui lui ressemble, que ce soit physiquement ou sur le plan comportemental. La machine initialement conçue à l'image de l'homme pour susciter de l'empathie et faciliter son acceptation, devient ainsi un objet de frayeur qui conduit à son rejet⁽³⁾. Ce constat pourrait d'ailleurs à terme pousser à une approche moins anthropomorphique de la robotique afin de maintenir une « distance de confort » entre la machine et son créateur.

Pour l'heure, la tendance est d'exploiter tous les progrès technologiques récents, notamment en IA, pour passer des robots-outils de première génération utilisés en Irak ou en Afghanistan à des systèmes plus évolués.

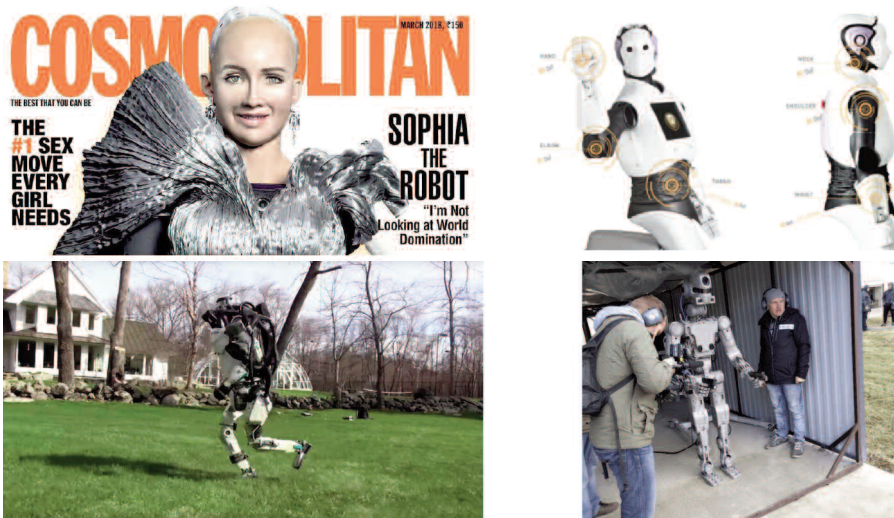


FIGURE 2 : Des robots humanoïdes qui posent question (de gauche à droite et de haut en bas : *Sophia*, citoyen d'Arabie saoudite, Reem robot policier à Dubaï, *Atlas* de Boston Dynamics et *FEDOR* créé par Android Technics)

Pour autant, cela mènera-t-il à un robot autonome, au sens propre du terme ? Étymologiquement, autonomie signifie « capacité à être gouverné par ses propres règles ». C'est, à ce jour, techniquement inaccessible et, même si cela devenait possible à un horizon plus ou moins lointain, ce n'est certainement pas la vision que les opérationnels ont d'un robot militaire ; il convient donc de considérer des définitions alternatives mieux adaptées au domaine.

(2) MORI Masahiro, « La vallée de l'étrange » (traduit par Isabel Yaya), *Gradhiva* n° 15, 2012, p. 26-33 (<https://journals.openedition.org/gradhiva/2311>).

(3) Emmanuel GRIMAUD (chercheur au CNRS, commissaire de l'exposition "Persona") cité par LOYEN Marine, « Robots humanoïdes : une inquiétante étrangeté », *Inriality*, 24 juin 2016 (www.inriality.fr/culture-loisirs/reactions-homme-robot/robophobie/robots-humoïdes-une/).

L'autonomie des robots terrestres militaires est-elle pour demain ?

L'IEEE « *Global initiative on Ethics of Autonomous and Intelligent Systems* »⁽⁴⁾ explore différentes dimensions de l'autonomie : « un agent X est autonome vis-à-vis d'une règle s'il peut violer cette règle », « un agent X est autonome vis-à-vis d'un agent Y [...] si X peut refuser un ordre de Y »... ; ce n'est probablement pas non plus ce qu'on attend d'un robot militaire autonome.

Finalement, nous retiendrons plutôt la définition de la *MCDC*⁽⁵⁾ qui semble l'une des plus acceptables, à savoir : « L'autonomie est la capacité d'un système ou d'une fonction à agir sous la supervision d'une programmation humaine, selon ses tâches, ses règles, ses états internes et ses connaissances, sans intervention extérieure ». Au contraire des deux autres, cette dernière formulation ne sous-entend plus à terme une opposition plus ou moins inéluctable des volontés de l'homme et du robot, qui ne pourrait conduire qu'à l'affrontement entre une conscience humaine exubérante, quelquefois imprévisible, et une logique calculatoire exclusivement rationnelle.

Cette définition d'une « autonomie sous contrôle », qui est bien ce que l'on attend d'un robot terrestre militaire, correspond en fait plutôt à un système hétéronome (inverse d'autonome dans une approche philosophique), dans le sens où le robot reste gouverné par des règles extérieures, en l'occurrence définies par l'homme. En aucun cas, le robot militaire ne sera censé interagir avec le monde selon ses propres règles, motivations, voire « morale ».

Hétéronomie globale et autonomie locale

Si l'hétéronomie doit rester la règle au niveau du comportement global du robot, une certaine autonomie peut redevenir acceptable, voire souhaitable, quand il s'agira de traiter des situations locales et ponctuelles à l'intérieur d'un cadre de délégation préétabli par l'homme.

Selon la motivation originelle de son existence, le robot est destiné à intervenir en lieu et place de l'humain, non seulement pour limiter les risques de pertes humaines mais aussi pour gagner en efficacité. Ainsi, la robotisation doit générer des capacités nouvelles, dépassant celles permises par les solutions « classiques » jusqu'alors déployées.

Si on en restait à ces finalités macroscopiques, on serait en droit de considérer que la seule télé-opération (télécommande) apporte une réponse potentiellement satisfaisante et peut de ce fait rester le mode de contrôle nécessaire et suffisant : l'opérateur reste éloigné de la menace et opère à distance un robot mobile doté de moyens de perception ou d'action divers, y compris avec des capacités nouvelles parce que l'absence locale de l'homme aura permis d'éliminer certaines limitations jusqu'alors incontournables (de taille, de protection, d'endurance, etc.). Et, en effet, la très grande

(4) *A Glossary for Discussion of Ethics of Autonomous and Intelligent Systems*, Version 1, octobre 2017, 111 pages (https://standards.ieee.org/content/dam/ieee-standards/standards/web/documents/other/eadv2_glossary.pdf).

(5) *Multinational Capability Development Campaign* : « *A system's capacity to act under supervision of human programming, according to desired goals, precepts, internal states, and knowledge, without outside intervention* ».

L'autonomie des robots terrestres militaires
est-elle pour demain ?

majorité des robots terrestres utilisés à ce jour est encore exclusivement télé-opérée ; quelles sont alors les raisons qui poussent à rechercher une plus grande autonomie de ces machines ?

Une première motivation vise à réduire la charge de travail des opérateurs, en partant du principe que toutes les tâches que la machine peut prendre en charge efficacement, redonnent à l'homme une disponibilité qu'il va pouvoir affecter aux tâches à plus forte valeur ajoutée susceptibles d'impacter directement l'efficacité de la mission opérationnelle.

La multiplication prévisible du nombre de robots et de drones sur le champ de bataille futur ne devra pas (et ne pourra pas) s'accompagner d'une augmentation identique du nombre d'opérateurs dédiés à leur contrôle individuel ; moins d'humains pour superviser davantage de robots implique obligatoirement une « certaine » autonomie de fonctionnement de ces derniers.

Une autre raison qui pousse à confier au robot le traitement local de certaines actions, provient des limitations de la liaison, en général hertzienne, qui le relie à l'opérateur distant. Dans le cas d'une « simple télé-opération », ce lien doit offrir les performances permettant une immersion de l'homme dans l'environnement du robot afin qu'il dispose d'une conscience de la situation locale lui permettant de prendre les meilleures décisions en temps réel. Cela concerne autant le déplacement du robot dans un environnement initialement inconnu, que les aspects propres à la tâche opérationnelle, quelle qu'elle soit. La présence de deux opérateurs, l'un dédié à la mobilité, l'autre aux Modules mission, est une solution permettant de répartir la charge de travail ; acceptable dans le cas de drones Male ou Hale (Moyenne ou Haute altitude, longue endurance), elle n'est néanmoins pas envisageable dans le cas de systèmes terrestres destinés à être employés en grande quantité. Ainsi, une télé-opération robuste doit s'appuyer sur un lien radio qui doit offrir :

- Une bande passante élevée, afin de transmettre les informations acquises par les différents sous-systèmes embarqués, en particulier les X voies vidéos des caméras utilisées pour le déplacement et la mission.
- Une latence faible, notamment en cas de déplacement du robot à vitesse élevée, afin de maintenir la stabilité de la boucle de pilotage à distance.
- Une robustesse du lien face aux aléas de l'environnement (notamment en milieu urbain), au brouillage éventuel, aux tentatives d'intrusion, etc. Les aspects liés à la Sécurité des systèmes d'information (SSI) sont fondamentaux pour atteindre le niveau de crédibilité requis pour un emploi opérationnel.

Les technologies radio progressent rapidement et on voit apparaître des solutions de communication spécifiquement conçues pour répondre aux besoins des systèmes robotisés. Néanmoins, même si les performances s'améliorent, la liaison hertzienne entre l'opérateur et le robot restera encore longtemps un point de vulnérabilité du système télé-opéré.

La capacité à confier au robot certaines actions qu'il serait capable d'exécuter sans la présence permanente d'un opérateur humain dans la boucle de contrôle constitue une réponse possible aux problématiques identifiées ci-avant. Mais on considère ici une autonomie locale qui s'apparente plutôt à des assistances fournies à l'opérateur pour alléger ponctuellement sa charge de télé-opération. On parlera alors de télé-opération assistée ou d'autonomie supervisée.

Il est à noter que la capacité du robot à exécuter quelques tâches en autonomie, ne dispense pas de maintenir un lien radio avec l'opérateur afin qu'il puisse « garder un œil », voire intervenir, sur les actions menées à distance ; mais il s'agit alors davantage d'une capacité à rendre compte, qui n'impose plus dans la durée le même niveau de performances au lien hertzien.

Autonomie de mobilité... avant autonomie décisionnelle

Quand on parle de robot mobile, le premier besoin d'assistance pour un premier stade d'autonomie locale, porte bien évidemment sur la mobilité. Il apparaît en effet souhaitable que le robot puisse prendre en charge une partie de son déplacement, notamment dans les phases d'approche pré-tactiques situées en dehors du cœur critique de la mission. Au-delà de la finalité visant à décharger l'opérateur, il s'agit aussi d'améliorer la performance du déplacement et d'en limiter le risque ; le déport de l'opérateur implique en effet une perte dans les informations qu'un pilote embarqué exploite habituellement (typiquement les retours kinesthésiques qui lui permettent de « sentir » les forces exercées sur son véhicule, et ainsi d'adapter en conséquence les consignes de vitesse et direction). La mise en œuvre d'automatismes et de mécanismes de sécurité locaux permet de compenser en partie cette perte induite par le déport du pilote ; l'exemple d'un tel mécanisme réflexe embarqué est constitué par le « bridage vitesse sur direction », dont le but est d'empêcher le renversement du robot si l'opérateur déporté lui demande d'exécuter un virage serré à une vitesse qui ne le permet pas. Ces mécanismes de sécurité restent au niveau d'automatismes classiques (voir Figure 3).

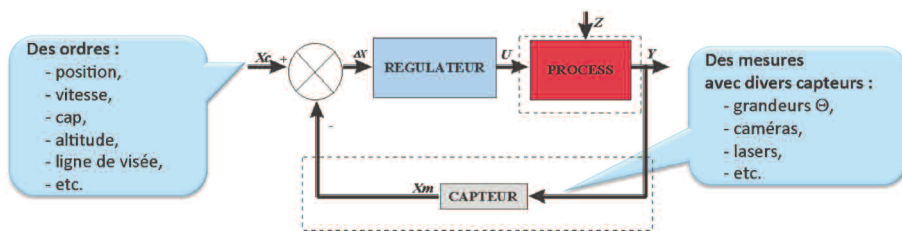


FIGURE 3 : Des boucles automatiques classiques qui concourent à l'autonomie locale

Ces mêmes principes d'asservissement bouclés sont également à la base des assistances de plus haut niveau qui vont contribuer à atteindre une autonomie de mobilité locale et ponctuelle ; des exemples de telles assistances sont :

L'autonomie des robots terrestres militaires est-elle pour demain ?

- l'apprentissage et le rejeu de trajectoires (par exemple pour les robots ronds) ;
- le suivi en convoi (notamment pour les applications logistiques) ;
- le suivi automatique de bords de voie (utile en Ouverture d'itinéraire piégé) ;
- le suivi de personnel, de clôture... ;
- le ralliement d'amer ⁽⁶⁾ visuel ;
- etc.

Ces capacités d'autonomie locale peuvent être activées à la demande de l'opérateur distant (ou embarqué dans l'un des véhicules proches) et enchaînées séquentiellement selon les besoins de la mission, les caractéristiques de l'environnement ou encore leurs performances intrinsèques.

Dans le domaine civil, les progrès rapides de la voiture autonome sont en partie applicables aux robots terrestres militaires et permettront de disposer à un horizon de 5 à 10 ans d'une bibliothèque d'assistances telles que décrites précédemment. L'environnement opérationnel dépasse cependant largement celui du monde structuré et normé où évoluent les véhicules civils, et il est impératif d'étendre les résultats issus du monde automobile pour amener leur exploitation opérationnelle au niveau de crédibilité requis.

L'un des enjeux majeurs pour « oser » une autonomie de mobilité en milieu ouvert non structuré commence par une gestion satisfaisante des obstacles du milieu naturel. À ce jour, il n'existe aucune solution aboutie garantissant un déplacement sécuritaire dans un tel environnement (avec des performances au moins égales à celles d'un pilote embarqué). Les conditions de perception défavorables (incidence rasante, conditions météorologiques variées, etc.) rendent notamment difficile la détection anticipée des obstacles négatifs (trous). Dans le cas d'un pilote embarqué, elles sont partiellement compensées par la gestion continue du risque qu'il fait en s'appuyant sur sa connaissance du monde (on sait qu'il peut y avoir des fossés le long des routes, alors même que la présence d'herbes hautes empêche de les percevoir), de son expérience de l'environnement et de sa maîtrise du véhicule. Les récents progrès de l'IA pourront très certainement permettre d'améliorer la prise en compte de cette dimension par les futurs systèmes robotisés. Des solutions de niveau « Architecture système » sont aussi explorées ; par exemple, l'emploi coordonné d'un microdrone à l'avant du robot, qui pourrait scruter le terrain de manière anticipée (et cette fois avec des conditions de perception favorables vis-à-vis des obstacles négatifs).

Cette brève analyse rappelle qu'il reste encore beaucoup à faire avant d'aboutir à une simple autonomie locale de déplacement sécuritaire en environnement non



FIGURE 4 : Concept de convoi logistique automatisé évalué par l'Armée américaine (exercice *Advanced Warfighting Assessment* à Fort Bliss, 2016)

(6) Point de repère fixe et identifiable sans ambiguïté pour la navigation en mer.

structuré. On n'imagine pas de solution mature « toutes conditions » avant encore plusieurs années, et il est important de traiter en priorité ces fondamentaux afin de créer le « socle de crédibilité » qui permettra de consolider les prochaines étapes vers les niveaux d'autonomie locale et d'hétéronomie globale souhaités.

Sur le plan de l'Autonomie décisionnelle, que nous n'évoquons pas ici, les progrès de l'IA permettront également de disposer rapidement d'aides à la décision ; néanmoins, même si les capacités d'analyse sous-jacentes étaient vraisemblablement au rendez-vous, elles devront pouvoir être canalisées par l'homme afin qu'il garde la maîtrise de la mission et des effets à obtenir. Ainsi, de la même manière que pour atteindre l'autonomie de mobilité, on peut imaginer la définition d'un chenal de navigation dans lequel le robot serait autorisé à se déplacer pour choisir une trajectoire locale optimale, on peut concevoir pour l'autonomie décisionnelle un chenal de décision dans lequel la machine serait autorisée à prendre une décision locale. Les outils qui permettraient de concrétiser un tel cadre de délégation restent cependant encore à évaluer.

Par ailleurs, une véritable autonomie décisionnelle nécessiterait que le Système robotisé puisse gérer l'ensemble du processus « Perception – Analyse – Décision – Action ». Or, pour ne considérer que l'entrée de la chaîne, s'il existe des moyens de Perception et d'analyse très performants dans un domaine de fonctionnement restreint (par exemple pour de la détection d'intrusion), il reste très difficile pour un même système de percevoir et d'interpréter correctement un spectre de situations potentiellement infini.

Le système autonome (sans mobilité) Samsung Techwin *SGR-AI* déployé à la frontière entre les deux Corée dispose effectivement de capacités de perception (détection d'un mouvement), d'analyse (c'est un humain non menaçant), de décision (ce n'est pas un ennemi, pas de tir) et d'action (informer le superviseur humain). Un tel emploi n'est cependant possible que parce que le système est déployé dans une zone et un contexte simplifiés ; c'est loin d'être toujours le cas et les IA ne disposent pas à ce jour de la capacité à aborder des situations complexes. Dans le cas du *SGR-AI*, l'action de lever les bras doit normalement conduire à l'inhibition du processus d'engagement létal automatique, mais l'analyse simplifiée de cette posture (voir FIGURE 5) n'analyse pas, par exemple, la présence éventuelle d'une arme entre les mains de l'intrus.



FIGURE 5 : Samsung Techwin Co *SGR-AI* capable d'analyser une menace et d'engagement automatique, dans le *no man's land* séparant la Corée du Nord et la Corée du Sud

L'autonomie des robots terrestres militaires est-elle pour demain ?



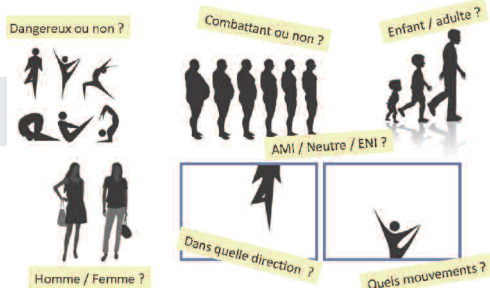
Des conditions hautement variables

FIGURE 6 : Complexité de la perception et de l'analyse de scène à la base des processus décisionnels

Il ne faut donc pas perdre de vue qu'une perception de qualité et une interprétation correcte de la scène perçue restent indispensables pour alimenter les processus décisionnels avec des données d'entrée fiables, indépendamment de l'efficacité des processus en question et des progrès de l'IA à la base de leur fonctionnement.



Ou est l'ennemi ?



Normalisation de l'imperfection technique

Une autonomie locale, cadrée par une hétéronomie globale, reste indispensable pour que le robot terrestre militaire acquière la crédibilité nécessaire à une utilisation opérationnelle élargie. L'analyse précédente a cependant montré que les limitations technologiques restent nombreuses, ce qui repousse d'autant plus loin la disponibilité d'un système robotisé autonome (localement), qui offrirait le niveau de robustesse suffisant. Le robot capable de gérer toute la diversité des situations susceptibles d'être rencontrées sur le terrain, même limitées par l'aspect local et ponctuel de l'autonomie ciblée, n'est pas pour demain.

Partant de ce constat réaliste, deux attitudes sont possibles :

- Attendre pour introduire des robots autonomes que la maturité technique ait atteint le niveau suffisant : cela risque de prendre beaucoup de temps, d'autant plus qu'il paraît difficile de caractériser le seuil d'acceptabilité de la performance qui permettra de franchir le seuil.
- Accepter les limitations techniques et concevoir un système qui les intégrera de base comme des caractéristiques nominales intrinsèques à son fonctionnement.

Cette dernière approche conduit notamment à ne plus considérer le robot comme un outil parfait au service de l'homme, mais comme l'une des deux composantes du système homme-robot, dans lequel l'un et l'autre interviennent au prorata de leur position respective (l'homme reste le décideur du niveau global) et de leurs compétences locales courantes. Dans cette approche, l'homme et le robot peuvent

avoir des rôles plus symétriques. C'est le concept d'« autonomie ajustable »⁽⁷⁾, qui fait référence à un partage des tâches entre l'opérateur et le robot qui peut être variable selon un certain nombre de critères. On cherche à adapter en permanence la répartition de ces tâches afin que les performances du « couple » soient toujours proches de l'optimal ; schématiquement, l'homme gère les situations et raisonnements complexes, la machine gère les tâches nécessitant de manipuler rapidement de grandes quantités de données.

- La répartition peut être le souhait de l'opérateur et évoluer au cours d'une même mission : il peut ainsi reprendre la main (télé-opération) sur une phase de déplacement local autonome, quand il le souhaite.
- La répartition peut être un partage permanent de certaines tâches : par exemple, le robot prend en charge la mobilité autonome pendant que l'opérateur concentre son attention sur les images transmises par le module d'observation embarqué, afin de détecter un événement anormal.
- La répartition peut être le résultat d'une demande du système robotisé lorsque celui-ci estime, grâce à des processus d'autoévaluation internes, qu'il n'est plus en mesure de gérer l'autonomie du déplacement qu'il lui avait été demandé de prendre en charge. Dans ce cas, il peut solliciter l'opérateur pour reprendre le contrôle en télé-opération. Ainsi, la défaillance d'un algorithme n'est plus une cause d'échec de la mission, mais correspond à un état prévu dans le fonctionnement nominal du système ; il devient ainsi possible d'intégrer des algorithmes « non idéaux », dès l'instant où ils savent s'autoévaluer et identifier leurs propres limites. Cette approche permet de profiter au plus tôt des progrès technologiques puisqu'il n'est plus nécessaire d'attendre une perfection hypothétique pour les exploiter.
- La répartition peut enfin être ajustable sur le long terme, au fil des missions, en fonction de la maturation technologique : ainsi, certains déplacements dans un environnement complexe qui doivent à ce jour rester gérés en télé-opération pour des raisons de performances, pourront demain être assumés par les automatismes embarqués lorsque la technologie aura suffisamment progressé.

Tous ces mécanismes conduisant à l'ajustement continu des rôles entre l'homme et la machine, nécessitent aussi la prise en compte de nombreux facteurs psycho-ergonomiques. Par exemple, il n'est pas question de changer de mode de contrôle dans n'importe quelle situation, la continuité du déplacement doit être garantie,

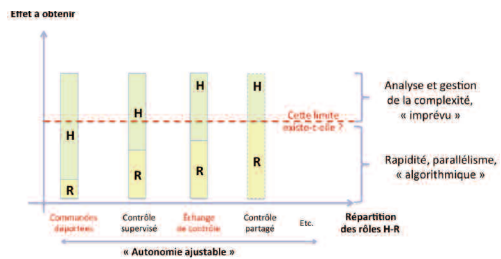


FIGURE 7 : Exemple d'évolution possible de la répartition des rôles entre homme (H) et robot (R)

(7) DANET Didier, DOARÉ Ronan et MALIS Christian, *L'action militaire terrestre de A... à Z...*, Économica, 2015, 612 pages.

L'autonomie des robots terrestres militaires
est-elle pour demain ?

l'opérateur garde la priorité des choix, le comportement du système robotisé doit rester prévisible en toutes circonstances, etc. Un effort conséquent est donc porté sur les interactions homme-système, afin de créer le couplage étroit nécessaire à des performances optimales.

Dans le temps, cette approche s'inscrit donc dans une évolution potentiellement continue du robot purement télé-opéré vers un système localement totalement autonome ; on considère les capacités autonomes plutôt comme des assistances que l'homme est libre d'exploiter ou non lorsqu'il le souhaite. La télé-opération n'apparaît plus comme une capacité antique dont il faut absolument s'affranchir, mais reste un mode de contrôle parmi d'autres, qui pourra être celui offrant les meilleures performances dans certaines situations, notamment quand les assistances autonomes se seront déclarées défaillantes. L'autonomie n'est une finalité ni techniquement atteignable à ce jour, ni opérationnellement souhaitable à terme ; dans un objectif d'hétéronomie, le niveau d'autonomie locale doit aussi rester sous contrôle humain dans le seul but d'augmenter la performance opérationnelle globale du système homme-robot. ♦

Les systèmes automatisés comme capacité nécessaire de l'action militaire terrestre

Gaëtan DUBOIS

Lieutenant-colonel. Bureau Plans de l'état-major de l'armée de Terre, chargé de la préparation de l'avenir sur les sujets robotiques

Hal (*2001, l'Odyssée de l'Espace*), *Terminator* ou R2D2 (*Star Wars*), le cinéma a contribué à alimenter l'imaginaire collectif sur les robots, rendant plus difficile le recul nécessaire à la réflexion. Objets de fascination du grand public, alimentant les fantasmes des uns et les craintes des autres, ils sont pourtant déjà dans notre paysage, et depuis longtemps.

Hier, cette capacité était échantillonnaire dans l'armée de Terre, essentiellement dans le domaine du déminage, non pas en raison d'un blocage éthique ou d'un défaut d'intérêt mais en raison de technologies trop limitées pour en généraliser la diffusion.

Aujourd'hui, dans un contexte d'évolution rapide des technologies de l'automatisation et de l'autonomie, les aptitudes des systèmes de drones ou de robots se développent et vont rapidement dépasser les limites des systèmes télé-opérés en service. L'automatisation de tâches militaires fastidieuses, dangereuses ou répétitives et qui n'accaparaient plus un opérateur spécialisé est aujourd'hui technologiquement envisageable. Cet élargissement des aptitudes des systèmes automatisés, aujourd'hui cantonnés à des tâches très spécialisées, ouvre des perspectives d'emploi sur l'ensemble de l'éventail des actions militaires.

Cette évolution technologique intervient dans une période où l'armée de Terre anticipe le durcissement de nos engagements futurs : « l'évolution des menaces viendra modifier en profondeur la conduite des opérations aéroterrestres des prochaines décennies. Elle entraîne dans son sillage des transformations du paysage guerrier qui remettront en question notre supériorité militaire, jusqu'alors difficilement contestable. (...) Cette évolution en cours débouchera naturellement sur la fin d'un « confort opératif » (...) l'avantage quantitatif retrouvera une nouvelle importance » ⁽¹⁾. Dans cette perspective, la défense de nos intérêts conjuguant à nos propres limites (vitalité démographique, compétitivité économique, référentiel politique...) nous oblige à saisir les

(1) ÉTAT-MAJOR DE L'ARMÉE DE TERRE (EMAT), *Action Terrestre Future (ATF) : demain se gagne aujourd'hui*, 2016 p. 13-14 (www.defense.gouv.fr/actualites/communaute-defense/action-terrestre-future-demain-se-gagne-aujourd-hui).

opportunités capacitaires que présentent les robots et les drones, et à en tirer tout le potentiel en tant que multiplicateurs d'efficacité opérationnelle.

Les premiers robots militaires dans le monde sont français... en 1915

En dépit du battage médiatique actuel sur le sujet de la robotique, qu'elle soit civile ou militaire, c'est loin d'être une nouveauté pour les armées françaises. Cette mémoire collective permet de remettre de la perspective sur un sujet parfois exagérément présenté comme nouveau. En 1915, les premiers robots sont mis en service au sein de l'Armée française. Il s'agit alors de franchir le *no man's land* et d'aller détruire rapidement les systèmes défensifs ennemis, réseaux de barbelés et tranchées. Ces missions font beaucoup de pertes humaines et le succès n'est pas toujours au rendez-vous.

Sous l'impulsion du ministère, les industriels vont développer deux systèmes la même année. D'un côté, la « Torpille » Gabet & Aubriot, robot électrique chenillé télécommandé et capable de transporter 200 kg d'explosifs dans les réseaux de barbelés. De l'autre, un robot plus petit, le « crocodile Schneider » lui aussi chenillé, capable de transporter 40 kg d'explosifs, mais qui, sans commande, devait être orienté au départ vers la cible. Produits en petites séries, ces robots trop peu connus ont pourtant constitué d'authentiques innovations, 25 ans avant le fameux *Goliath* allemand produit à plus de 7 000 exemplaires. Les drones ont les mêmes origines puisque dès 1916, les Britanniques développent un avion-cible, l'*Aerial Target* commandé à distance par TSF (Télégraphie sans fil). Un premier démonstrateur français suivra dès 1917.

Différents systèmes de robots et de drones furent développés ensuite, avec un avantage pour les drones qu'on retrouve aujourd'hui encore. Il peut s'expliquer par une télé-opération sans doute moins fastidieuse et par des performances relatives au milieu aérien comparativement meilleures par rapport au milieu terrestre (par exemple le franchissement de tous les types d'escaliers reste encore un défi en 2018).

Une autonomie à l'épreuve des caractéristiques des engagements terrestres

Si les robots et les drones ne sont pas une nouveauté, ce sont les travaux actuels sur l'automatisation et l'autonomie qui constituent un changement de situation. Ils permettront de dépasser les limites des systèmes télé-opérés. Ces progrès technologiques apporteront des évolutions fortes. Leurs effets seront particulièrement visibles pour les systèmes terrestres dont la télé-opération pèse le plus sur l'action militaire. En effet, aujourd'hui, mettre en œuvre un robot monopolise au minimum l'attention d'un opérateur, voire plus pour les systèmes intégrant une charge utile complexe à mettre en œuvre (cas de certains robots armés actuels avec deux télécommandes, une pour la mitrailleuse télé-opérée embarquée et l'autre pour la plateforme). L'heure n'est pas encore à la multiplication d'efficacité !

Pour autant, si les progrès de la robotique sont prometteurs, en particulier ceux de la robotique civile et des véhicules communément appelés « autonomes », la robotique militaire terrestre fait face à des problématiques bien particulières et éloignées des environnements plutôt normés des succès robotiques civils (routes balisées avec accès

GPS garanti ou entrepôts ultra-normés d'Amazon par exemple). La robotique militaire terrestre, tout en profitant des progrès issus des applications civiles, ne pourra être uniquement tirée par des technologies duales. La recherche et le développement sur les champs d'applications militaires de l'automatisation et de l'autonomie resteront une nécessité. C'est d'ailleurs pourquoi, la Direction générale de l'armement (DGA) et l'armée de Terre ont lancé le projet *Furious* qui vise à développer ces aspects. Cette problématique terrestre est rencontrée par toutes les armées du monde. La télé-opération ou à peine plus (suivi de trace *GPS*, détection automatique) est l'état de l'art connu des systèmes automatisés terrestres déjà déployés dans le monde. Ainsi, les systèmes étrangers, les drones de *Daech* larguant des grenades comme la tourelle automatisée *SGRAI* sud-coréenne dans la Zone coréenne démilitarisée (*DMZ*) ou bien le blindé *Uran 9* russe, correspondent à cet état de l'art.

Enfin, on ne peut pas parler d'autonomie en éludant les débats actuels sur les « robots tueurs » et les « armes autonomes ». Ces terminologies et ce qu'elles recouvrent n'ont pas de sens pour l'armée de Terre. En effet, dans tous les cas, l'action d'un soldat au combat s'inscrit dans une chaîne de commandement et un référentiel légal qui encadre les initiatives. Un « robot tueur » n'a donc pas plus de sens qu'un « soldat tueur ». La pleine autonomie des systèmes n'est pas un objectif capacitaire militaire qui fait sens aujourd'hui et qui ne devrait pas avoir de sens dans le futur sauf à changer en profondeur la nature de l'action militaire. Les systèmes automatisés agiront dans le cadre évoqué ci-dessus. Quelle que soit la sophistication de l'autonomie des systèmes opérationnels, celle-ci sera encadrée et contrôlée. Ce qui revient à dire qu'il y aura une limite à l'autonomie des robots et des drones du combat aéroterrestre.

Les systèmes automatisés, une nécessité pour un modèle d'armée aux capacités comptées

La physionomie des champs de bataille à venir fait peser de nouvelles exigences sur les forces aéroterrestres. Nous avons vu précédemment qu'elles coïncident avec des évolutions technologiques rapides dans le domaine des systèmes automatisés chez nos alliés comme nos adversaires y compris asymétriques. À l'instar d'autres technologies d'applications militaires, il est impératif que nous nous en emparions pour maintenir le rang opérationnel de l'armée de Terre parmi ses alliés et ne pas être déclassés. C'est d'autant plus impératif quand le facteur « Masse » redevient décisif ⁽²⁾. Ainsi en dépit d'un modèle complet, le format actuel de l'armée de Terre serait une limite dans l'éventualité d'engagements majeurs : « La masse des forces et de leurs soutiens demeure à un niveau historiquement bas, tant en termes d'effectifs que de matériels. Les marges de manœuvre et les capacités de redéploiement sont strictement limitées. (...). L'insuffisance de la masse critique disponible, malgré la montée en puissance de la réserve, limite la capacité de réaction et la liberté d'action militaire en cas de crise cumulative ou d'attaques multiples visant nos intérêts et le territoire national » ⁽³⁾.

(2) ATF, *ibid.*, p.38

(3) Chef d'état-major des armées François LECOINTRE, *Vision stratégique « pour une singularité positive »*, 21 septembre 2018, p. 7 (www.defense.gouv.fr/).

Le besoin de l'armée de Terre en systèmes automatisés terrestres et aériens, répondra à la problématique de l'évolution des engagements en multipliant l'efficacité opérationnelle :

- en améliorant sa compréhension de l'environnement, en participant à sa sûreté et en décelant l'ennemi au-delà de l'horizon pour l'engager plus efficacement (notamment avec la généralisation des drones dès les plus bas niveaux) ;
- en préservant son potentiel pour lui permettre d'être engagée dans les meilleures conditions possibles et libérer des effectifs (« mules » pour décharger les fantassins d'une partie de leur charge sur des missions débarquées, robots d'appui pour augmenter la masse des éléments d'assaut, robots de surveillance et de protection, véhicules robotisés pour augmenter l'effectif débarqué...) ;
- en réduisant l'exposition de l'homme aux dangers du champ de bataille et la participation à des tâches fastidieuses utilement réalisables par des machines, au moins en partie (accroissement des capacités de déminage ou d'ouverture d'itinéraire automatisée, automatisation des convois logistiques, de la manutention...) ;
- à un horizon plus lointain, en augmentant l'efficacité individuelle et collective notamment à travers les systèmes équipiers et les systèmes multisystèmes (essaims et meutes).

En ce sens, les systèmes automatisés contribueront à la puissance du modèle d'armée. En effet, véritables multiplicateurs d'efficacité opérationnelle dès le niveau du combattant individuel, ils produiront des effets que l'homme seul ne peut réaliser. Ils contribueront directement et indirectement – par la libération d'effectifs et/ou en renforçant la capacité d'agression – à la réalisation d'effets de masse, facteur central de l'action terrestre future. Transverse à toutes les fonctions opérationnelles, la capacité « systèmes automatisés de l'armée de Terre » s'inscrira dans la cohérence globale du modèle d'armée. Sa cohérence propre ne s'opposera aucunement à celle de chacune des fonctions opérationnelles mais au contraire s'y inscrit en augmentant l'efficacité opérationnelle partout où cela sera réalisable. Les robots ne changeront pas la nature du combat d'infanterie, ni les drones celui de l'aérocombat.

Les limites d'une capacité insuffisante si employée seule

La pleine autonomie n'a pas de sens dans un cadre opérationnel. Le chef militaire doit pouvoir rester responsable de l'emploi et de l'usage qu'il fait des moyens automatisés dont il dispose, à l'instar des unités et moyens mis à sa disposition. La décision de mettre en œuvre des systèmes automatisés est, et demeurera, une prérogative humaine. De cette inscription dans la chaîne de commandement, découle la notion d'« homme dans la décision », complémentaire de celle de responsabilité humaine. Elle place l'homme au juste niveau dans le processus de mise en œuvre de systèmes automatisés : il décide de l'emploi et peut, dans certaines conditions et dans le respect des règles d'engagement, laisser la machine opérer. C'est d'ailleurs déjà le cas avec certains systèmes d'armes dont on choisit les conditions d'engagement et qui ont été qualifiées

avec des limites clairement définies (missiles, torpilles et autres munitions à usage unique). Le chef décide de leur emploi et du cadre espace-temps, en connaissance de cause et conformément aux règles d'engagement, mais il ne décide pas précisément de chacune des tâches du système. Ces principes de « responsabilité humaine » et « d'homme dans la décision » devraient être les idées-forces du développement capacitaire des systèmes automatisés de l'armée de Terre. Non seulement, comme évoqué précédemment, il y aura une limite à l'autonomie des systèmes opérationnels mais la place de l'homme sera essentielle.

Sur le plan éthique, la place de l'homme dans la guerre est la matrice des réflexions autour de la spécificité du soldat dans la Nation. Sa remise en question dans des actions de guerre sans implication ni prise de risque humain pourrait modifier cette spécificité et pourrait questionner la portée politique de telles actions militaires de la France, notamment aux côtés d'alliés ou vis-à-vis d'adversaires payant « le prix du sang ». En revanche la continuité de la chaîne de commandement et de la responsabilité permettra aux chefs opérationnels de ne jamais avoir à faire reposer le dilemme du choix entre deux mauvaises solutions sur un programme qui régit le comportement d'un robot.

Les systèmes automatisés sont aussi porteurs de nouvelles vulnérabilités qui devront être prises en compte et protégées. En effet, les technologies du cyber ou du brouillage massif pourraient faire peser la menace de neutralisation, de piratage ou de prise de contrôle de nos systèmes. Plus récemment, la réalisation relativement facile de systèmes à impulsion électromagnétique pourrait s'avérer particulièrement nivelante. De notre capacité à protéger nos systèmes automatisés dépendra leur efficacité. Enfin, la fiabilité des algorithmes d'intelligence artificielle (IA) pourrait demeurer vulnérable aux biais cognitifs et aux biais d'apprentissage (pollution des bases de données nécessaires à l'apprentissage de l'IA par exemple). Nouvel enjeu technologique de souveraineté, les algorithmes et les bases d'apprentissage des systèmes automatisés futurs devront faire l'objet des mesures de protection équivalentes à celles des technologies les plus sensibles. Ces vulnérabilités devront en revanche être exploitées pour défaire les systèmes automatisés de nos adversaires. Les technologies anti-systèmes automatisés devront donc être développées en même temps que nos robots et nos drones. Ce balayage de leurs vulnérabilités souligne la nécessité de les engager en complément d'humains de manière à s'assurer la résilience de l'ensemble.

Enfin, le déploiement de systèmes automatisés devra aussi faire l'objet d'une réflexion au cas par cas, au regard de la perception par la population des théâtres d'opérations de ce type de systèmes et des besoins d'interaction de la force avec cette dernière, notamment en phase de stabilisation.

À terme, une coopération homme-machine indispensable

L'engagement de systèmes automatisés tactiques futurs sera intégré à la manœuvre de manière à démultiplier les effets produits par la combinaison « soldats-machines » à tous les niveaux. Cette coordination passera par une intégration des

systèmes automatisés dans les Systèmes d'information opérationnels (SIO), soit par la contribution à la compréhension générale issue des capteurs, soit par l'intégration dans la manœuvre – y compris la manœuvre collaborative de *Scorpion* – des effets des systèmes futurs intégrant des capacités d'agression. À terme, il s'agira d'« augmenter » des combattants ou des plateformes habitées en s'appuyant sur le développement de systèmes automatisés « équipiers », qui ne soient pas simplement des outils mais de véritables ailiers pour le combattant ou le véhicule, à l'instar de l'image du « chien de chasse ». Les développements permis par les progrès dans les sciences cognitives et l'ergonomie permettront un emploi facilité des systèmes automatisés tactiques de manière à éviter la vulnérabilité qu'induirait des opérateurs spécialisés. *A contrario*, la relation homme-machine sera facilitée afin de permettre la réalisation d'effets ou de services par le plus grand nombre sur le champ de bataille. Toutefois, une parfaite connaissance des possibilités de ces systèmes restera essentielle à leur bon emploi.

Les systèmes automatisés tactiques auront une place complémentaire à celle des combattants ou des plateformes habitées. L'automatisation de leurs fonctions sera motivée par la recherche de la meilleure efficacité globale « homme-machine ». Réciproquement, les réflexions autour de l'emploi de ces systèmes viseront cette économie des moyens. Préservant le potentiel humain dans le combat tout en démultipliant l'efficacité, les systèmes automatisés tactiques pourraient permettre un retour accentué de l'audace dans la manœuvre, parfois limitée par le facteur risque aujourd'hui. Ces systèmes n'en demeureront pas moins, dans leur nature, des outils parmi d'autres, mis à la disposition du chef pour faciliter l'exécution de sa mission. Même « valorisés » par les technologies de l'intelligence artificielle, ils seront à employer en s'attachant au maintien des prérogatives des chefs opérationnels notamment en termes de décision et de responsabilité. ♦

Les robots, nouveaux partenaires du combattant dans les environnements dangereux et difficiles

Pierre SANTONI

Colonel, ancien chef de corps du Centre d'entraînement aux actions en zone urbaine (Cenzub)-94^e RI à Sissonne, directeur des études à l'École d'état-major.

Depuis la guerre du Golfe en 1991, aucune formation militaire occidentale d'importance n'a été engagée dans une bataille terrestre d'envergure en zone ouverte ⁽¹⁾. La disparition de la bataille classique dans la plaine rompt avec des siècles de tradition militaire russo-occidentale. C'est la fin de la fameuse « bataille par consentement mutuel » qui a jalonné, malgré quelques exceptions, l'histoire militaire de ces pays depuis des millénaires. Depuis les Phalanges d'Alexandre le Grand, depuis les Carrés suisses, les *Tercios* espagnols, les corps d'armée napoléoniens jusqu'à la paroxystique bataille de Koursk ⁽²⁾ à l'été 1943 entre la *Wehrmacht* et l'Armée rouge, pour en finir, il fallait se rencontrer dans un champ clos. Il fallait provoquer la bataille décisive, le fameux choc « du fort au fort », pour savoir qui resterait maître du champ de bataille.

Aujourd'hui, peu d'adversaires seraient à même de s'affronter de cette manière. En tout cas, pas contre des armées aussi puissantes que celles de l'Otan ou de la Russie qui disposent d'une gamme élargie d'armements combinant puissance et précision. Aussi, la bataille s'est-elle déplacée dans les milieux qui restent encore difficiles d'approche. Les milieux naturels ne font plus réellement obstacle aujourd'hui, ni au repérage des combattants, ni aux frappes de précision ; seules les étendues construites par l'homme constituent en fait le dernier champ de bataille ⁽³⁾. En vérité, le classique « triangle tactique » – constitué par la mobilité, la puissance de feu et la protection – qui caractérise la manœuvre est devenu trop déséquilibré. On constate une certaine forme de blocage tactique.

(1) L'offensive terrestre américaine contre l'Irak en 2003 pourrait apparaître comme une exception, mais elle est peu significative au regard du rapport de forces.

(2) Pour une approche renouvelée et sans idéologie de cette bataille gigantesque, voir le très récent *Koursk 1943, la plus grande bataille de la Seconde Guerre mondiale* de Roman TEPPEL aux Éditions Perrin (2018, 336 pages).

(3) Sur le sujet : CHAMAUD Frédéric et SANTONI Pierre, *L'ultime champ de bataille : combattre et vaincre en ville*, Éditions Pierre de Taillac, 2016, 256 pages.

La combinaison de ces trois facteurs permet au chef interarmes de répartir ses efforts, ses mouvements, ses actions ou ses vecteurs pour déséquilibrer l'adversaire et ne pas réduire la bataille à un affrontement linéaire aussi stérile que meurtrier. Aussi, pour retrouver cette manœuvre, pour provoquer et remporter des duels à courte distance, les belligérants préfèrent se retrancher dans les villes ou les zones industrielles pour résister, mais aussi pour y conquérir de nouveaux espaces de pouvoir et de rayonnement. Ces dernières années, les combats en Syrie et en Irak ont révélé des organisations combattantes capables de défier des États et leurs armées organisées et bien équipées, sur la durée et sur une échelle très importante. Pour reprendre Mossoul à l'organisation État islamique, il aura fallu près de 9 mois ⁽⁴⁾ aux Forces de sécurité irakiennes (FSI) soutenues par la Coalition, et mettre en œuvre presque 100 000 hommes avec des chars lourds, de l'artillerie, des drones, des moyens de reconnaissance et surtout des combattants à pied si on compte l'ensemble des unités de bouclage, d'appui et de soutien. Par l'ampleur des moyens et des effectifs, cette bataille pour libérer l'ancienne Ninive ne peut se comparer qu'avec les grandes batailles du passé, celles de Stalingrad en 1942-1943, de Budapest en 1944-1945 ou encore de Hué en 1968.

Entrer dans cet univers de béton et d'acier deviendra de plus en plus difficile et de plus en plus coûteux, en vies humaines, en moyens de combat et de franchissement, en munitions... au point qu'on pourrait presque se demander si c'est encore possible, si c'est encore payant. Mais les armées n'auront pas toujours le choix du moment et du lieu de la bataille. Un pays peut-il laisser délibérément ses villes aux mains d'un ennemi qui massacre sa population ou la réduit en esclavage ?

Comment dès lors envisager le combat dans ces univers à l'extrême limite des capacités humaines ? Peut-on raisonnablement demander à des combattants, si expérimentés et entraînés soient-ils, de rentrer de vive force dans cette zone ultra-hostile, cette zone de combat qui confine à l'extrême possibilité des capacités humaines de résilience, en milieu suburbain, dans des friches industrielles polluées, face à un ennemi implacable ? Un ennemi qui est capable de lancer des véhicules suicides en attaques coordonnées et planifiées ou de tuer sans ciller des civils retenus en otage.

L'avènement en cours des engins et systèmes d'armes robotisés, des robots (armés ou non), des drones terrestres ou aériens, couplé à des capacités de géolocalisation et de modélisation de l'espace jamais atteintes, peut-il laisser entrevoir un retour de la manœuvre d'ampleur, une nouvelle capacité à défier l'ennemi dans ses repaires, à le provoquer sur ce champ de bataille inhumain ?

Le robot pourrait effectivement se révéler un nouveau partenaire pour des armées désireuses d'éviter les pertes amies et collatérales, tout en offrant un retour aux sources de la manœuvre ; une manœuvre rendue à nouveau possible par les capacités nouvelles des moyens mis à disposition des soldats.

Pour accompagner le combattant dans cette arène de fer et de feu, pour lui redonner de la mobilité, pour le protéger et, qui sait peut-être, après-demain, pour le

(4) Pour mémoire, Stalingrad a duré presque 6 mois de la fin août 1942 au 2 février 1943.

guider en faisant de ces moyens des acteurs autonomes du combat dans les milieux difficiles, quoi de mieux qu'un robot ?

Accompagner le combattant dans les environnements difficiles et lui redonner de la mobilité

En avril 1917, la tentative de rupture des lignes allemandes par les troupes françaises du général Nivelle au Chemin des Dames échoue devant le mur de feu des défenseurs allemands. Une fois de plus, les assaillants n'ont pu réussir à inverser l'équilibre entre la mobilité et la protection de l'infanterie avançant à découvert d'un côté, et la puissance de feu de l'artillerie et des mitrailleuses allemandes de l'autre. Sur un terrain profondément bouleversé par le tir de centaines de canons, par le creusement de lignes successives de tranchées et la pose de milliers de mètres de barbelés, les Poilus, malgré tout leur courage, sont fixés sur place. Péniblement, la pointe de l'attaque française atteint la ligne Juvincourt-Guignicourt, tout près de l'actuel Camp de Sissonne. Dans un paysage lunaire et totalement inhumain, fantassins métropolitains ⁽⁵⁾ et colons, Sénégalais et Zouaves, sont cloués au sol par les tirs dévastateurs, le plus souvent croisés des mitrailleurs allemands. Avant la fin de la matinée, il est évident que l'attaque a échoué.

Pour la première fois, des engins spéciaux ont été engagés en masse aux côtés et à la même vitesse que les soldats qui progressent à pied. Ils sont entièrement fermés et aucune présence humaine ne semble les habiter. Il s'agit en fait des chars de combat. La moitié de la centaine d'engins engagés (essentiellement des modèles *Saint-Chamond* et *Schneider*) est mise hors de combat. Le magnifique chef d'escadron Bossut ⁽⁶⁾, à la tête de son unité, le 1^{er} Groupement d'assaut de l'Artillerie spéciale, est mortellement atteint. L'échec tactique, technique et humain est total. On imagine les précurseurs de cette nouvelle arme plongés dans l'abattement moral et intellectuel. Pourtant, la capacité d'innovation tactique de l'Armée française semble, à cette époque, inépuisable. Quelques mois après, un nouveau modèle de chars, le Renault *FT-17*, à tourelle orientable, va pourtant faire merveille. Il sera si populaire auprès de l'infanterie que sa seule présence galvanise les unités et, au contraire, terrorise les défenseurs allemands, déjà démoralisés par des années de guerre. Même si on peut encore disserter sur sa réelle efficacité tactique, le char a permis de retrouver de la mobilité et de la protection. Il s'est ainsi affiché comme le partenaire incontournable du combattant débarqué, évoluant au sol, dans un milieu difficilement franchissable et extrêmement agressif pour l'homme sans protection.

Le blocage tactique posé par la réduction de la mobilité n'a pas fondamentalement évolué depuis cette époque. Si les performances des véhicules de combat sont techniquement élevées, leurs performances tactiques restent peu ou prou assez faibles

(5) Dont les Grenadiers du 94^e Régiment d'infanterie, aujourd'hui Cenzub-94^e RI, régiment spécialisé dans le combat en zone urbaine, stationné à Sissonne, tout près du Chemin des Dames.

(6) Titulaire de sept citations dont quatre à l'ordre de l'Armée, Louis-Marie Bossut a probablement servi de modèle au cinéaste Jean Renoir, qui servit dans son escadron au 1^{er} Dragons en 1913, pour le personnage du capitaine de Boëldieu dans son film légendaire *La grande illusion* (1937).

face au danger des Engins explosifs improvisés (IED). On ne reconnaît pas un axe beaucoup plus vite qu'en 1918 ou 1944. Le champ de bataille est en fait sous la menace permanente d'armes de précision, de pièges et de drones, mais aussi de civils qui peuvent facilement repérer les unités et informer en temps réel de leurs actions. Toute personne équipée d'un téléphone portable transmet mieux et plus vite un renseignement qu'un équipier des Forces spéciales des années 1990. La mobilité doit donc être régénérée au profit des chefs tactiques. Les robots pourraient alors, dans ce cadre forcément complexe, être une option pour répondre à ce défi. Des engins inhabités, évoluant dans des univers très chaotiques, très hostiles, très pollués pourraient participer de cette liberté d'action. Avoir plus d'options tactiques en prenant plus de risques serait possible grâce aux progrès de la robotique.

Les Allemands seront parmi les premiers à tenter l'utilisation d'engins inhabités (7). Après avoir confisqué dans un laboratoire français un prototype développé par le célèbre concepteur français de voitures chenillées Adolphe Kégresse (8), ils mirent au point un petit véhicule chenillé afin d'amener des explosifs au contact des réseaux de barbelés, des obstacles divers du champ de bataille, voire d'un engin ennemi à l'arrêt, le tout à distance de sécurité. Ce fut le *Sd.Kfz. 302* plus connu sous le nom de *Goliath*. Le véhicule était dirigé à distance par l'intermédiaire d'une boîte de commande munie d'un manche, qui était relié au *Goliath* par deux câbles téléphoniques se connectant à l'arrière du véhicule. Il est incontestablement l'ancêtre des robots de combat. Il sera utilisé à Koursk en 1943 pour percer les champs de mines russes et sur les plages de Normandie mais sa faible fiabilité technique et sa facile neutralisation (s'il n'était pas protégé et battu par des feux amis) ne lui permirent pas d'obtenir des résultats probants. Les Britanniques utiliseront à partir de 1972 le robot *Wheelbarrow* [brouette] pour neutraliser des engins explosifs dans les rues d'Irlande du Nord, dont des versions améliorées sont toujours en service dans de nombreuses forces militaires ou de police dans le monde. Aujourd'hui, le robot *Colossus* de la société rochelaise Shark Robotics peut accompagner une équipe de sapeurs-pompiers au milieu du mobilier urbain, en tractant 250 mètres de tuyau rempli d'eau, précédant les équipiers en écartant des véhicules en flammes ou en actionnant sa lance. D'une grande mobilité grâce à ses chenilles, ce robot peut emprunter un escalier sans difficulté, descendre facilement dans un souterrain, un parking ou une cave.

Le combattant sera demain toujours confronté aux mêmes difficultés mais il devra évoluer dans des univers encore plus difficiles d'accès. Des lieux de vie, de l'industrie, du commerce ou des transports constitueront autant de « forts de Douaumont miniatures » (9) à réduire. On distinguera, sur le plan tactique, le milieu souterrain et le milieu suburbain (10).

(7) Si l'on excepte le « brûlot », navire chargé d'explosifs ou de matériaux inflammables, lancé sur les vaisseaux ennemis pour les incendier et abandonné par son équipage avant le contact.

(8) Il avait mis au point les Citroën chenillées de la Croisière Jaune, le grand raid organisé par André Citroën reliant Beyrouth à Pékin du 4 avril 1931 au 12 février 1932.

(9) Le fort de Douaumont, avec le fort de Vaux, sont les ouvrages fortifiés emblématiques de la bataille de Verdun. Leur chute ou leur possession marquant la victoire ou la défaite tactique.

(10) Sur le combat suburbain, voir l'excellent article du capitaine FRANCHET D'ESPEREY Roch, « Combattre en milieu suburbain : la carte du génie », *DSI* n° 136, juillet-août 2018, p. 40-43.

- Le milieu souterrain ⁽¹¹⁾ est situé en campagne, dans la nature, sous la terre, des réseaux creusés très souvent améliorés par l'homme à partir de souterrains, de grottes, fournies par la nature ou par l'Histoire (galeries creusées pour y extraire des pierres, habitations troglodytiques, etc.). Ce milieu, comme les réseaux de tunnels au Vietnam ou de grottes en Afghanistan ⁽¹²⁾, reste malgré tout rudimentaire, même si des exemples historiques ont pu révéler une vraie complexité, en particulier celui de Zhawar Kili ⁽¹³⁾ dans la région de Khost en Afghanistan, à proximité de la frontière pakistanaise.

- Le milieu suburbain prend plutôt comme point de départ des ouvrages, des réseaux ou des constructions qui ont été délibérément et récemment construits afin d'améliorer la vie quotidienne et les déplacements en ville (parkings souterrains, voies, gares et garages du métro, constructions semi-enterrées, réseau d'évacuation des eaux, etc.). Ces constructions sont à la fois plus solides et plus complexes que les réseaux souterrains. Mélange de béton et d'acier à haute performance, disposant d'une alimentation électrique sécurisée, de barrières et de grilles infranchissables sans moyens adaptés, et d'une réelle capacité à abriter longtemps un certain nombre de personnes, elles se révéleraient de véritables forteresses souterraines très difficiles à investir ou à prendre d'assaut.

Protéger le combattant débarqué et embarqué

Il faut donc retrouver de la mobilité pour redonner une possibilité à la manœuvre. C'est d'autant plus vital que, quelle que soit la technologie, aujourd'hui comme hier, « la victoire va aux armées qui manœuvrent » selon l'adage de Napoléon. Et pour être mobile, il faut être protégé, sinon, on est surtout une cible. Des opérations d'abordage, de bréchage ⁽¹⁴⁾, de nettoyage et de destruction extrêmement violentes auront toujours forcément lieu en milieu difficile (avec des moyens particuliers comme des engins lourds de déblaiement, etc.). Mais elles devront rester limitées dans le temps pour ne pas user la troupe et les moyens forcément comptés. Ce sont ces moments critiques de la bataille. Le 6 juin 1944, à *Omaha Beach*, sans soutien des engins d'accompagnement, les *GI's* des *16th* et *116th Infantry Regiment* ont été cloués au pied des bunkers et ont subi de lourdes pertes faute de pouvoir les franchir rapidement. Aujourd'hui, les points d'appui sont édifiés autour de « Maisons fortes » s'appuyant sur des constructions suburbaines très difficiles à détruire (ex : murs de béton de plusieurs mètres d'épaisseurs, constructions industrielles en acier renforcé, jungle et friches industrielles particulièrement difficiles à pénétrer même avec des engins blindés lourds, risques élevés de pollution ou d'accidents industriels, etc.) et constituent des zones particulièrement hostiles pour le combattant.

(11) Sur le combat souterrain, cf. *L'ultime champ de bataille, combattre et vaincre en ville*, op. cit., p. 203-206.

(12) BAHMANYAR Mir et PALMER Ian, *Afghanistan Cave Complexes 1979-2004: Mountain Strongholds of the Mujahideen, Taliban and Al Qaeda*, Oxford, Osprey Publishing, 2004, p. 60.

(13) Pour la description détaillée des batailles de Zhawar Kili, cf. TRIOLET Jean et TRIOLET Laurent, *La guerre souterraine. Sous terre, on se bat aussi*, Perrin, 2011, p. 244-255.

(14) Le bréchage est un franchissement d'obstacle de vive force sous le feu ennemi.

Des sommes vertigineuses ont été dépensées pour tenter de trouver une solution et une parade à la multiplication des engins explosifs sur le champ de bataille mais même la puissante organisation américaine mise sur pied depuis février 2006 pour s'attaquer à ce problème tactique n° 1, la *Joint IED Defeat Organization (JIEDDO)* du *Department of Defense* américain n'a pu réellement en venir à bout malgré toute une série de réponses tactiques et techniques. Sans protection adéquate, la majorité des pertes sont dues aux engins disséminés sur les axes et les voies d'approche ou de patrouille.

À l'instar du char en son temps, le robot terrestre pourrait alors être une réponse possible à la menace de ces engins. D'autres systèmes comme le *Flyboard Air* (Fig. 1) du marseillais Franky Zapata, sont à étudier. Ce prototype de planche volante, totalement piloté, semble révolutionnaire. Une autre de ses créations, l'*Ez Fly* (Fig. 2) est encore plus intuitive et permet à un homme de se déplacer en l'air pendant plusieurs minutes. N'y a-t-il pas là une opportunité de progrès immense ? Avons-nous oublié qu'il a suffi d'introduire l'étrier⁽¹⁵⁾ pour démultiplier les possibilités de la cavalerie ? Avec un tel dispositif, la mobilité de l'homme-système combattant se trouverait démultipliée. Un combat microtactique pourrait s'engager dans les trois dimensions. Tandis que le robot se verrait confier les tâches (à la fois simples et complexes) de geler un escalier⁽¹⁶⁾, d'ouvrir un angle, de provoquer une effraction froide ou chaude⁽¹⁷⁾, de saisir un point d'ancrage en zone ennemie, de garder des prisonniers, surveiller des civils, mais aussi de ravitailler en munitions ou d'évacuer les blessés, les soldats investiraient les toits ou l'arrière des bâtiments ou, plus simplement, se feraient précéder dans les couloirs et les corridors par des machines plus rapides, mieux protégées et plus réactives que les grenadiers humains. Protéger le combattant comme l'a fait le char en 1918, voilà une des tâches essentielles qu'il faut d'ores et déjà confier au robot, partenaire et accompagnateur du grenadier urbain. En attendant mieux...



FIGURE 1



FIGURE 2

(15) Probablement au VI^e siècle de notre ère avec les Byzantins.

(16) Savoir-faire de zone urbaine qui consiste à interdire à l'ennemi d'utiliser un escalier non reconnu.

(17) En fonction de l'utilisation ou non d'explosifs.

Le robot autonome pour le combat en « zone ultra-hostile » ?

À peine vingt années s'étaient écoulées depuis l'utilisation victorieuse des chars en appui de l'infanterie dans les réseaux de tranchées de la Première Guerre mondiale que le système d'armes blindé se transformait radicalement. De l'appui des combattants à pied, il est devenu très vite un pion tactique distinct, combattant au milieu des autres, avec les autres, en parfaite intégration interarmes. Cette nouvelle doctrine a été rendue possible moyennant quelques progrès techniques déjà plus ou moins entrevus en 1919 (meilleurs moteurs, meilleures transmissions aux chenilles, utilisation généralisée de la radiophonie, augmentation de la vitesse initiale des projectiles, généralisation de la tourelle biplace, etc.). Dès lors, les chars combattent en réseau, imposant le rythme de la bataille aux autres armes et s'imposant à l'ennemi comme les véritables prédateurs du champ de bataille.

Après la spectaculaire traversée des Ardennes par le XIX^e *Panzer Korps* de Guderian, les chars sont devenus le système central de toute armée moderne : système autour duquel s'articulent les autres, fixant la vitesse, les appuis, l'organisation logistique et les moyens de transmissions, forçant même l'infanterie – la Reine des batailles – à embarquer dans des engins protégés, pour devenir l'infanterie mécanisée. D'ailleurs, depuis la guerre froide, et encore jusqu'à aujourd'hui, certaines unités dites légères disposent en réalité de plus d'engins blindés qu'une division blindée de 1944 ! Alors, pourquoi ne pas imaginer que, demain ou après-demain, après une première phase où les systèmes de combat robotisés auraient été les partenaires en appui des combattants évoluant en milieu difficile, ils deviendraient ensuite, à l'image des chars, les principaux acteurs tactiques de la bataille au sol ? Il ne s'agit pas d'imaginer une bataille digne de *Star Wars* ⁽¹⁸⁾ où les robots et les hommes combattent côte à côte dans la base galactique et dans la ville ; mais de chercher des pistes pour imaginer l'affrontement tactique dans trente à cinquante ans. Des robots agissant en réseau, en essaim, aptes à se défendre contre les attaques de drones et de la guerre électronique (là aussi une véritable manœuvre en soi), capables de continuer en cas d'attaque chimique, pourront augmenter la vitesse tactique et le tempo.

Ces robots pourraient alors être guidés depuis l'arrière. Grâce à des outils comme la Table tactile tactique ⁽¹⁹⁾ destinée à modéliser le champ de bataille et à armer les postes de commandement tactiques des unités de combat, on pourrait guider des robots à distance. Dès aujourd'hui, ces aides au commandement disposent de fonctionnalités primaires permettant « l'aide à l'analyse de terrain au moyen de couches cartographiques multipliables et superposables à souhait » ⁽²⁰⁾. Utilisant les formats cartographiques standards disponibles sur les théâtres d'opération, éventuellement mis à jour par des survols de drones ou des reconnaissances de robots, ces systèmes offrent des services allant de la carte satellite, de la carte classique, des relevés d'occupation des

(18) Voir à ce sujet la scène de bataille de *Rogue One: a Star Wars story*, film de Gareth EDWARDS (2016).

(19) L'auteur a personnellement participé à l'expérimentation de tels outils au sein de la division Doctrine du CDEC (Centre de doctrine et d'enseignement du commandement).

(20) Cf. GAIN Nathan, « De la caisse à sable à la table numérique », *Forces Opérations Blog*, 17 juin 2016 (<http://forcesoperations.com/de-la-caisse-a-sable-a-la-table-numerique/>).

sols (rues et routes bloquées, immeubles abattus, champs labourés, forêts profondes, etc.) et d'élévation du sol (élévations, courbes, planimétrie), etc. En fusionnant les données techniques des capacités de franchissement et les performances de mobilité d'un véhicule (habité ou non) avec les caractéristiques du terrain (nature des sols, pentes, etc.), le PC de l'unité robotisée pourrait préparer les itinéraires, effectuer les reconnaissances, puis engager le combat en autonome. Et cela se fera y compris au milieu de la population, dont une partie résiduelle sera toujours forcément présente comme le démontre toute étude historique du combat en ville.

Il s'agira alors de dépasser le niveau de la « fouille opérationnelle spécialisée » pour rechercher le combat en duel avec l'adversaire, pour forcer le passage, avec des partenaires en appui, et des unités robotiques d'attaque, des robots « chiens de garde » ou « chiens d'arrêt », des robots de bréchage pour percer, entrer dans des souterrains, dans les voies du métro, les parkings, les bâtiments souterrains, pour encaisser les coups et pour en distribuer, bref survivre pour gagner. Les robots leurres qui s'engagent seraient immédiatement suivis dans le secteur de l'abordage par des robots de bréchage, suivis eux-mêmes par les unités d'assaut comprenant des humains. Les robots devraient alors être capables de s'engager seuls dans un espace désormais trop chaotique pour l'homme. C'est pourquoi, il faut développer l'autonomie des robots. Cela ne signifie pas que les robots échapperont au contrôle humain mais qu'ils seront à même, dans un cadre limité techniquement et tactiquement, d'évoluer de manière autonome pour réagir vite et s'adapter à une nouvelle situation. Il existe en réalité déjà des systèmes autonomes de tir (défense antiaérienne de navires, système de protection des chars contre les missiles et roquettes antichar, etc.). Dans certaines phases de duels à très courte portée, dans un environnement piégé et non reconnu, dans un cas d'infériorité numérique importante, d'évacuation médicale urgente, de protection de personnes menacées ou de situation tactique déséquilibrée, face à d'autres robots, à des drones trop rapides ou à des véhicules suicide, seule une autonomie même contrôlée permettra de réagir dans les délais suffisants.

Ce n'est qu'après que les troupes d'assaut pourront prendre le relais et s'engouffrer dans les brèches ainsi créées. Un peu le contraire de la percée de Sedan (1940), où les fantassins et les *Sturmpioniere* allemands effectuèrent la percée sur la ligne de résistance principale de la Meuse avant que les chars de Kirchner commandant la 1^{re} *PzDiv* (*Panzerdivision*) ne débouchent dans la matinée pour stopper la contre-attaque française du 14 mai à Bulson et Connage ⁽²¹⁾.

Après avoir distingué le combat en zone confinée et les opérations de fouille opérationnelle, il faut reconnaître que le niveau d'intégration du combat interarmes sera posé. Ce niveau n'a jamais cessé historiquement de descendre vers des niveaux tactiques toujours plus bas. Là où l'Empereur lui-même commandait à Waterloo, un bon chef de peloton engagerait aujourd'hui un détachement interarmes pour tenir le même terrain ⁽²²⁾. Avec 70 hommes, on tiendrait presque le compartiment de terrain

(21) FRIESER Karl-Heinz, *Le mythe de la guerre-éclair. La campagne de l'Ouest de 1940*, Belin, 2003, p. 202 et suiv.

(22) Le champ de bataille de Waterloo, qui a peu évolué depuis 1815, est une excellente référence pour mesurer les progrès de l'armement.

tenu par des milliers en 1815. Et c'est encore plus vrai en ville ou dans un milieu difficile. « *Small is beautiful* » peut-on dire. Ainsi, un sous-groupement ⁽²³⁾ mixte composé de robots et de drones, avec son appui aérien intégré, son système de désignation pour les missiles de précision, mais aussi avec ses combattants débarqués, moins nombreux mais mieux protégés, serait mieux articulé pour s'engager dans cet espace infiniment hostile que de grosses unités plus difficiles à manier, même avec des chefs expérimentés. Ce peut être l'occasion du retour du niveau bataillonnaire dans l'articulation des forces. Le bataillon étant historiquement l'unité la plus nombreuse qui puisse encore être commandée à la voix par un officier sur le terrain. « *Small but numerous* », car le nombre de combattants reste une donnée primordiale de la bataille parce qu'elle dure plus longtemps et que les systèmes d'armes sont plus létaux qu'en 1815. Alors, pour retrouver cette masse sans laquelle aucune manœuvre ni aucune résilience ne sont possibles, les robots seraient un élément supplémentaire (mais pas suffisants) dans la main du chef interarmes.

Cette évolution historique de descente du niveau interarmes n'a jamais été démentie pour l'instant. Les robots n'annoncent pas le contraire. On pourrait, à terme, imaginer une unité disposant de ses propres appuis aériens intégrés par drones de combat. On aura alors atteint le stade ultime de l'intégration interarmes et intercomposantes. L'utilisation d'une intelligence complémentaire (faut-il l'appeler artificielle ?) permettra seule d'empêcher la dissonance cognitive des chefs submergés par les informations et les outils à gérer et à coordonner simultanément.

*
**

Le lecteur aura compris que l'auteur se veut résolument prospectif et même sans doute provocateur mais les exemples historiques permettent de relativiser le caractère imaginaire de ces projections proches de la science-fiction. Il a parfois suffi de très peu de progrès technique pour faire basculer la tactique mise en œuvre sur le terrain. Alors, pour ne pas découvrir à notre tour que la mitrailleuse tire en mode automatique, étendons d'ores et déjà les champs immenses, sans préjugés ni défense de périmètre, que la robotique nous permet d'entrevoir. Nous y retrouverons probablement les fondamentaux de la tactique et de la manœuvre, même et surtout en milieu difficile. ♦

(23) Un Sous-groupement tactique interarmées (SGTIA) peut comprendre jusqu'à 250 combattants et une trentaine d'engins blindés. Il est à mi-chemin entre une grosse compagnie et un petit bataillon...

Drone de neutralisation chirurgicale à réponse graduée

Frédéric GALLOIS

Colonel (e.r), ancien commandant du Groupement d'intervention de la Gendarmerie nationale (GIGN), conseiller opérationnel de la société SD4E.

L'utilisation de robots ou drones armés, sur le champ de bataille ou pour des opérations dites « de police » sur le territoire national, pose de nombreuses questions éthiques et légales. Elle interroge également le public et génère des inquiétudes légitimes lorsque l'on évoque une forme d'autonomie de l'usage de la « violence légitime ». De nombreux films à spectacles, études ou projections futuristes, évoquent des machines pouvant devenir incontrôlables voire qui se retournent contre les humains. Un véritable tabou pèse sur cette perspective, alors même que



Tête du Snibot®

l'évolution de la technologie, des capacités en robotisation, mécatronique et en transmission de données explosent. Il n'y a aucune raison pour que cette révolution technologique ne touche pas le monde de la défense et les futurs systèmes d'armes. D'ailleurs, des drones volants sont venus prendre une place de plus en plus importante dans les capacités aériennes des armées. Progressivement, l'*US Air Force* a imposé une nouvelle capacité de destruction à partir d'engins pilotés à distance. La France, avec retard certes, a compris tout l'intérêt de ces moyens et vient d'autoriser l'armement des drones d'observation. Des tabous tombent et des nouvelles technologies avancent permettant, demain, de déployer de nouveaux systèmes d'armes sur le sol.

Mais encore faut-il pour ces derniers, convaincre à la fois l'opinion publique, les décideurs et les futurs utilisateurs de l'immense progrès qu'ils véhiculeront, et de leur conformité avec un cadre éthique qui exprime nos limites infranchissables dans notre manière de faire la guerre et d'user de la force. Il faut donc à la fois intégrer le cadre éthique et démontrer qu'une certaine technologie intégrant des capacités novatrices puisse apporter une plus-value indiscutable par rapport à notre arsenal actuel. L'exemple du projet de drone de neutralisation chirurgicale à réponse graduée démontre que l'hyperprécision, répond non seulement à un besoin opérationnel des forces, mais aussi au cadre éthique et légal qui encadre l'usage des armes.

En préalable, rappelons la distinction cruciale pour le débat, entre deux types de « machines » et écartons la version la plus emblématique et inquiétante, à savoir le robot de type « Système d'arme létale autonome » (Sala). Il existe en effet :

- D'un côté des drones (aériens, terrestres, marins ou sous-marins, équipés d'effecteurs) intégrant la présence humaine « permanente » dans la boucle décisionnelle et garantissant ainsi le lien de commandement ; les Américains parlent de « *Human in the Loop* ». Le lien de commandement est ainsi maintenu, l'opérateur gardant la responsabilité aussi opérationnelle que juridique. C'est cette catégorie qui nous paraît être la plus accessible autant d'un point de vue technologique que d'un point de vue éthique.
- Et, d'un autre côté, les fameux robots de type Sala pouvant contrôler, détecter, sélectionner et attaquer des cibles sans contrôle humain ⁽¹⁾.

Or, le parti pris de la société SD4E est d'écarter volontairement ces systèmes d'armes autonomes (robots) qui nous semblent hors de portée des cadres éthiques actuels et encore trop confus d'un point de vue technologique. Si nous ne faisons volontairement pas appel à l'Intelligence artificielle (IA) pour la partie effecteur, l'assistance programmatique reste permanente, maîtrisée et limitée à des briques d'algorithmes d'aide au traitement chirurgical des cibles, sous contrôle « total » et « intégral » de l'humain. Elle est donc qu'une assistance au tir, permettant de discriminer des zones (létales/non létales, amies/ennemies).

Quant à l'autonomie, celle-ci est limitée à la plateforme mobile pour sa propre logistique et pour le contournement des obstacles, le rattrapage de cap par positionnement *GPS*, la gestion des obstacles sur des itinéraires programmés à l'avance, le déplacement en mode « le chien suit son maître » (la plateforme se déplace dans le sillage du chef de section et s'arrête quand celui-ci s'arrête...).

Toute autonomie même partielle de la plateforme mobile et de la séquence de tir, s'entend donc en mode exclusivement « asservi » ; c'est l'humain qui décide, toujours.

Cette distinction entre robots et drones, nous permet ainsi d'éviter de buter sur l'obstacle de l'IA et de l'autonomie, alors même que des systèmes télé-opérés ultra-efficaces et répondant au cahier des charges du droit – ce que nous allons voir –, pourraient voir le jour rapidement.

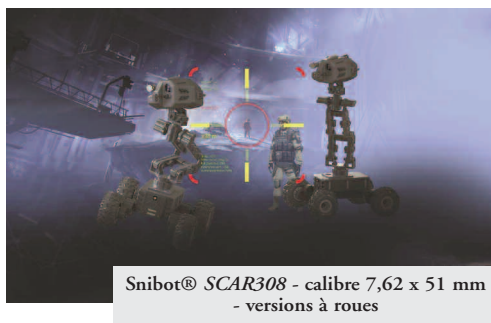
Fort de ce premier choix stratégique, nous pouvons dérouler une analyse simple sur l'adéquation de l'effecteur de précision avec la contrainte éthique et juridique, sans pour autant faire appel à des subtilités légales, techniques et de doctrines. Il s'agit de comprendre « l'esprit » de l'éthique et s'inscrire dans cette démarche. Il convient ensuite de montrer les plus-values apportées par ces technologies par rapport

(1) Ou, selon l'approche française, de systèmes qui se caractérisent par « l'absence de supervision humaine (recours à de l'intelligence artificielle, de capacités d'auto-apprentissage et de décisions conduisant au ciblage et à l'attaque avec un degré de prévisibilité) ».

à notre arsenal actuel, et comprendre pourquoi elles pourraient demain se substituer en partie, à l'humain.

Que disent l'éthique et le droit ?

En tant que participant à un projet de développement de drones armés, nous avons commencé par nous poser les questions suivantes : Que disent l'éthique et le droit ? Sommes-nous compatibles avec ce cadre ? En reprenant de multiples textes sur le droit de la guerre et le droit international humanitaire, nous sommes finalement arrivés à la conclusion que l'esprit des textes ouvre la voie à de nouvelles technologies sous réserve de respecter son principe supérieur : imposer un principe de préservation de la vie humaine autant que possible et, ne pouvant empêcher les conflits, chercher à réduire l'impact des armes en termes de dégâts, surtout sur les populations civiles. Ainsi de l'Article 35 du DIH qui décrit sa règle fondamentale : « Il est interdit d'employer des armes, des projectiles et des matières ainsi que des méthodes de nature à causer des dégâts superflus ».



Snibot® SCAR308 - calibre 7,62 x 51 mm
- versions à roues

Nous constatons que ce qui est interdit est finalement ce qui ne sert pas à neutraliser précisément l'ennemi. D'un point de vue tactique et technique, cette norme pourrait se traduire par la nécessité de développer des systèmes d'armes toujours plus précis et capables d'optimiser la distinction entre l'ami de l'ennemi, entre le militaire et le civil, pour réduire les dégâts collatéraux.

D'un point de vue de la légalité, nous avons interrogé la compatibilité de l'usage des armes d'un UGV (*Unmanned Ground Vehicle*) de catégorie télé-opéré, sur le sol national, avec la Loi sur la légitime défense. En effet, si nous prenons ce cadre juridique des plus contraignants tel qu'il est appliqué sur le territoire français, nous constatons que leur usage, manœuvré par un opérateur, ne s'opposerait à aucune des obligations légales. Si c'est le cas pour la France, on peut penser que leur engagement sur un théâtre d'opérations serait également conforme, juridiquement parlant, en légitime défense de soi-même ou d'autrui.

Ainsi, que ce soit le Droit commun applicable à tout citoyen (art. 122-5 ou 122-7 du Code pénal) ou l'Ordre de la loi (Article 122-4 du CP) et les conditions complémentaires énumérées dans le cadre du Code de la sécurité intérieure (L435-1) ou du Code de la défense (L4123-12), il s'agit de respecter systématiquement deux principes fondamentaux issus du droit européen et repris par le droit national :

- **Le respect de l'absolue nécessité**, c'est-à-dire la mise en danger de soi-même ou d'autrui, autorisant un opérateur, en dernier recours, à faire usage du feu alors qu'il n'est pas lui-même menacé directement.

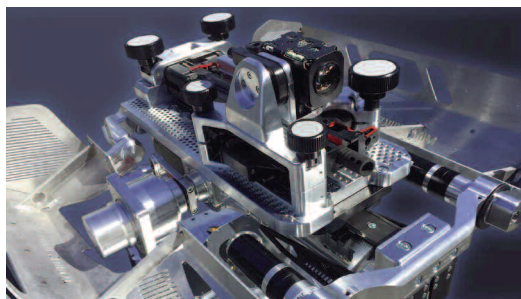
C'est le cas, par exemple, d'un tireur d'élite placé à plusieurs centaines de mètres d'un terroriste et caché de ses vues. Que son arme de précision soit entre ses

mains, ou posée à quelques mètres de lui avec un système de surveillance et de pointage par caméra « zérotée », un moniteur « multifenêtres » de suivi d'images (en poste fixe sur PC ou sur tablette) ainsi qu'une mise à feu sécurisée de type « MDTD » par impulsion électronique (Module de déclenchement de tir déporté) ne changera rien aux obligations légales : ce n'est pas le moyen qui compte mais bien sa justification.

- **La règle de la proportionnalité**, c'est-à-dire « des buts légitimement recherchés », imposant que l'usage de la force doit être proportionnel à l'atteinte ou la menace sur une personne. Là encore le moyen pour atteindre ce but, c'est-à-dire faire cesser une atteinte ou une menace sur l'intégrité d'un otage par exemple, n'est pas précisé et reste à la discrétion de l'opérateur.

Notons que la robotisation permettra également d'intégrer diverses autres contraintes, par exemple les obligations imposées par l'article L435-1 du code de la Sécurité intérieure, à savoir la transmission de sommations réglementaires, en intégrant des moyens audio et d'identification ou des marquages de type « Police ».

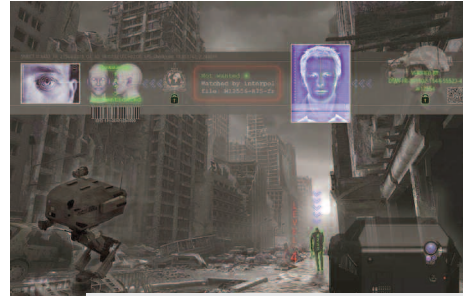
De même, les phases d'engagement seront enregistrées par les moniteurs de commandes, mises à la disposition de la Justice afin de déterminer des conditions d'usage de la force létale. Ce choix de l'option « drone » aura été en amont validé par les autorités judiciaires, administratives et politiques. Ces dernières bénéficient d'options variées avec engagement ou non d'effecteurs armés, permettant de limiter les conséquences parfois létales des opérations d'intervention.



À gauche, *Mini-Snibot*® MS90 - cal. 5,7 x 28 mm - versions à roues et à chenilles
À droite, prototype « 2018 » de la Pièce-feu du *Mini-Snibot*® MS90

De plus, l'intégration de systèmes d'identification multicritères poussés (par exemple : reconnaissance faciale et vocale, biométrie, détection de chaleur, lecteur de signaux RFID, vision multi-*Snibot*...), s'ajoutant à l'optronique renforcée de dernière génération intégrée dans le système, aideront l'opérateur pour discriminer la bonne cible afin de la traiter avec fulgurance et précision. Ils réduiront les risques de tirs fratricides, de pertes humaines, d'erreurs de ciblage inhérents aux moyens actuels, augmenteront la capacité de distinction ou de discrimination ami/ennemi.

Aussi, il peut être démontré assez facilement que l'usage d'un drone terrestre armé télé-opéré paraît conforme à cette contrainte juridique et éthique, à partir du moment où, humainement opéré, il sera capable d'apporter une capacité de contrôle de la force supérieure à ce qui existe aujourd'hui. Mais beaucoup s'interrogent sur la possibilité qu'une machine puisse se substituer efficacement à l'humain.



Snibot® intégrant un système d'identification multicritères

Un opérateur « humain » armé parfois moins éthique qu'une machine télé-opérée ?

Si nous suivons ce fil conducteur de l'éthique, visant à tout faire pour préserver la vie, nous comprenons que, dans certaines situations tactiques, seule la machine sera satisfaisante. En effet, la guerre contre le terrorisme moderne, fanatisé et ultra-religieux, a montré les limites de notre arsenal terrestre. Que ce soit face à un combattant djihadiste dans un affrontement de type guérilla sur un théâtre d'opération extérieur en combat urbain, ou l'affrontement avec un terroriste menant une action de chantage en espace clos, l'opérateur comme le politique peuvent se trouver uniquement face à de mauvais choix.

Dans les années 1990, le concept du « zéro » mort de l'Armée américaine avait été un échec. Il n'avait pas prévu l'émergence d'un nouveau type de combattants plus religieux que militaires et qui allaient mettre en œuvre de nouvelles doctrines de guérilla extrêmement efficaces dans le cadre de conflits asymétriques émergents : l'usage de l'arme humaine du *Chahid* (martyr), de l'*Inghimassi* (combattant djihadiste équipé d'une arme légère et d'une ceinture explosive), de bombes roulantes ou volantes pilotées (11 septembre 2001) renforcé par le développement intensif des Engins explosifs improvisés (EEI) a donné un avantage psychologique à l'ennemi, allant jusqu'à traumatiser durement les populations civiles, et à bousculer jusqu'à la première puissance militaire mondiale.

À la suite des attentats suicides du 11 septembre et les vagues qui ont suivi, j'ai souvenir au GIGN de nos préoccupations en tant qu'unités de contre-terrorisme, face à ces nouvelles formes de prise d'otages et d'attaques suicidaires. Alors que je commandais cette unité, j'avais à l'époque été interpellé par la résolution de la prise d'otages de Moscou en 2002 par les Forces spéciales russes. Ayant pu me rendre sur place et interroger des ex-otages, mais aussi des membres du groupe Alpha ayant participé à l'opération, ayant longuement échangé avec le docteur Rochal en charge des négociations, j'avais à l'époque pressenti que, face au chantage de la destruction et du suicide, seules des armes non conventionnelles pouvaient permettre d'ouvrir des options plus avantageuses.

Ce que ne comprirent pas les médias occidentaux et bon nombre d'experts, c'est que l'usage de gaz anesthésiants par les forces spéciales russes sur cette prise

d'otages fut une réussite même si le bilan des morts fut encore dramatique. Car il était évident – pour ceux qui connaissaient l'impasse de la situation de départ (piégeage massif de l'espace, plus de 30 terroristes suicidaires, armement lourd, nombreuses femmes portant des ceintures d'explosifs, revendications inacceptables...) – que sans cette « arme » secrètement développée par les Russes, il aurait été fort probable que le chaos final se serait soldé par plusieurs centaines de morts supplémentaires. En réalité, aucune unité au monde, dotée uniquement d'armes conventionnelles, n'aurait pu proposer une solution tactique plus satisfaisante. La conclusion était simple : il fallait opposer aux armes à feu, aux explosifs et aux différents piégeages, non plus seulement des super-commandos mais des systèmes d'armes plus modernes, plus vifs, plus fulgurants, plus surprenants qui permettraient de contourner cette affreuse nécessité de confrontation d'homme à homme.

Car le terroriste fanatique et religieux a appréhendé notre instinct de protection de la vie : les otages deviennent des appâts pour nous attirer dans une confrontation mortelle où tout le monde doit mourir. Sur un théâtre d'opération (Mossoul) la population civile est utilisée comme un bouclier humain ralentissant les opérations militaires, et les poussant à des tactiques de rouleaux compresseurs coûteuses en destruction. Une vie pour une ou plusieurs vies d'otages, policiers ou militaires, est la stratégie djihadiste du faible au fort dans cette forme de combat. Une impasse tactique dans laquelle aucune solution n'est valable pour les unités policières ou militaires et encore moins pour le Politique.

Dans cette confrontation à la « Bataclan », le terroriste gagne toujours car aucune manœuvre, aucune arme n'est capable d'apporter suffisamment de précision et de vélocité dans l'intervention, pour agir plus vite que l'ennemi, pour le prendre par surprise. Ainsi, le dilemme des forces spéciales est le suivant : intervenir en dernier recours, quand la situation du moment est devenue humainement inacceptable, mais il est souvent trop tard. Ou intervenir rapidement pour tenter quelque chose, au risque de faire prendre des risques énormes sur la vie des civils et des opérateurs. Mais à chaque fois, l'éthique supérieure visant à protéger la vie, à s'inscrire dans un calcul de « rationalisation » de la violence est vaine. Le combattant djihadiste que ce soit en mode guérilla ou terroriste, pousse les forces dans un retranchement en les obligeant, en quelque sorte, à bafouer leur propre morale. Il sait que l'engagement de l'État, poussé dans ses retranchements, risque d'occasionner des pertes collatérales qui seront difficilement acceptables par l'opinion ; il cherche à faire porter sur le Politique la responsabilité du chaos final. Ainsi, de l'opération de la police française au Bataclan qui, si elle réussit à neutraliser les derniers terroristes, ne put que constater que le massacre avait déjà été commis. Ce qui est vrai pour les opérations de contre-terrorisme est également pertinent dans le combat de contact en localité. De manière extrême, nous pouvons presque constater que l'engagement d'opérateurs humains dans ces situations peut s'apparenter à une victoire de l'ennemi : car c'est justement ce qu'il recherche en attirant des vies vers lui. Que ce soit sous la forme d'actions terroristes ou d'actions de guérillas, le combattant djihadiste conçoit des manœuvres en partant de ce constat : il a compris que l'humain était notre véritable fragilité. Sans cette opposition, il est fort probable que sa stratégie de la peur perdrait de son intensité.

Alors, si l'éthique revient à une recherche permanente du moindre coût humain des opérations militaires ou de police, il devient une obligation morale de chercher de nouvelles technologies permettant de contrer cette stratégie de la terreur. Au fond, nous pourrions même nous demander si la population ne pourrait pas justement exiger davantage de « mécanisation » dans les engagements ? En fait, cela ne lui viendrait pas à l'idée pour la simple et bonne raison que le public ne connaît pas les avantages techniques et tactiques que pourraient apporter ces nouveaux systèmes d'armes. Dans la grande majorité l'opinion est que, dans l'action, l'humain sera toujours plus efficace et mieux contrôlé que la machine. En réalité, ce postulat ne sera bientôt plus une réalité.



Unité spéciale à l'assaut avec un drone à roues Snibot® SCAR308 - cal. 7,62 x 51 mm - idée de représentation

Le drone d'hyper-précision : rêve ou réalité ?

Alors que j'étais commandant du GIGN, nous avons commandé une solution de test et de réglage de nos armes et munitions, pouvant faire office de banc « standard » d'évaluation et de test balistique de haute précision. Le créateur de cet outil novateur – M. Philippe Levilly – était venu nous installer son « stabilisateur de tir », toujours opérationnel aujourd'hui. Celui-ci est composé d'un bras mécanique doté d'un berceau à translation rectiligne avec absorption du recul et doté d'une articulation de pointage tridimensionnelle à jeux compensés permettant de brider n'importe quelle arme. Il permet ainsi de réaliser les micro-pointages nécessaires, afin de viser un point précis sur la cible et mesurer l'écart entre le point visé et le point de chute du projectile. Pour ce faire, le banc de test (la machine à tirer) doit garantir à l'ensemble accouplé (la machine à tirer et l'arme) le retour en position de référence dans l'espace après chaque coup de feu.

En fait, la logique développée par cet ingénieur était simple : la balistique intérieure et extérieure des armes légères et de leurs munitions étant une science inexacte, il était indispensable de supprimer le paramètre humain particulièrement aléatoire, pour se recentrer sur les seules données fiables d'un dispositif de test balistique de technologie avancée ⁽²⁾. Par la suite,



Banc de test et de réglage pour armes légères
Stabilisator 3000 A1® (référence Otan :
1290-14-4834878-Stabilisator 3000 AEL-FA2N4)

(2) Notons que ce banc de test et approuvé et utilisé par les centres d'essais de la DGA, notamment par la DCE-ETBS à Bourges pour le ministère des Armées.

de nombreuses organisations et Armées étrangères se dotèrent de ce dispositif ⁽³⁾. En posant ce constat, Philippe Levilly ouvrit une réflexion pour la mécanisation du tir à partir d'armes légères ; ce qui existait déjà pour le tir avec armes lourdes (artillerie et cavalerie) : il suffisait de positionner son stabilisateur de tir sur un bras articulé, lui-même combiné à un ancrage qui pourrait être une plateforme mobile télé-opérée à roue ou à chenille, ou même à pattes, pour le transformer en drone de combat. Ce fut la naissance du projet de création d'un « drone snipeur » désormais appelé *Snibot*®.

Soulignons qu'en août 1999, cet ingénieur français rencontra aux États-Unis, un des responsables du « *Close Combat Armaments Center* » de l'*US Army*, M. Curtis Johnson véritable référence dans la R&D américaine. Celui-ci, en recevant les bancs de test portables et universels *Stabilisator 3000 A1*™, comprit également le potentiel opérationnel et confirma à son créateur l'intérêt d'étudier une « mécatronisation » de sa machine à tirer « unique au monde » en vue d'une possible utilisation spécifique à des besoins de l'*US Army* ⁽⁴⁾. Cette dernière accepta même de signer un accord de secret sur le sujet (décision assez rare vis-à-vis d'un ingénieur français). Hélas, les discussions avec les Américains concernant l'évolution de la machine à tirer devenue l'*UGV Snibot*® seront stoppées par les conséquences des attentats du 11 septembre 2001 obligeant l'*US Army* à faire face à d'autres priorités urgentes et plus classiques. Elles reprendront néanmoins en 2015 avec le *Foreign Comparative Testing (FCT)* de l'*US DoD Development & Acquisition Programs*.

En France, une première phase de l'étude de la « mécatronisation » et du « *shooting rest* » fût réalisée entre 2006 et 2013, puis une seconde phase entre 2014 et 2018, en étroite collaboration avec un ingénieur-mécatronicien ⁽⁵⁾.

Ce qui ressortait de cette première phase de l'étude est que l'humain, en mode tireur, est aussi une machine à tirer. Mais, comparé à une machine à tirer (que ce soit dans le cadre de la fonction « banc de test balistique » ou la fonction « drone effecteur »), l'humain est constitué d'une masse molle fragile en soi, et dont les caractéristiques (tonicité...) changent en fonction de la fatigue, du stress, de l'émotion, du moral, de la motivation, de la concentration... et aussi des données d'origine cérébrale. Même si cela semble être une « lapalissade », les machines à tirer en mode combat

(3) Administrations et sociétés privées en France : Armée de l'air (DCMAA, Direction centrale de l'Armée de l'air), DGA-DCE ou direction générale de l'Armement-Direction des centres d'expertise et d'essais (Groupe d'études et de recherches en balistiques, armes et munitions ou GERBAM - Établissement d'expérimentation technique de Bourges ou ETBS), Armée de terre (STAT [Section technique de l'armée de Terre] - DCMAT [Direction centrale du matériel de l'armée de Terre] - CETID [Centre d'expertise des techniques de l'infrastructure de la Défense] - EI [École de l'infanterie] - Unités spécialisées), Gendarmerie nationale (GIGN), Marine nationale (Naval Group - Forfusco [Force maritime des fusiliers marins et commandos] - Unités spécialisées), ministère des Armées, Police nationale (CREL [Centre de recherche et d'expertise de la logistique] - CTSI [Centre technique de la sécurité intérieure] - BAPN [Bureau armement de la Police nationale]).

Arsenaux, sociétés privées et administrations à l'étranger : Afrique du Sud, Allemagne, Belgique, Canada, Danemark, Émirats arabes unis (EAU), Finlande, Fédération de Russie, Grande-Bretagne, Pays-Bas, Irlande, Luxembourg, Norvège, Suisse, Suède, etc.

États-Unis : *FBI, INS (Immigration and Naturalization Service), US Marines Corps (USMC), US Army, FN-Herstal USA, USRAC-Browning USA, Winchester...*

(4) Il s'agissait de l'intégrer à des programmes émergents de l'époque, tel que *Land Warrior* et le *XM8*.

(5) Jean-Jacques Topalian, directeur technique de la société Tecdron, puis plus tard de la société Shark Robotics.

(exemple de l'artillerie) demeurent des dispositifs mécaniques et technologiques qui n'ont pas peur de mourir et qui sont moins vulnérables aux tirs (blindage). En fait, ce point évident n'est pas un détail quand il s'agit d'hyper-précision. Cela fait même toute la différence : la technologie apporte une précision supérieure à l'humain, parce que ce dernier est sujet à des paramètres sensoriels et psychologiques qui ne lui permettent pas, dans une situation d'affrontement, de mobiliser 100 % de ses capacités. Dans un engagement de combat, le stress des enjeux pour lui-même, réduit considérablement ses capacités cognitives et physiques, obérant de fait son efficacité au moment le plus crucial ou il devra cibler, exécuter et maîtriser son tir. Or, un drone est guidé par un opérateur qui est épargné du stress direct des tirs ennemis et qui sera beaucoup plus opérationnel dans cette phase critique offrant une véritable capacité chirurgicale d'intervention. En plus de son blindage, le système d'arme est conçu pour fonctionner avec des algorithmes permettant d'effectuer du Tir de précision assisté par ordinateur (TPAO) permettant une gestion du seuil de létalité des traitements supérieure à celle de l'humain. Elle consiste exclusivement en une assistance au tir, sous le contrôle permanent de l'opérateur, pour discriminer davantage les zones non-organiques à traiter (létales/non létales, amies/ennemies) par l'amélioration des contrastes, le rattrapage des écarts, le *pixel tracking*, l'exclusion des zones vitales, l'utilisation de la réalité augmentée (bibliothèque de réticules électro-positionnables...). Ils reposent sur 4 algorithmes principaux :

- algorithme d'aide à l'affinement du réglage de la visée durant les tirs ;
- algorithme d'aide au retour « en instantané » après chaque coup de feu ;
- algorithme d'aide au maintien du pointage par verrouillage de la cible et poursuite de pixels ;
- algorithme de traitement « gradué » des cibles organiques par « Exclusion des zones vitales ».

Comme nous l'avons évoqué plus haut, un degré d'autonomie n'est envisagé que sur la plateforme mobile, permettant au drone un calcul d'itinéraire et d'évitement des entraves pouvant bloquer sa progression, mais aussi en termes de logistiques en zone de combat.

Aussi, concernant l'identification des cibles et l'ouverture du feu, le *Snibot*®, quelle que soit l'appellation ou la spécificité de la machine selon la version (drone effecteur statique, *UGV* armé ou drone armé mobile...), ne pourra en aucun cas être un « robot tueur » porteur d'armes autonomes, pouvant contrôler, détecter, sélectionner et attaquer des cibles sans contrôle humain au sens de l'article 36 du Protocole additionnel I de 1977.

Remarquons que ces systèmes peuvent également fonctionner avec



des tirs d'armes non létales en complément, permettant de régler des situations intermédiaires en réduisant le risque d'usage non proportionné de la force. Cela peut être le cas pour la protection des Opérateurs d'importance vitale (OIV) face à des groupuscules violents mais non armés. Ils pourront également être employés dans des zones contaminées ou piégées (centrales nucléaires, usines chimiques...), impossible d'accès pour les personnels, ou pour la protection de FOB (bases avancées) en territoire étranger. Différents modèles de *Snibot*® seront développés en fonction des spécificités des missions (du calibre 9 x 19 mm au cal. 12,7 x 99 mm).



Snibot® SCAR308 : deux en version « ancrage pour FOB » et un en version « UGV roues »

Au final, si les drones effecteurs de type *Snibot*® sont conçus techniquement pour être des drones effecteurs (« *Ethical by design* » selon SD4E), leur capacité opérationnelle participe également à cette norme morale en offrant une force de frappe d'ultraprécision, suffisamment robuste et agile pour agir au cœur de la souricière tendue par l'ennemi, que ce soit en contre-terrorisme ou en combat urbain. Sans cet atout, le drone armé ne peut prétendre s'inscrire totalement dans l'esprit du droit international. C'est donc bien la haute précision et l'absence d'humain au contact qui apportent l'argument permettant de justifier cette rupture dans la manière de combattre du fantassin : l'arme pourra être dorénavant désolidarisée de son maître. Celui-ci gardera son contrôle et son usage, mais sans avoir à s'exposer aux mêmes conditions. Il pourra projeter le feu au contact, n'offrant à l'ennemi que des plaques de métal, ferrailles, un peu de technologie avancée et une valeur matérielle relative.



À gauche, *Snibot*® SCAR308 - cal. 7,62 x 51 mm – version à chenilles
À droite, prototype « 2015 » de la Pièce-feu du *Snibot*® SCAR308 (sans son carter carbone)

*

**

Paradoxalement, et au contraire de ce qui peut venir à l'esprit de prime abord, les drones effecteurs terrestres de technologie avancée de type *Snibot*® sont destinés à devenir des standards éthiques à l'opposé des robots de type Sala.

De plus, *ipso facto*, ces drones disposeront d'une capacité de neutralisation « anti-Sala » particulièrement efficace de par leur capacité de traitement ultra-précis des zones ciblées (*one sensor - one shot*).

Les brevets, les technologies, les savoir-faire sont français. Reste à dépasser les blocages psychologiques et à faire preuve d'audace dans la pensée stratégique. Demain, l'ennemi devra comprendre que ce ne sera plus systématiquement une vie contre une vie. ♦



Tous droits de propriété industrielle réservés France et étranger :

US Patent No.: US 9,671,197 B2

US Patent No.: US 9,754,380 B2

Les futurs systèmes de drones

Jean-Marc MOSCHETTA

Professeur d'aérodynamique (Département aérodynamique, énergétique et propulsion) à l'Institut supérieur de l'aéronautique et de l'Espace (ISAE-SupAero) et Directeur du Groupement d'intérêt scientifique (GIS) sur les Micro-Drones.

Pour la plupart de nos concitoyens et même pour certains décideurs, le mot drone évoque encore un aéronef de type avion, décollant d'une piste conventionnelle, catapulté, ou déployé verticalement, et opéré à distance dans le but d'effectuer des missions de surveillance, le plus souvent militaires. L'essor des mini-drones (de l'ordre du mètre), voire des microdrones (de l'ordre de la dizaine de centimètres) ou même des nanodrones (de l'ordre du centimètre), s'il n'est pas passé inaperçu du grand public, reste considéré comme un épiphénomène vis-à-vis des usages militaires. Sans doute faudra-t-il encore attendre quelques années pour que ces systèmes se répandent vraiment dans l'espace aérien général, mais en matière d'armement, il n'est jamais inutile d'anticiper. Ainsi, l'usage de drones artisanaux larguant des grenades par les factions islamistes au cours de la bataille de Mossoul (2016) a permis de constater que de nouvelles menaces se font jour du fait des nouvelles possibilités offertes par la miniaturisation des systèmes et l'amélioration fulgurante de leurs fonctionnalités.

Pour autant, l'expérience accumulée dans l'emploi des drones au cours des différents théâtres d'opérations extérieures (notamment en Afghanistan et au Mali) pourrait laisser penser que les armées qui détiennent cette technologie possèdent une arme sans risque pour nos forces, capables, selon l'expression du général américain David Deptula, de « projeter de la puissance sans projeter de la vulnérabilité »⁽¹⁾. De ce confort apparent résulte le glissement progressif de la doctrine d'emploi des drones dans les forces françaises au cours des dix dernières années : d'abord limités à des missions de renseignement et d'observation, puis engagés pour la désignation de cibles au profit des forces déployées sur le terrain, puis coordonnés avec des hélicoptères de combat et bientôt équipés de munitions avec la capacité de frapper en temps réel comme annoncé par la ministre des Armées Florence Parly en septembre 2017⁽²⁾. L'absence théorique de risque pris par les opérateurs, suscitant parfois de curieux « procès en lâcheté » semblables à ceux intentés autrefois aux artilleurs ou aux

(1) Lt-Gen. DEPTULA David, « Remotely Operated Air Power: Implications for Ethics, Policy and Strategy », *Air Power Australia Essay on Military Ethics and Culture*, ISSN 2201-9502, 2nd April 2013 (www.airsairpower.net/).

(2) PARLY Florence, « Discours de clôture de la ministre des Armées », Université d'été de la Défense 2017, Toulon, le 5 septembre 2017 (www.defense.gouv.fr/).

bombardiers, représente un avantage considérable sur les systèmes d'armes qui exposent davantage nos combattants. Cela sera sans doute encore vrai pendant un certain nombre d'années, mais il faut se rendre à l'évidence : les futurs systèmes de drones seront beaucoup plus envahissants et intelligents que nos systèmes actuels et aucun opérateur, aussi protégé que possible dans son « *shelter* » (abri), ne sera indéfiniment à l'abri des futurs systèmes de drones.

Des drones plus compacts et plus nombreux

Le rapide développement des systèmes embarqués d'une part, mais aussi la densification énergétique qui a accompagné la téléphonie mobile d'autre part, ont ouvert la voie à des aéronefs de plus en plus légers et compacts. Il y a maintenant davantage de puissance de calcul dans la plupart des *smartphones* que dans un drone *Harfang*. Cette puissance de calcul va continuer de croître ainsi que la qualité de la chaîne vidéo disponible sur les drones. Pour 1 000 euros environ, un particulier peut désormais avoir accès à une caméra volante gyro-stabilisée de très haute résolution (4K) et même à des caméras thermiques de type micro-bolomètres non refroidis qui commencent à fleurir sur les téléphones mobiles haut de gamme. La question de savoir si l'on doit continuer à investir dans un petit nombre d'appareils équipés de boules électro-optiques à longue portée extrêmement onéreuses, ou bien dans un très grand nombre de petits drones jetables pouvant s'approcher au plus près de la scène à observer, va commencer à se poser sérieusement dans les prochaines années.

Mais s'il est plus difficile pour les industriels de l'armement de réaliser de fortes marges sur des systèmes aériens qui s'apparentent à des jouets du commerce, les lois du marché imposeront d'elles-mêmes qu'il est préférable, pour réaliser une mission d'observation donnée, d'utiliser plusieurs petits vecteurs aériens plutôt qu'un seul. En outre, la miniaturisation des drones ne permet pas seulement de réaliser des économies ; elle donne la possibilité de réaliser des missions hors de portée des drones conventionnels. L'importance des combats urbains conjuguée à la quasi-impossibilité d'effectuer des frappes massives en ville – du moins en ce qui concerne les pays soucieux de respecter le Droit international humanitaire – rendent les drones armés de type *Reaper* moins pertinents dans un tel contexte. Des drones miniatures capables de détecter et éventuellement de neutraliser un *sniper* embusqué seront une aide précieuse pour sécuriser la progression du fantassin en ville. L'exemple actuel du *Black Hornet* initialement développé par Peter Muren de la société ProxDynamics, et aujourd'hui distribué par FLIR, illustre le développement d'un nanodrone de type hélicoptère de 20 grammes, équipé de caméras vidéos et infrarouge, et capable de voler 25 minutes. Il s'agit là d'un remarquable début. Pour le moment, ces nanodrones ne sont pas armés, mais l'Armée de l'air américaine ne cache pas son intention de doter ces systèmes d'une charge militaire capable d'exploser au visage d'un combattant ennemi. Leur petite taille permet en effet d'envisager d'investir un bâtiment à travers un soupirail ou une ouverture réduite, voire des conduites souterraines, de sorte que les personnels retranchés à l'intérieur d'un bâtiment deviendront très vulnérables. Le microdrone suicide *Rotem* commercialisé par la société israélienne IAI constitue un concept de ce genre et indique au passage que la frontière entre drone et missile devient aujourd'hui poreuse.

Pour le moment, la doctrine militaire d'emploi des micro- et nano-drones repose sur l'équipement d'un système par section d'hommes, voire un système par homme. Mais l'avenir est à l'essaim de drones, fonctionnant de manière coopérative, avec réallocation dynamique de tâches en cas de panne ou d'incident d'un vecteur aérien. Alors que la société Intel vient de réaliser le record de drones opérés par une seule station sol (1 200 drones coordonnés en décembre 2017 à l'occasion des Jeux olympiques d'hiver de PyeongChang), les ballets aériens de drones se généralisent (par exemple : Verity Studios). La capacité de communication directe entre drones par la technique *Ultra Wave Band (UWB)* laisse augurer des fonctionnalités nouvelles de type vol en formation serrée avec la perspective de conduite de vols coordonnés de drones à faible coût. Cette situation est comparable à celle d'un régiment composé de « pions tactiques » considérés autrefois comme des unités de valeur peu coûteuses individuellement, mais dont l'effet de groupe a pu être utilisés dans les conflits conventionnels jusqu'au début du XX^e siècle sous forme de vagues d'assaut successives. Seuls des drones de petite taille permettent d'envisager de telles cohortes. Sur un plan éthique, on voit que le pas sera bientôt franchi depuis une décision de tir dans laquelle un opérateur unique commande à un seul drone armé, vers une décision de tir dans laquelle un opérateur unique commande à une formation de drones, diluant ainsi la responsabilité en cas de dommages collatéraux.

Des drones plus « intelligents »

Les nouvelles techniques de robotique inspirées des progrès de l'Intelligence artificielle (IA) permettent désormais d'envisager la résolution de situations complexes dans lesquelles la perception de la situation est entachée d'erreur. Si le jeu d'échec ou le jeu de go, dans lesquels la situation du camp adverse est totalement transparente, se prêtent bien aux techniques d'apprentissage par renforcement au point que des programmes sont désormais capables de battre les meilleurs joueurs professionnels, il en va différemment des « jeux » dans lesquels la situation réelle est partiellement connue, comme sur un véritable champ de bataille. Néanmoins, les experts savent que même des jeux de stratégie qui simulent une situation de conflit dans laquelle les paramètres sont partiellement connus, tels que *Starcraft* ou *Warcraft*, ne résisteront encore à la suprématie de l'IA que pour un temps. Ces jeux de stratégie ne tarderont pas à suivre le chemin des échecs, du go ou du shogi pour lesquels la machine fera mieux que le meilleur champion humain. Ainsi, la densification de la puissance de calcul embarquée sur drones et l'accroissement des performances algorithmiques conduiront à des prises de décisions autonomes plus pertinentes que celles prises à distance par un opérateur humain. Même si l'on clame au plus haut niveau que la décision d'ouvrir le feu restera dans la main d'un décideur humain, on peut se douter que cette doctrine ne résistera pas longtemps à un principe de réalité face à l'efficacité et à la rapidité d'une décision de tir autonome. Parmi les puissances militaires dans le monde, certaines assument déjà sereinement l'idée de concevoir des drones de combat en partie dotés d'algorithmes non déterministes comme le drone russe *Okhotnik*, dont la configuration évoque fortement le drone de combat *nEUROn*. Or, de tels drones

pourront délivrer jusqu'à 2 tonnes d'armement, en particulier des bombes guidées laser de 250 kg.

Dans les débats sur l'autonomie des drones armés, les juristes objectent souvent que le robot ou le drone n'auront jamais que le statut d'un bien mobilier – ou d'une chose – et non celui d'une personne, ce qui fera de l'humain opérant le drone, le principal responsable – sinon le seul – des dommages causés. L'opérateur pourra bien entendu se retourner vers sa hiérarchie, qui pourra à son tour incriminer le fournisseur du système, lequel se retournera vers son concepteur, etc. Cette chaîne de responsabilité n'est pas nouvelle et l'augmentation de l'intelligence embarquée ne changera pas fondamentalement le problème, pense-t-on. Cependant, un robot ou un drone plus « intelligent », auquel on aura appris à mieux réagir à des situations imprévues et d'une très grande complexité sera un réceptacle commode pour diluer la responsabilité humaine du décideur. L'expérience de l'utilisation des chiens dans les armées est ici instructive. Un chien bien dressé constitue une arme redoutable sur le terrain, non seulement en raison de sa capacité à détecter un ennemi embusqué, mais également de le neutraliser en combat rapproché ⁽²⁾. Mais s'il peut être confronté à une situation de désorientation ou de stress inédite et devenir un danger pour son propre maître ou ses camarades, le fait reste exceptionnel et l'armée n'a aucun problème avec l'idée de disposer d'une arme « intelligente » dont les décisions propres comportent une certaine autonomie, en dépit du dressage. De fait, sa valeur militaire peut même être reconnue par une décoration. Dans un premier temps, les futurs systèmes de drones auront un peu le même statut que les chiens militaires dont le statut est inférieur à celui du soldat, mais supérieur à celui d'une simple arme mécanique.

L'accroissement de l'intelligence individuelle de chaque vecteur aérien s'accompagnera d'un autre phénomène, celui de l'apparition d'une « intelligence collective » lorsque les drones seront déployés en essaim. Le phénomène est bien connu des biologistes qui étudient les fourmis ou les bancs de poisson. Mus par des règles de coordination très simples, mais rigoureusement appliquées, comme le suivi moyen des individus proches et l'évitement du voisin immédiat, les bancs de poisson développent ainsi des stratégies de coordination efficaces contre les prédateurs, en l'absence d'un *leader* ou de chef de section organisant la marche serrée de chaque individu. De ces règles de coordination simples, ne requérant qu'une puissance de calcul limitée, naît une fonctionnalité nouvelle du groupe, lequel s'avère plus performant que la somme des contributions individuelles, d'où la notion d'intelligence collective. Ainsi, la capacité des fourmis à coopérer, que ce soit pour réaliser des passerelles permettant aux autres fourmis de franchir des obstacles insurmontables pour une fourmi isolée ou pour trouver collectivement le chemin le plus court dans un labyrinthe, est source d'inspiration chez les chercheurs. Ceux-ci parviennent maintenant à modéliser et à reproduire ces phénomènes dans une flotte d'agents coordonnés, qu'il s'agisse de robots terrestres ou de drones. À la manière des algorithmes de meutes déjà connus des

(2) En mai 2018, un chien militaire de race berger malinois a ainsi tué un *sniper* et sauvé la vie de 6 soldats des forces spéciales britanniques encerclés sous le feu djihadiste dans le Nord de la Syrie. cf. WILLIAMS Patrick, « SAS dog rips out jihadi's throat and saves patrol caught in ambush », *Daily Star*, 9 juillet 2018 (www.dailystar.co.uk/).

tacticiens, les drones en essaim pourront ainsi s'attaquer à des cibles relativement puissantes et bien protégées en jouant sur l'effet de harcèlement et d'attaques coordonnées. Sur un plan militaire, cet effet de harcèlement constituera un avantage considérable par rapport à de gros systèmes qui mobilisent actuellement un nombre important d'hommes.

La perspective tend aujourd'hui à s'inverser dans les laboratoires de recherche : un seul opérateur pouvant bientôt opérer un grand nombre de drones en allouant au groupe une mission précise, mais sans spécifier le rôle de chacun, lequel sera déterminé par sa situation individuelle vis-à-vis de la cible ainsi que ses paramètres vitaux (batterie, intégrité des organes de bord, etc.). L'opérateur pourra ainsi piloter quelque chose comme le centre de gravité de l'essaim, laissant aux algorithmes embarqués le soin de coordonner les drones entre eux et de réattribuer dynamiquement à chaque drone de nouvelles tâches. On voit que ce phénomène d'intelligence collective n'est envisageable que parce que les « pions tactiques » sont nombreux et peu coûteux, voire jetables. Si les phénomènes de groupe, bien connus de la tactique militaire, seront gérés, sans doute encore pendant longtemps, par le haut commandement humain, il est assez clair que le pouvoir de l'homme dans la conduite des combats suivra une tendance générale à migrer du niveau tactique vers un niveau plus stratégique. Sur un plan éthique, il est important de réaliser que cette migration, ce recul du rôle de l'humain dans la conduite élémentaire des combats, se fera de manière irréversible. L'exemple des robots financiers qui ont remplacé les opérateurs humains pour passer des ordres de transaction boursière est édifiant : plus personne n'est aujourd'hui en mesure de revenir en arrière et de mettre en œuvre une règle telle que le contrôle en temps réel de chaque opération boursière par un agent humain. Il en sera de même pour la conduite de la guerre, en dépit des promesses solennelles qui sont faites aujourd'hui en ce sens vis-à-vis des « robots tueurs ».

Des drones plus endurants

Depuis que les drones sont déployés dans les opérations militaires, leur capacité à voler en permanence sur zone est un critère décisif d'utilisation. Il est en effet essentiel de maintenir un suivi permanent des opérations menées au sol pour éviter des effets de discontinuités pouvant mettre en péril des missions de renseignement. En outre, les missions *ISR* (*Intelligence, Surveillance and Reconnaissance*) réclament une capacité d'observation *H24* pour repérer les subtiles variations de comportement de l'ennemi. Par conséquent, les futurs systèmes de drones sont appelés à être plus endurants. Certes, une noria de drones se relayant continûment peut, en principe, assurer cette permanence aérienne, mais la réalisation continue des opérations de déploiement-récupération n'est pas sans risque et représente un coût opérationnel non négligeable. C'est pourquoi chaque drone est amené à accroître considérablement son endurance. Plusieurs ruptures technologiques laissent augurer que les futurs drones deviendront capables de rester en l'air plus longtemps, malgré la tendance conjointe à en réduire la taille.

La première piste concerne la densification de la source d'énergie à bord. Si le vol thermique bénéficie de la forte densité énergétique des hydrocarbures, la miniaturisation des moteurs thermiques conduit à une chute significative de leur rendement. La raison n'est pas seulement liée à des difficultés de fabrication : la tolérance mécanique imposée par la réduction des fuites dans la chambre de combustion constitue une contrainte pratique qui s'ajoute à la fragilité intrinsèque de micro-structures articulées. Elle est surtout liée au fait qu'en première approche, les pertes de chaleur dans la chambre sont proportionnelles à sa surface, tandis que la puissance développée est proportionnelle à son volume. Or, le volume diminue plus vite que la surface de la chambre de combustion. Par conséquent, la transformation en travail mécanique de la chaleur dégagée par l'explosion dans les cylindres devient beaucoup moins efficace à échelle réduite.

Parallèlement, l'amélioration continue des moteurs à aimants permanents combinée avec leur souplesse d'utilisation et leur fiabilité, ont conduit la plupart des concepteurs de drones à considérer la propulsion électrique, y compris jusqu'à des aéronefs de l'ordre de 100 kg. Reste que la source de l'énergie électrique à bord reste un problème crucial. Les meilleures batteries actuelles basées sur la chimie au Lithium permettent d'atteindre des valeurs de l'ordre de 250 Wh/kg (contre environ 10 kWh/kg pour l'essence). Les projections des chercheurs pour de nouvelles batteries de type Lithium-air laissent augurer des densités énergétiques théoriquement comparables à celles de l'essence. En outre, les piles à hydrogène actuellement commercialisées permettent déjà d'accéder à des densités énergétiques comprises entre 600 et 1 000 Wh/kg, avec des progrès considérables accomplis dans la miniaturisation des modules de production d'électricité à bord.

Pour autant, ces nouvelles sources de stockage de l'énergie ne constituent pas la seule révolution attendue. L'énergie solaire, si elle reste tributaire des conditions d'ensoleillement au moment de la mission, représente une source d'accroissement de l'endurance qui donne lieu à des projets de « drones satellites » pouvant rester en l'air en permanence. Toutefois, l'exploitation de l'énergie solaire est d'autant plus intéressante que la taille du drone est réduite. En effet, la puissance électrique instantanée pouvant être extraite de l'énergie solaire est directement proportionnelle à la surface des cellules photovoltaïques déployées sur l'extrados du drone. Or, lorsque la taille du drone est réduite, la surface alaire diminue moins vite que sa masse. Par conséquent, le rapport entre la puissance recueillie par les cellules photovoltaïques et la puissance nécessaire au vol a tendance à augmenter lorsque le drone est plus petit. Mais même pour des drones de petite taille, l'énergie solaire ne peut représenter qu'une source d'énergie d'appoint.

Plus intéressante est l'énergie contenue dans l'environnement aérologique du drone. Les mini-drones de surveillance à voilure fixe évoluent typiquement à des niveaux de vol de 300 pieds où les perturbations atmosphériques sont importantes, en raison des effets de la couche limite atmosphérique et de la présence d'obstacles au sol générant des structures tourbillonnaires. Les faibles vitesses d'évolution des drones évoluant à ces niveaux de vol sont alors comparables aux vitesses de l'air incident dues au

développement des perturbations atmosphérique. Les gradients de vent ainsi générés et l'énergie stockée dans les structures tourbillonnaires sont une source d'énergie tout à fait significative. Pour des avions conventionnels traversant ces structures à vitesse élevée, ces perturbations sont source d'inconfort et ne peuvent être exploitées sur un plan énergétique. En revanche, pour des drones de petite taille réalisant des missions de surveillance à faible vitesse, l'énergie aérologique constitue un gisement considérable d'énergie pour accroître leur endurance. Plusieurs espèces d'oiseaux exploitent ces sources d'énergie depuis des millions d'années et la transposition sur un drone de ces principes d'extraction d'énergie laisse entrevoir des capacités décuplées d'augmentation de l'élongation du drone ou de son endurance. Le cas de l'albatros exploitant ainsi le phénomène de « *dynamic soaring* » (ou vol de gradient) est particulièrement remarquable puisqu'un individu moyen peut effectuer près de 800 km en une seule journée, sans jamais battre des ailes, mais en exploitant seulement le gradient spatial constitué par la couche limite atmosphérique en effectuant des trajectoires « bouclées » selon des caps précis. D'autres volatiles tels que le faucon crécerelle exploitent dynamiquement les perturbations atmosphériques présentes à faible altitude pour surveiller un territoire des heures durant, en minimisant leur dépense énergétique. De telles stratégies de vol inspirent déjà des lois de pilotages permettant d'extraire l'énergie aérologique de manière autonome et de réduire la puissance nécessaire au vol en palier d'un facteur pouvant aller jusqu'à 40 % !

Finalement, les capacités nouvelles de communication entre drones et la possibilité de réaliser un vol en formation serrée ouvre la voie à une réduction de la puissance nécessaire au vol par interaction aérodynamique. Imitant le vol des oiseaux migrateurs qui se déplacent sur de longues distances pour franchir des distances inaccessibles à un individu isolé, un vol de drones en essaim peut ainsi potentiellement réduire cette puissance de vol d'un facteur 2, laissant la possibilité d'accroître considérablement l'endurance ou l'élongation de l'essaim pour atteindre la zone au-dessus de laquelle les drones pourront ensuite se déployer.

Des drones plus discrets et plus envahissants

L'utilisation de drones au contact se heurte à plusieurs problèmes pratiques, parmi lesquels la discrétion est l'un des plus importants. Les missions de renseignement à faible distance exigent que la présence du drone – et plus encore celle de l'opérateur du drone – ne soit pas détectée. Par discrétion, il faut bien entendu considérer la discrétion visuelle, électromagnétique et acoustique. Sur le plan visuel, l'expérience montre que des micro-drones de l'ordre de quelques dizaines de centimètres sont pratiquement indétectables à l'œil nu, notamment s'ils parviennent à se confondre avec des volatiles naturels. Le choix de l'*US Air Force* de financer les études sur les configurations de drones à voilures battantes dans les années 1990 a été sans doute largement guidé par l'idée d'un effet camouflage. Malheureusement, les difficultés technologiques inhérentes au vol battu ajoutées à la relative médiocrité propulsive du vol battu lui-même ont conduit la plupart des dronistes à se détourner de cette solution inspirée de l'imitation de la nature. Si la signature radar des drones de type multiroteurs est très faible, les opérateurs *in fine* réclament depuis plusieurs années des drones plus discrets

sur le plan acoustique. À ce sujet, plusieurs groupes de recherche dont l'ISAE-SupAero travaillent aujourd'hui sur la réduction du bruit des drones, dont l'essentiel, s'agissant des drones électriques, provient de l'hélice. Le problème est contraint par le fait que l'objectif est de réduire la signature acoustique sans dégrader la performance propulsive. De nouvelles formes d'hélices silencieuses ont ainsi été conçues, réalisées puis testées en vol à l'ISAE-SupAero, avec le soutien de la Direction générale de l'armement (DGA), indiquant que des gains très significatifs peuvent être obtenus dans la réduction de la signature acoustique des drones. Mais ces développements n'en sont qu'à leur début car des pistes nouvelles de réductions de bruit s'ouvrent aujourd'hui avec l'exemple de la chouette dont la forme particulière des plumes permet d'obtenir un vol extrêmement silencieux propice à surprendre ses proies de nuit.

En termes de discrétion acoustique, la meilleure solution pour un drone consiste bien entendu à arrêter le fonctionnement des hélices. Cela suppose donc de travailler sur des moyens de s'accrocher aux obstacles ou simplement de pouvoir se poser au sol avant de redécoller lorsque le moment est plus propice. Plusieurs configurations de drones équipés d'une structure de protection ont été étudiées à l'ISAE-SupAero tels qu'un drone appelé *Vision'Air* équipé de ventouse pouvant se coller et se décoller sur une vitre d'immeuble (FIG. 1, gauche). En mode silencieux, un tel drone peut continuer à transmettre des images à distance sans attirer l'attention. Une autre configuration intéressante est le *MAVion Roll&Fly* qui est un drone convertible, capable d'effectuer des phases de vol stationnaire et des phases de vol horizontal et dont la structure de protection des hélices est en réalité une paire de roues libres permettant au drone de se poser, puis de redécoller facilement bénéficiant du fait que, par effet culbuto, l'engin reprend naturellement sa position verticale (FIG. 1, centre). En pratique, l'adjonction de roues permet également un déplacement aisé au contact des parois planes telles que les murs ou les plafonds, ce qui facilite considérablement la progression à l'intérieur des bâtiments, notamment lorsque l'on ne dispose pas d'une connaissance préalable des lieux. Récemment, l'École polytechnique fédérale de Lausanne (EPFL) a développé un concept de drone équipé d'une sphère ajourée

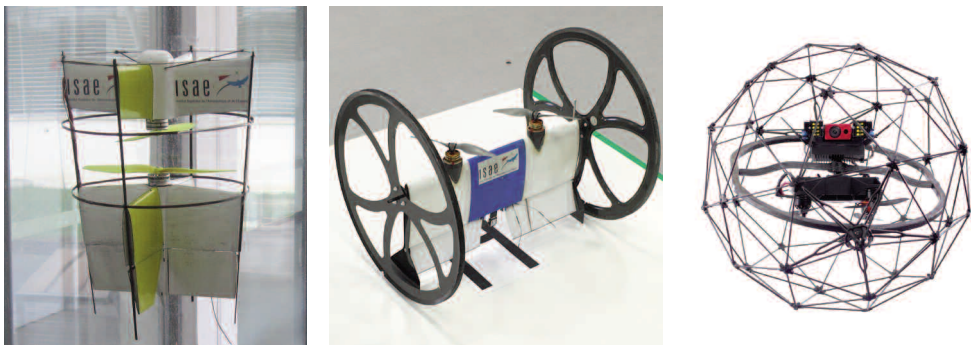


FIG. 1 – Les micro-drones : *Vision'Air* (ISAE-SupAero, à gauche), *MAVion Roll&Fly* (ISAE-SupAero, au centre) et *Elios* (Flyability, à droite).

pouvant pivoter sur deux axes et commercialisé par la société Flyability (FIG. 1, droite). Ce drone permet de s'approcher des obstacles, d'évoluer dans des environnements confinés et complexes sans rester bloqué et s'avère même capable de s'insinuer dans des conduites souterraines, des crevasses de glacier ou encore de traverser une forêt avec du sous-bois. On voit donc que ces différents concepts tracent la voie vers des systèmes de drones de plus en plus envahissants et robustes, combinant des fonctionnalités inspirées des robots terrestres et des robots aériens, voire des robots sous-marins comme l'illustre l'exemple du *Loon Copter*, un quadrirotor développé par l'Université d'Oakland qui peut voler au-dessus de l'eau, se déplacer sur la surface et finalement s'immerger et évoluer sous l'eau.

*

**

Les futurs systèmes de drones seront plus compacts, plus nombreux, bon marché – voire jetables pour certains, déployables en essaims, plus intelligents et adaptatifs, à la fois individuellement et collectivement, plus endurants et discrets et surtout plus envahissants grâce à leur capacité de s'insinuer dans des environnements complexes tels que des faux plafonds, conduites d'aération, égouts, etc. Ils n'offriront finalement que peu de répit et de zones de sécurité aux futurs combattants, mais constitueront en retour les compagnons indispensables à la progression des forces au sol. Sur un plan éthique, ces futurs systèmes ne seront plus contrôlés individuellement, mais collectivement, avec des capacités d'observation et d'action démultipliées qui rendront difficile une supervision humaine exhaustive et le contrôle préalable des règles d'engagement par un opérateur humain. ♦

Le regard d'un *leader* mondial du marché des drones civils : dissémination technologique et autonomie grandissante face aux détournements d'usage par des mouvements terroristes

Henri SEYDOUX

| Président et fondateur de Parrot.

Aujourd'hui, comme pour l'aviation en 1914 et comme pour les engins balistiques en 1939, la technologie pour développer des robots autonomes est disponible. C'est en particulier vrai pour les microdrones dont ma société Parrot est depuis 12 ans un des acteurs principaux développant cette technologie. Ceux-ci sont aujourd'hui couplés à de l'Intelligence artificielle (IA). De plus, pour la première fois dans l'histoire des sciences et des techniques, l'ensemble d'une technologie nouvelle est disponible en *open source* ⁽¹⁾, ce qui pose la question de leur dissémination et de leur utilisation par de nombreux pays et par des groupes terroristes.

Les tâches accessibles par des microdrones militarisés

L'IA fait des progrès constants depuis plusieurs décennies. Pour le jeu d'échecs, il y a maintenant vingt ans qu'un ordinateur a battu le meilleur joueur humain. C'est vrai aujourd'hui pour le jeu de Go et pour la quasi-totalité des autres jeux. Les programmes d'ordinateurs surclassent les meilleurs joueurs humains. Il y a beaucoup d'autres tâches pour lesquelles des algorithmes d'intelligence artificielle battent les meilleurs experts humains. La reconnaissance de forme est l'une d'elle : en matière d'identification de visages dans des bases de données d'images les performances des systèmes de *Deep Learning* dépassent aujourd'hui les meilleurs experts. Lorsqu'une tâche comme « jouer aux échecs » est bien définie, les ingénieurs sont désormais capables de concevoir des algorithmes ayant des capacités supérieures à celles des meilleurs spécialistes humains.

Toutes les tâches nécessaires à la réalisation de microdrones autonomes sont maintenant suffisamment bien définies et il existe des solutions algorithmiques pour réaliser chacune d'entre elles avec un très bon niveau de fonctionnement. C'est ce que nous allons voir.

(1) Ou « code source ouvert » : il est possible librement de la distribuer, d'accéder à son code source et de créer des travaux dérivés.

Le drone comme éclaireur

Un microdrone quadricoptère d'environ 400 g peut voler devant un homme à pied ou en voiture. Le drone vole à environ 100 m devant lui. Le drone filme et transmet la vidéo des environs en temps réel avec une caméra thermique. Un logiciel de classification d'images analyse celles-ci et reconnaît des « *patterns* » (formes) représentant une personne, un véhicule, un animal... Le drone vole de manière autonome : aucune attention de l'opérateur n'est mobilisée pour le piloter. En temps réel, les images sont analysées et transmises aux opérateurs. La reconnaissance d'image permet d'envoyer des messages en clair comme « Détection de personne ». Ce microdrone peut évoluer dans un environnement assez obstrué comme une forêt. La société californienne Skydio commercialise son drone *RI* : autonome, il peut suivre un coureur dans une forêt en évitant les arbres et en retrouvant un chemin pour rejoindre sa cible. Ce type de quadricoptère vole environ 30 minutes, et un homme peut transporter de nombreuses batteries permettant de le faire voler 30 min supplémentaires.



Drone *RI* de la société Skydio suivant de manière autonome un sportif dans un bois

Le drone comme une arme

Le microdrone peut transporter une charge de 100 g d'explosifs. Grâce à ses caméras vidéo, il peut repérer des cibles et se diriger vers elles. Il peut ensuite exploser à proximité. La décision est prise par un opérateur humain. Il reçoit du drone des images vidéo et des résultats des algorithmes de reconnaissance d'image qui lui indique les cibles potentielles ainsi que l'indice de confiance de l'algorithme de reconnaissance d'image. L'opérateur peut valider ou non l'usage de l'arme par le drone. Il se fait aider pour cela par de puissants algorithmes tournant sur le « *cloud* » avec lequel le drone est relié en permanence.

Un jour, la tentation sera grande de retirer « l'homme dans la boucle » pour prendre la décision d'utilisation de l'arme sachant que les algorithmes d'intelligence artificielle seront très probablement considérés comme plus efficaces que les meilleurs opérateurs humains, comme le sont aujourd'hui les algorithmes pour jouer aux échecs.

Protection des sites

Pour la protection d'un site, sont déjà commercialisés des boîtiers de la taille d'un réfrigérateur contenant un quadricoptère, des moyens de recharge et de changement de batterie avec des panneaux solaires.

À partir de la base, le quadricoptère effectue des rondes en permanence. Dès qu'il y revient, un bras robotisé retire sa batterie, la met en charge et la remplace par une batterie chargée. Le drone peut alors redécoller immédiatement. Lors d'une ronde,

le drone repère des tentatives d'intrusion par des personnes ou des véhicules. Il transmet en temps réel des images et des alertes qualifiées. S'il est armé, il pourrait aussi tenter d'intercepter les intrus avec ou sans opérateur humain dans la boucle.

Drones en essaim

Un essaim de petits drones peut pénétrer dans un immeuble. Les drones peuvent ouvrir les portes fermées ou les fenêtres en explosant à proximité comme le drone *Loki1* de la société belge SkyHero. Les drones peuvent parcourir un immeuble sans l'assistance d'un *GPS*. En extérieur, ils peuvent aussi voler sans *GPS* lorsqu'ils disposent d'une carte 3D de la zone à survoler sur laquelle ils peuvent se repérer. En parcourant l'immeuble et tous ses différents étages, les drones constituent une carte 3D de l'immeuble en utilisant un algorithme de *SLAM* ⁽²⁾. En volant de pièces en pièces, ils peuvent détecter des personnes ou d'autres objets dont ils ont des références dans leur base de données. S'il est armé, le drone peut envahir l'immeuble par lui-même ; s'il n'est pas armé, il fait parvenir en temps réel des images vidéo et une carte d'occupation en 3D de l'immeuble à la force d'intervention.

En généralisant l'usage précédent, une armée de microdrones pourrait pénétrer dans une ville et inspecter les immeubles de proche en proche. Ils seraient suivis par des véhicules robotisés assurant le transport, la recharge et l'échange des batteries des drones en utilisant leur moteur thermique. Le niveau fonctionnel de ces robots est du même ordre de complexité que celui des voitures autonomes mises au point par Google par exemple. La force robotisée pourrait être larguée d'un avion dans des containers et progresser de manière autonome dans une ville. On lui enverra des renforts et du ravitaillement en carburant par parachutage.

Ces tâches sont envisageables dès aujourd'hui. Les spécialistes des drones connaissent les briques technologiques disponibles à l'heure actuelle pour réaliser leur développement. Ainsi, ces fonctions seront réalisées dans un avenir proche... Je pense que moins de 10 ans seront nécessaires pour rendre opérationnel un système complet de ce type.

La technologie disponible pour les robots autonomes

Toutes les technologies nécessaires pour réaliser les missions précédentes sont disponibles actuellement. Le *hardware* a fait des progrès extraordinaires grâce au développement de l'industrie des smartphones. Si les composants développés pour les *smartphones* permettent de concevoir, construire et fabriquer des robots très puissants, c'est principalement grâce au *software* – dont de nouvelles classes d'algorithmes permettent l'autonomie des robots – que les progrès récents sont les plus fascinants.

(2) *Simultaneous Localization and Mapping* : Localisation et cartographie simultanées.

Le software

Pour réaliser un microdrone autonome, il faut disposer de 3 algorithmes : l'autopilote, l'évitement d'obstacles et l'intelligence artificielle.

Lorsqu'un microdrone peut voler avec une précision centimétrique, il peut se mouvoir dans un environnement encombré sans *GPS* pour suivre une mission prédéfinie. S'il peut également identifier des cibles avec un degré de certitude plus exact que les meilleurs experts humains et qu'il peut prendre la décision d'utiliser une arme, alors ce drone est autonome.

Autopilote

Les autopilotes des microdrones permettent de contrôler le vol avec une précision centimétrique. L'innovation introduite, il y a 10 ans, par Parrot par rapport aux autopilotes d'engins plus grands, est d'utiliser des données en provenance de caméras vidéo directement par le logiciel de l'autopilote. Une caméra vidéo filme le sol à 60 images par seconde. Un algorithme de flux optique effectue une mesure très précise de la vitesse par rapport au sol : de cette manière le drone reste en point fixe même par un vent de 40 km/h.

Les microdrones suivent des plans de vol grâce au *GPS*. Si nécessaire, on peut le remplacer par de la localisation du terrain sur une carte 3D. Avec sa caméra verticale, un drone sera capable de recalculer précisément sa centrale inertielle.

Aujourd'hui, les microdrones atterrissent avec une précision centimétrique sur leur point de décollage. Ils peuvent aussi se poser sur des véhicules en mouvement. La société Planck fournit des quadricoptères qui se posent sur des « jeeps » ou des « zodiacs » sans que ceux-ci n'aient besoin de s'arrêter pour récupérer le drone. L'atterrissage est guidé initialement par le *GPS*, la séquence finale est guidée par traitement d'image. Un logiciel évalue la distance et les mouvements de la plateforme d'atterrissage en temps réel grâce aux images de leur caméra verticale. Le drone est piloté de manière autonome jusqu'à se poser sur le véhicule, une pince l'amarre ensuite solidement. Un tel atterrissage est un bon exemple de séquences complexes entièrement autonomes réalisées aujourd'hui par les microdrones.



Drone développé par la société Planck et sa plateforme de récupération automatique qui fonctionne même pendant la marche du véhicule

L'évitement d'obstacles

Pour que le vol autonome soit robuste, il est nécessaire que le drone qui vole à hauteur d'homme évite les obstacles qui se présentent devant lui.

Le progrès récent vient de l'intégration de caméras stéréo permettant d'obtenir la « carte de profondeur » de l'image vidéo. Avec jusqu'à 6 paires de caméras stéréo pointant dans chacune des directions, les microdrones actuels disposent d'informations de distance les séparant des objets dans toutes les directions. Un algorithme de la famille « *Model Predictive Control* » permet de calculer en temps réel une trajectoire optimale d'évitement d'obstacles. En cas de blocage dans une impasse, un algorithme prend la main et recherche une sortie. La sortie dans le cas d'un drone volant existe presque toujours systématiquement. On peut chercher à rebrousser chemin, on peut aussi en extérieur orienter les caméras vers le haut pour chercher une sortie au-dessus de la végétation.

Lors de la mission, le drone cherche les stratégies de vol les moins risquées. Il sélectionne le plus souvent le vol à la limite supérieure de la canopée ce qui lui permet de voler dans un espace peu encombré.

L'intelligence artificielle

Une fois le drone en vol à la fois capable d'éviter les obstacles et de déterminer des stratégies de vol efficaces, il peut utiliser tout l'arsenal des algorithmes d'IA disponibles.

Les processeurs modernes offrent des accélérateurs *hardware* permettant de faire tourner du code de réseaux de neurone comme « *MobileNets* » ou « *Inception* ». En vol, le drone est capable de faire tourner les algorithmes d'identification d'images pour détecter des véhicules, des personnes. Une option encore plus puissante consiste à connecter le drone à un « cloud » auquel il envoie un flux vidéo en temps réel. Notons que sur les serveurs, il n'y a plus de limites de puissance de calcul, de dimension, de confidentialité et de mise à jour des bases de données.

Le drone effectue de la classification d'images par réseau de neurones. Les algorithmes de classification d'images ont progressé considérablement ces dernières années. Ils sont maintenant suffisamment fiables pour identifier des visages lors des passages à des frontières par exemple. Ils battent les meilleurs spécialistes humains et leurs performances peuvent être mesurées très précisément.

Un drone moderne est capable de voler de manière précise et stable, d'éviter les obstacles et d'identifier des cibles dans des images vidéo en utilisant les meilleurs algorithmes d'intelligence artificielle. Il doit être déjà considéré comme étant très autonome.

Le hardware

Les drones empruntent l'essentiel de leur *hardware* à la banque d'organes des téléphones portables.

Les MEMS (*Microsystèmes électromécaniques*)

La centrale inertielle des microdrones est réalisée avec les MEMS développés pour détecter l'orientation des téléphones portables. Ces composants sont par exemple fabriqués par la société suisse ST Microelectronics. Ils permettent pour quelques dollars de disposer d'un gyroscope et d'un accéléromètre 3 axes qui ont un biais suffisamment faible de l'ordre de 0,1°/s. Leur faible coût et leur faible encombrement permettent de loger deux centrales inertielles dans un microdrone : une dans le corps du drone et la seconde dans la caméra.

Caméra stéréo

La nouveauté est la disponibilité à bas coût de caméras « *Global Shutter* », à savoir des caméras avec lesquelles tous les pixels sont acquis en même temps. On utilise ces caméras par paires. Un algorithme recherche les points identiques dans les deux images puis il calcule l'angle qui existe entre un même point identique dans chacune des images. Il en déduit la distance du point.

Les microdrones du commerce embarquent jusqu'à 6 caméras stéréo qui permettent d'obtenir une estimation de la distance des objets entourant le drone dans toutes les directions. Ces caméras stéréo peuvent fonctionner dans l'infrarouge, la scène peut y être éclairée, rendant possible l'utilisation des microdrones de nuit.

Caméra bifocale, zoom et gimbal

L'industrie du téléphone portable a réussi un fantastique succès technologique en développant des appareils photos de grande qualité intégrés dans l'épaisseur d'un téléphone de moins d'1 cm. Les téléphones actuels disposent de caméra 20 mégapixels permettant avec deux capteurs de réaliser un zoom x 3 en vidéo 4K. Lorsqu'on se contente de la résolution HD à 720p, on obtient un zoom 12 fois.

Chez Parrot, c'est ce type de caméra que nous développons et intégrerons dans nos drones. Un des succès de notre industrie a été de développer des « *Guimbals* »⁽³⁾ stabilisées pour d'aussi petites caméras. Nos « *Guimbals* » permettent de stabiliser l'image dans toute l'enveloppe de vol du drone.

Caméra FLIR miniature

La société américaine FLIR commercialise une caméra sensible dans l'ultrarouge lointain en une seule puce : le « *Lepton* » que nous avons intégré dans la tête gyrostabilisée d'un microdrone Parrot *Anafi*. Par traitement



Drone Parrot *Anafi2* : caméra 21Mpixels avec zoom et caméra FLIR *Lepton* sur la tête gyrostabilisée

(3) Cardan tournant qui permet à un objet de tourner autour d'un axe unique.

d'image, nous mixons l'image infrarouge basse définition avec l'image vidéo haute définition. Cela permet de visualiser dans l'image visible des points chauds comme des animaux, des personnes et des véhicules.

Processeurs de téléphones portables

Les puces les plus récentes incluent de très nombreux blocs *hardware*. Notamment un *CPU* : processeur multicœur cadencé à plus d'1 GHz, et un *GPU* ⁽⁴⁾, lui aussi multicœur permettant le traitement d'image 3D. Il est utile aux drones pour réaliser la stabilisation d'image. Des *DSP* ⁽⁵⁾ multicœur offrant une puissance de calcul supérieur aux *CPU* sont utilisés pour le traitement d'image. Un bloc stéréovision permet d'extraire la « carte de profondeur » d'une paire de caméras sans encombrer le *CPU*. Un bloc accélérateur *hardware* de réseau de neurones fait tourner des réseaux précédemment entraînés avec les logiciels classiques comme TensorFlow. Toutes ces fonctions sont utilisées en parallèle dans un microdrone.

Ces processeurs sont commercialisés pour quelques dizaines de dollars. Il faut leur adjoindre une radio digitale, par exemple *Wifi*, des caméras et un *GPS* pour réaliser un drone à l'état de l'art.

Liaisons numériques cryptées

Les microdrones utilisent les technologies de liaison radio grand public. Les drones grand public occupent les bandes de fréquences libres à 2,4 GHz et 5 GHz. Ces fréquences sont partagées avec *Wifi*, *Bluetooth* et de nombreuses autres liaisons radio. La tendance est aussi d'intégrer une liaison 4G permettant d'utiliser le drone en dehors de la ligne de visée.

La liaison *Wifi* porte jusqu'à 5 km lorsque la ligne de visée est maintenue et lorsque le spectre électromagnétique n'est pas trop encombré. Les liaisons 4G ne souffrent pas de ce problème, leur débit étant malheureusement beaucoup plus faible.

La technologie pour réaliser des radios militarisées plus robustes aux brouillages existe et peut être adaptée aux microdrones.

Réseaux de neurones embarqués

Des réseaux de neurones entraînés par apprentissage profond (*Deep Learning*) fonctionnent sur les *chipsets* ⁽⁶⁾. En particulier, les réseaux de classification d'images qui permettent par exemple de reconnaître un visage parmi des centaines de milliers. Ces réseaux de neurones peuvent reconnaître une silhouette d'un humain même si celui-ci cherche à se dissimuler ; ou reconnaître des véhicules (de la bicyclette au 4x4).

(4) De l'anglais *Graphics Processing Unit*, processeur graphique.

(5) Microprocesseur optimisé pour exécuter des applications de traitement numérique du signal (filtrage, extraction de signaux, etc.) le plus rapidement possible.

(6) Littéralement « jeu de puces » en anglais, c'est un jeu de composants électroniques inclus dans un circuit intégré préprogrammé permettant de gérer les flux de données numériques entre processeur(s), mémoire et périphériques.

Ils fonctionnent à partir d'une base de données d'images. Ces réseaux de neurones peuvent être réalisés par exemple avec TensorFlow : un logiciel *open source* parmi les plus puissant du marché développé par Google. L'environnement de développement *AutoML* ⁽⁷⁾ permet de réutiliser des réseaux existants qui ont fait leurs preuves. Des accélérateurs *hardware* permettent de faire tourner les réseaux de neurones avec une empreinte de consommation électrique réduite et sans encombrer le processeur principal.

Une fois un seuil de confiance atteint par l'algorithme de reconnaissance d'image, le drone peut être programmé pour tenter d'intercepter une cible. Le seuil de confiance peut être vérifié en laboratoire avec des systèmes de preuves très robustes qui utilisent des simulateurs photoréalistes et d'importantes bases de données d'images de test.

Toutes les technologies citées ci-dessus existent. Elles ont été développées pour les drones grands public et professionnels actuellement sur le marché. L'enjeu du drone futur est plus spécifiquement localisé dans l'amélioration du logiciel d'intelligence artificielle et de son système de preuves de sûreté de fonctionnement associé. La qualité et la confiance dans le système dépendent des investissements que l'on est prêt à effectuer dans la constitution des bases de données d'images et des algorithmes de traitement d'images.

Inéluctable dissémination

Les éléments principaux matériels et logiciels sont déjà disponibles sur *Internet*. Ils sont déjà disséminés. Pour le matériel, c'est simple : les fabricants de drones grand public (comme c'est le cas pour Parrot) offrent depuis plusieurs années des quadricoptères avec toutes les fonctions nécessaires. On peut aussi trouver sur *Internet* les composants (moteurs, radios, caméras, caméras stéréos, processeurs) nécessaires à la fabrication de drones que l'on pourra customiser et qui ont les capacités décrites dans cet article.

En matière de logiciel, les deux éléments clef, l'autopilote pour quadricoptère (par exemple PX4 ou ArduPilot) et l'IA nécessaire pour le développement de classificateur d'image par réseaux de neurone à apprentissage profond sont disponibles en *open source*.

Dissémination par des terroristes

Tous les niveaux de fonctionnement entre l'autonomie complète et le drone piloté manuellement permettent de concevoir des microdrones létaux.

Aujourd'hui, les forces spéciales de nombreux pays utilisent les drones *Loki1* qui sont pilotés manuellement. Ils peuvent pénétrer dans des immeubles et transporter des explosifs. Les opérateurs peuvent les déclencher à distance. Des groupes terroristes au Moyen-Orient font la même chose avec des drones bricolés à partir de drones

(7) Pour *Automated Machine Learning*.

grand public et de matériel de « *hobbyist* » (amateur). Ils transportent des charges explosives et mènent des attaques.

Les drones grand public utilisant un code de réseau de neurones pour filmer et suivre un sportif, par exemple un skieur, sont disponibles dans le commerce. Ont-ils été déjà utilisés par des groupes terroristes ?



Drone *Loki1* de la société Sky Hero

Le drone est piloté manuellement par des pilotes des forces spéciales qui le font exploser lorsqu'il atteint l'objectif.

Dissémination par des États

Développer des essaims de drones plus au moins autonomes est à la portée des États même des plus petits. Quelques dizaines de drones, même pilotés manuellement, peuvent être transportés dans des *jeeps*. Ils peuvent être envoyés simultanément depuis plusieurs points différents séparés d'une distance de 2 km par exemple. Les drones peuvent avoir pour mission de converger vers les postes de garde d'un même bâtiment et exploser à proximité de tous les individus et de tous les véhicules qui s'y trouvent. Ils pourraient voler sans *GPS*, Google Maps offrant une résolution suffisante pour qu'un algorithme embarqué sur le drone soit capable, à partir d'une photo de sa caméra verticale prise à 100 m d'altitude, d'y trouver précisément sa position sur la carte de Google Maps préalablement chargée dans le drone.

Le développement d'un petit système d'essaim de drones est favorisé par le faible coût de la technologie à mettre en œuvre. Un drone grand public coûte entre 500 \$ et 5 000 \$. Consommer les drones à chaque mission n'est donc pas un obstacle. Une équipe de quelques dizaines d'ingénieurs, développeurs de logiciel pour la plupart,

est suffisante pour adapter les drones actuellement vendus dans le grand public et leur donner des caractéristiques offensives. Le développement d'une telle arme est beaucoup plus rapide, moins coûteux, plus discret et beaucoup moins complexe que par exemple le développement d'un parc de centrifugeuses d'enrichissement de matières fissibles déjà réalisé par plusieurs États.

L'emploi de l'arme « essaim de microdrones » est encore nouveau. La doctrine d'utilisation d'une telle arme reste à définir. Un essaim de petits drones peut certainement saturer temporairement des défenses terrestres. Ils peuvent être déployés en mode terroriste. Ils pourraient attaquer une foule dans une ville en paix par exemple et être mis en œuvre discrètement à partir de fenêtres d'immeubles.

Un pays disposant d'une technologie plus avancée pourra opérer des essaims de microdrones à très grandes distances. Des flottes de microdrones et de véhicules d'appuis pourraient être parachutées et opérées par liaisons satellites à probablement n'importe quel point du globe. Le fait de sacrifier tous les robots à la fin de l'opération représente aussi un avantage tactique. On pourrait imaginer une opération robotisée dans un pays étranger menée par des centaines de micro-drones volants et une dizaine de véhicules autonomes d'appui capables d'ouvrir les portes d'une prison et d'en libérer les détenus. Un aspect des conflits futurs sera peut-être une sorte de guérilla urbaine robotisée. On verra aussi très probablement apparaître des algorithmes embarqués dans les drones amis destinés à intercepter les microdrones ennemis.

Le fait que les drones soient programmés pour intercepter d'autres drones incitera peut-être les concepteurs de ces systèmes à supprimer dans ce cas « l'homme dans la boucle ». Ce serait un argument très difficile à réfuter en faveur de la suppression de la décision humaine pour l'utilisation d'une arme robotisée. Il est difficile de réfuter la proposition : « Mon drone est destiné à intercepter d'autres drones, dans ce cas aucune vie humaine n'est en jeu. Mon système est efficace. J'ai simulé son logiciel sur des milliers d'attaques en laboratoire et des experts humains ont manuellement vérifié les milliers de décisions prises par les algorithmes : elles se sont révélées correctes dans l'immense majorité des cas, une majorité bien plus grande que celle obtenue par les meilleurs experts humains réalisant la même tâche. Il faut donc dans ce cas pour que le système soit efficace et protège correctement les humains, supprimer "l'homme dans la boucle" ».

Voilà un raisonnement fâcheux.

Dissémination de l'intelligence artificielle

L'IA est encore plus largement disséminée que la robotique. Les outils de développement, les bases de données et des réseaux de neurones déjà entraînés sont disponibles sur *Internet*. Reconnaître un visage, un véhicule, un bâtiment tout cela existe sur *Internet* avec un excellent niveau de fonctionnement.

Il n'est pas nécessaire d'être un ingénieur de haut niveau pour intégrer du code d'intelligence artificielle sur un drone grand public. La méthode la plus simple est d'utiliser une carte électronique standard comme le Raspberry *Pi*, puis d'y charger

TensorFlow. La carte peut ensuite être simplement attachée sur un drone du commerce et reliée à lui par *USB*. La carte peut prendre le contrôle du drone, le faire décoller, voler jusqu'à un point précis – au-dessus d'une route par exemple – et dès qu'une voiture passe, le drone la détecte, se précipite dessus et explose.

« **L'homme dans la boucle** »

Une question se pose : dans combien de temps des organisations disposeront de microdrones capables d'embarquer de l'IA ? Dès qu'ils en disposeront, des groupes terroristes pourraient par exemple faire efficacement voler des microdrones de manière autonome sans *GPS* : ils pourraient les diriger vers un stade dans la foule et les faire exploser à l'endroit où les dégâts sont maximums, cela en retirant entièrement « l'homme dans la boucle ». À partir de cet instant, on pourra considérer qu'il devient dangereux de continuer à conserver coûte que coûte « l'homme dans la boucle » pour se défendre. Les concepteurs des systèmes de protection des attaques de drones pourraient alors être tentés de retirer l'étape de confirmation de l'usage d'une arme par un responsable humain, en mettant au moins en avant quatre arguments :

- **Efficacité** : Les réseaux de neurones sont plus fiables que les meilleurs opérateurs humains. On peut en présenter la preuve. On peut mesurer le taux de succès des décisions prises par les algorithmes d'intelligence artificielle avec une base de données d'essai préalablement « étiquetée ». On peut parfaitement mesurer le taux de décisions réussies et le taux de faux positifs pour l'algorithme d'une part, et pour les meilleurs experts humains d'autre part. Une fois que le taux de succès de l'algorithme devient franchement meilleur que celui des meilleurs opérateurs humains il sera difficile de réfuter le fait que les algorithmes sont plus dangereux que les humains (« Ils font moins d'erreurs, ils sont donc plus sûrs »).
- **Urgence** : Les systèmes autonomes auront un temps de réaction très rapide. Plus rapide que la vitesse à laquelle les humains peuvent prendre leurs décisions. On arrivera très probablement à une situation où l'on détecte un robot ennemi. On identifie la menace et on estime qu'elle sera effective dans par exemple 30 secondes. Dans ce cas, il paraît impossible de mettre en œuvre une boucle de commandement supervisée par un humain. À cause d'un besoin de réaction très rapide, il sera probablement demandé aux systèmes dans certains cas de prendre les décisions urgentes de manière autonome.
- **Riposte matérielle** : Certaines missions ne mettent pas en danger des humains. Dans le cas où la mission du drone est strictement matérielle, comme intercepter un autre drone, on peut considérer qu'aucun humain n'est affecté par une telle décision et que dans ce cas, on pourrait considérer qu'il est inutile de mettre un « homme dans la boucle » pour détruire un autre robot.
- **Légitime défense** : Dans le cas d'une riposte à une agression, un système sans « homme dans la boucle », en plus d'être plus réactif, est aussi plus simple. Il est plus simple à concevoir et il est aussi beaucoup plus simple à mettre en œuvre. En étant plus simple, on peut considérer qu'il est par construction plus robuste,

plus sûr. Il est aussi plus fiable, il n'est pas sensible aux « erreurs humaines ». Pour toutes ces raisons, on pourrait considérer qu'il devient logique de retirer « l'homme dans la boucle » lorsqu'il s'agit d'utiliser une arme robotisée pour riposter à une agression.

Une réponse philosophique : la dialectique platonicienne

Le danger ne vient pas des algorithmes d'IA qui effectuent, ma foi, efficacement les tâches pour lesquelles ils ont été conçus. Un algorithme joueur d'échecs gagne objectivement les parties d'échecs jouées contre les meilleurs joueurs humains.

Le danger se situe dans le système de preuve de l'algorithme. Au-delà de la preuve, on doit se poser la question de la validité de celle-ci. On doit se poser les questions suivantes : « Lorsque le meilleur joueur humain confirme que la décision de l'algorithme est bonne, est-il en droit de le faire ? En connaît-il les conséquences ? Sont-elles éthiques ? Ne faut-il pas vérifier fréquemment les systèmes de preuves ? ».

Par exemple peut-être qu'il sera établi un jour qu'il est trop dangereux pour une société humaine de posséder un nombre de robots au-delà d'un certain seuil. Dans ce cas, établir la preuve de leur fonctionnement n'a pas de sens. Si on doute de la permanence de la preuve, il faudra alors à chaque nouvelle occurrence de l'usage de l'algorithme interroger le tribunal des vérificateurs humains pour qu'ils confirment à nouveau la validité de celle-ci.

Et c'est bien là le rôle de « l'homme dans la boucle » de rejouer mentalement le système de preuve. De confirmer, selon lui, que la décision de l'algorithme est fondée et qu'il est prêt à en assumer la responsabilité.

Droits humains

Il faut que la question de « l'homme dans la boucle » soit reconnue au même titre que les autres droits humains. C'est, de mon point de vue, la seule manière d'éviter que dans un avenir proche les concepteurs de systèmes à base de drones développent des robots militarisés 100 % autonomes. Même dans les États démocratiques.

Une fois « l'homme dans la boucle » supprimé pour un cas d'utilisation même marginal, il sera très difficile, à n'importe quel organisme de contrôle, de différencier les cas d'utilisation éthiques des cas non éthiques pour lesquels « l'homme dans la boucle » pourra être abandonné. En autorisant, même dans des cas marginaux, la suppression de « l'homme dans la boucle », on risque de se retrouver devant le fait accompli. Une action non éthique pourra avoir été réalisée de manière dissimulée en invoquant un cas d'utilisation éthique. Cela sera sans doute extrêmement difficile, voire impossible, à vérifier. Et ceci risque de se généraliser et de proliférer.

Conserver « l'homme dans la boucle » dans toutes les situations d'utilisation de robots armés est un choix éthique qu'il faut prendre collectivement. Il faut espérer, comme c'est le cas pour les armes chimiques par exemple, qu'un consensus international permettra d'interdire sa suppression.

*

**

Pour conclure, la suppression de « l'homme dans la boucle » lors de l'utilisation de systèmes robotiques armés devrait être considérée comme un crime de guerre. ♦

La nécessaire place du chef militaire dans les systèmes d'armes robotisés autonomes

Guillaume VENARD - Gérard DE BOISBOISSEL

Colonel, Directeur de la formation des élèves, Écoles de Saint-Cyr Coëtquidan (ESCC).

Ingénieur de recherche au Centre de recherche des Écoles de Saint-Cyr Coëtquidan (CREC Saint-Cyr).

La polémologie regorge de ruptures tactiques ou stratégiques consécutives à l'invention de systèmes d'armes découlant de l'évolution technologique. On remarquera que l'imagination humaine n'ayant guère de limites, chaque invention fait évoluer un ordre établi : les us et coutumes de la guerre. Ainsi, durant le deuxième Concile de Latran en 1139, l'arbalète fut considérée comme une arme perfide puisque son carreau perçant les armures rompait l'ordre séculaire du combat chevaleresque et le code d'honneur qui l'accompagnait. L'évolution de la conflictualité en Occident a connu une inflexion très sensible au moment de la Révolution française. En effet, alors que les Princes s'affrontaient pour le contrôle de terres ou de populations au moyen d'armées professionnelles dans des guerres circonscrites aux gens de l'art, la levée en masse de troupes parmi la population a introduit une dimension idéologique nouvelle dans la guerre. C'est au nom de la « Liberté ou la mort » que les armées françaises ont envahi l'Est de l'Europe pour libérer les peuples des supposés tyrans qui les opprimaient. Le XIX^e siècle a mêlé à la dimension idéologique, l'industrialisation des équipements et a donné une grande importance à l'économie dans la conduite de la guerre devenue industrielle avant de devenir totale.

Dans ce cadre, les deux guerres mondiales ont véhiculé leur lot d'horreurs et ont conduit d'ailleurs les philosophes tels qu'Hans Jonas à prôner une nouvelle éthique de responsabilité tenant compte de l'impact inédit des récentes inventions idéologiques, scientifiques et technologiques sur l'humanité et son environnement. C'est partant de ce constat que, dans le cadre des Nations unies, les Conventions de Genève et leurs Protocoles additionnels se sont efforcés d'humaniser la guerre.

L'innovation technologique ces dernières décennies s'est accélérée à tel point que le déploiement de systèmes d'armes robotisés autonomes sur le champ de bataille est imminent et place le chef militaire face à des questions d'ordres tactiques, techniques, logistiques mais avant tout éthiques et politiques. En d'autres termes, si les bénéfices du déploiement sur le champ de bataille d'un robot de surveillance ou de déminage semblent à première vue incontestables, qu'en est-il de la responsabilité éthique et juridique du chef engageant un Sala (Système d'armes létal [à décision])

autonome) capable de supprimer des vies humaines sans qu'un homme soit dans la boucle décisionnelle ?

Aborder la question de la place du chef dans l'emploi de systèmes robotisés autonomes requiert, au préalable, de définir clairement les ressorts et contours de cette fameuse autonomie. Raisonner à partir de l'économie générale d'un conflit permettra de saisir les enjeux et conditions de l'emploi des robots sur le champ de bataille. Or, derrière ces enjeux et conditions, au-delà des cahiers des charges et procédures environnant leur déploiement, le chef se trouve confronté aux questions éthiques, au sens de l'action et ainsi de sa propre responsabilité dans la mise en œuvre. Dans cette perspective, la formation humaine des chefs est d'autant plus importante que l'autonomie de machines placées à sa disposition limite voire annihile l'interaction entre humains, le fameux dialogue de commandement indispensable au déploiement de l'autorité sur le champ de bataille.

Retour sur la notion d'autonomie

L'autonomie (du grec *autos* : soi-même et *nomos* : loi, règle) pourrait se définir pour un système comme une capacité à se gérer par lui-même. Si nous nous référons au concept exploratoire interarmées sur l'*Emploi de l'intelligence artificielle et des systèmes automatisés* du CICDE ⁽¹⁾, l'autonomie est la « Capacité d'un système ou d'une fonction à agir sous la supervision d'une programmation, selon ses tâches, ses règles, ses états internes et ses connaissances, sans intervention extérieure » ⁽²⁾.

Ainsi, selon ce document, le système autonome est « un système exécutant ses tâches sans intervention humaine au-delà de la programmation initiale ». Il rentre dans ce « mode autonome » à partir du moment où le militaire qui en a la responsabilité le déploie en activant ce mode pour un usage à des fins opérationnelles.

Outre l'absence d'autonomie, c'est-à-dire le système téléopéré, y apparaissent trois types de systèmes regroupés sous le vocable automatisés :

- **Le système supervisé**, où les tâches de base sont automatisées et où l'opérateur humain supervise en permanence la situation.
- **La semi-autonomie** : où le système exécute des tâches de très haut niveau ⁽³⁾ mais sans modifier sa programmation ni ses règles de fonctionnement, d'emploi ou d'engagement, ni sa mission sans intervention humaine, et qui garde des liens de communication et de contrôle avec la chaîne de commandement militaire.

(1) CICDE, *Concept exploratoire interarmées CELIA-3.0.2_I.A. & SYST-AUT(2018)*, N° 75/ARM/CICDE/NP, 19 juillet 2018, p. 8 et 10. Disponible sur Intradef (<http://portail-cicde.intradef.gouv.fr>).

(2) Définition Otan de *MCDC (Multinational Capability Development Campaign)* : « A system's capacity to act under supervision of human programming, according to desired goals, precepts, internal states, and knowledge, without outside intervention » : COMBINED JOINT OPERATIONS FROM THE SEA CENTRE OF EXCELLENCE, *Maritime Unmanned Systems in ASW, collaborative ASW*, 25 février 2018 (www.cjoscoe.org/) p. 5.

(3) Tâches similaires à celles de haut niveau du système télé-supervisé, incluant notamment les tâches conduisant au démarrage et à l'arrêt des effecteurs mais n'incluant plus celles de déclenchement et de cessation des effecteurs.

- **La pleine autonomie** : où le système pleinement autonome ne dispose pas de liens de communication ou de contrôle, donc de subordination, avec la chaîne de commandement, et peut posséder des capacités d'auto-apprentissage autonome. Sa programmation initiale peut être modifiée sans intervention humaine.

Rajoutons que la perception de l'autonomie d'un système est avant tout donnée par la perception de son comportement qui, à la différence de l'automatisme, ne peut être entièrement défini par avance. Il peut donc être perçu comme imprévisible lors de l'exécution d'une tâche ou d'une mission, même si l'effet final est clair. Ainsi, on connaît le « pourquoi » de la machine (c'est-à-dire son objectif), mais on ne connaît pas le « comment » (la façon dont il va le réaliser).

Nous considérerons ici que les systèmes robotiques militaires doivent être « semi-autonomes », état défini selon les caractéristiques ci-dessus, avec de potentielles capacités d'apprentissage autonome et d'adaptation dynamique à l'environnement. Un système pleinement autonome sur le champ de bataille n'aurait en effet pas de sens pour l'action militaire, tant sur le plan tactique que sur le plan éthique, comme le démontre l'étude ci-dessous. Par facilité d'écriture, on regroupera dans le reste de cet article sous la notion de robots autonomes la qualification de robots semi-autonomes.

De l'utilité d'une machine avec une certaine forme d'autonomie pour le chef militaire

La ressource humaine se fait rare dans les armées occidentales affectées par la faiblesse numérique des classes d'âges les plus jeunes, la limitation des budgets ⁽⁴⁾, et surtout par le coût politique et médiatique des morts au combat. En conséquence, la préserver pour des tâches où elle est indispensable constitue une réelle valeur ajoutée pour les chefs militaires. La robotique militaire apporte cette capacité avec la possibilité de déléguer à des machines l'exécution de tâches subalternes mais néanmoins indispensables telles que les missions *3D* (*Dull, Dirty and Dangerous* / ennuyeux, sale et dangereux). À titre d'exemple, la protection de nos soldats sera mieux assurée si des machines s'exposent au danger à leur place pour les missions de surveillance ou de patrouilles – très consommatrices en hommes et en temps – ou lorsqu'il faut analyser de grandes quantités d'images pour y déceler une potentielle intrusion ennemie.

Dans des milieux très difficiles d'accès ou en cas de perte de communication (comme le milieu sous-marin où les ondes de communication passent très mal), l'autonomie est aussi nécessaire à certains systèmes afin qu'ils puissent évoluer sans supervision humaine, son responsable ayant préalablement et par sécurité borné son autonomie à un certain espace et pour un temps donné. À titre d'exemple, la *DARPA* ⁽⁵⁾ travaille actuellement sur un prototype d'*Unmanned Surface Vehicle* (*USV*), le *Sea*

(4) « L'Armée de terre tient dans le Stade de France : 80 000 dans les gradins, le reste sur la pelouse », général d'armée Elrick Irastorza, 18 octobre 2012 à Montpellier.

(5) *Defense Advanced Research Projects Agency*, agence du département de la Défense des États-Unis chargée de la recherche et développement.

La nécessaire place du chef militaire dans les systèmes d'armes robotisés autonomes

Hunter : c'est un bâtiment de surface dédié à la lutte anti-sous-marine et capable d'évoluer en autonomie durant plusieurs mois, sur des milliers de kilomètres, sans équipage à bord, tout en respectant les règles de navigation internationales.

En outre, plus grande sera l'autonomie des systèmes robotiques qu'il mettra en œuvre, plus le soldat aura la possibilité de se concentrer sur sa mission en étant lui-même moins contraint par le contrôle de la machine, donc plus libre.

L'autonomie est de ce fait utile pour décharger les opérateurs des robots militaires de tâches dangereuses, fastidieuses ou répétitives sur le champ de bataille, ou pour assurer une meilleure réactivité face aux menaces ennemies.

La nécessaire place du chef

Le but de la guerre

La guerre, selon Clausewitz, est « le prolongement de la politique par d'autres moyens ». Elle vise à atteindre des objectifs, en principe clairement définis, fixés par l'autorité politique. Elle ne prend fin que lorsque les protagonistes sont revenus à une situation d'équilibre, c'est-à-dire quand les deux partis décident de mettre fin aux affrontements constatant que l'un s'affirme vainqueur et l'autre se reconnaît vaincu. Cette dialectique des volontés se vérifie par l'état de paix qui finit toujours par prévaloir. C'est en ce sens que les anciens constataient qu'Athéna, la force intelligente et stratégique, finit toujours par l'emporter sur Arès⁽⁶⁾, la force brutale et désordonnée. Ainsi, la mission du chef consiste à user avec mesure des moyens à sa disposition pour hâter ce fameux retour à l'équilibre.

Le chef militaire dispose de moyens humains et matériels qu'il emploie selon une doctrine élaborée au regard des caractéristiques techniques de ses équipements, des aptitudes et compétences de ses subordonnés. Le robot autonome qui sera capable d'ouvrir un itinéraire piégé, d'acheminer la logistique sous le feu ou de renseigner en permanence et sans fatigue sur l'ennemi constitue une plus-value évidente et permettra sans nul doute l'économie de nombreuses vies humaines. Ce robot dénué d'affect et de tous les maux liés à la fatigue physique et psychologique du combattant sera un précieux auxiliaire. Pour autant, l'armement de drones soulève dès à présent des débats éthiques alors que ceux-ci sont en permanence sous contrôle de l'homme. La réflexion prend une acuité plus importante encore si l'homme est retiré de la boucle décisionnelle d'ouverture du feu.

Les principes de la guerre

Les principes français de la guerre ont été élaborés par le maréchal Foch alors qu'il enseignait à l'École de Guerre à partir de 1905. Aborder la place des systèmes robotiques autonomes dans l'action militaire, revient à revisiter ces trois principes à l'aune de leur autonomie.

(6) HOLEINDRE Jean-Vincent, *La ruse et la force. Une autre histoire de la stratégie*, Éditions Perrin, 2017 ; p. 35.

Principe de la liberté d'action

C'est la possibilité pour un chef de mettre en œuvre ses moyens à tout moment et d'agir, malgré l'adversaire et les diverses contraintes imposées par le milieu et les circonstances, en vue d'atteindre le but assigné. Ce principe repose sur :

- La sûreté qui consiste à se protéger en fonction du risque estimé et/ou mesuré. La machine peut participer à ce principe, notamment en effectuant des calculs probabilistes de risques et en anticipant ainsi la réponse à apporter.
- La prévision, l'anticipation des événements et des actions adverses : les systèmes embarqués permettent d'offrir des capacités de calculs supérieures à l'homme pour explorer diverses options. L'autonomie de ces systèmes, notamment *via* l'IA, peut ainsi apporter une aide à la décision très utile au chef militaire en lui présentant différentes options et pourcentages de réussite ou de risques associés.
- La capacité de prendre l'ascendant et d'imposer sa volonté à l'adversaire : la machine même autonome n'ayant pas de volonté propre, nous avons ici typiquement le fruit d'un raisonnement qu'une machine seule ne peut effectuer, car pour une telle capacité il faut appréhender la situation globale, les opportunités de modifier la conduite de la manœuvre et les effets de l'action, ensemble de jugements qui sont du ressort de la décision du chef militaire.

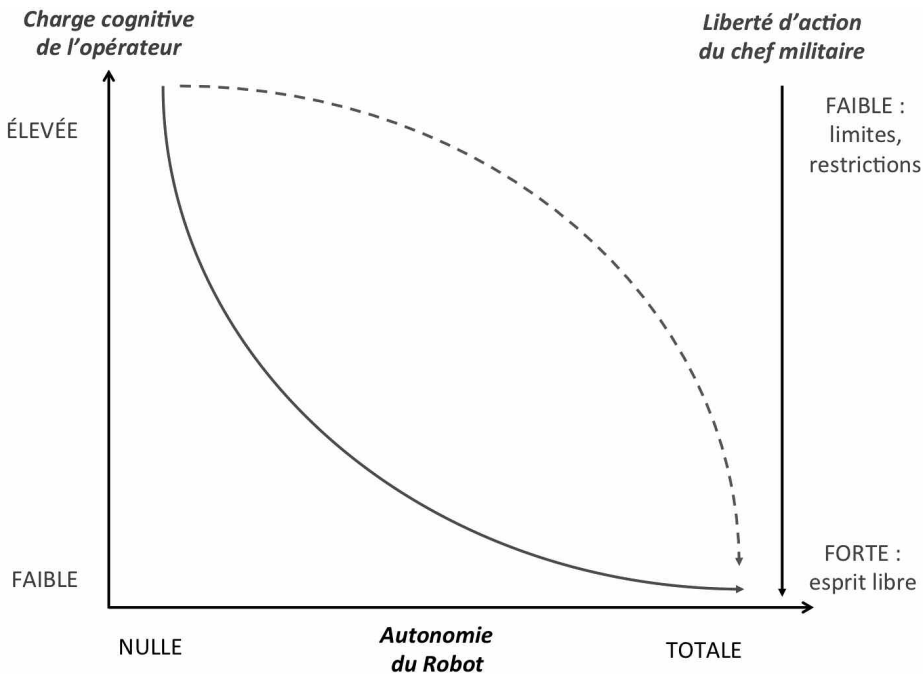


FIGURE 1 : Les effets de l'autonomie sur la charge cognitive et la liberté d'action

La nécessaire place du chef militaire dans les systèmes d'armes robotisés autonomes

De plus, deux facteurs essentiels permettent au chef de conserver sa liberté d'action : une claire compréhension de l'adversaire et du milieu et l'audace.

Une machine ne pourra jamais comprendre les subtilités du cerveau humain, capable de simuler, de bluffer, de mentir et surtout d'aimer. *A fortiori* le cerveau d'un adversaire distant sur le champ de bataille. Tout au plus pourra-t-elle simuler. De même, l'audace restera toujours le propre de l'homme car elle intègre la notion de sacrifice nécessaire pour la mission ou pour sauver un camarade.

Enfin, la liberté d'action du combattant sera d'autant plus grande qu'il pourra déléguer à des systèmes des tâches ou des missions à effectuer en les laissant les réaliser sans son intervention, ce qui nécessite des robots ayant une certaine forme d'autonomie.

L'autonomie du robot constitue ainsi, à première vue, un gain substantiel de liberté d'action pour le chef militaire. Assurément, plus le système est autonome, plus grande est la liberté du combattant qui l'opère, et plus grande est la liberté du chef qui l'emploie. Une attention particulière devra cependant être portée aux conséquences politico-médiatiques opératives de cette liberté d'action de niveau tactique. En effet, la moindre « bavure » du robot autonome tactique pourra être lourde d'implications dans la conduite de la guerre aux niveaux opératifs et stratégiques.

La concentration des efforts

Le principe de concentration des efforts est « la nécessité de combiner les actions et d'optimiser les effets pour multiplier l'efficacité sur l'objectif choisi ». Or, l'avènement du combat collaboratif participe pleinement à ce principe, s'appuyant sur l'interconnexion des systèmes et l'échange en temps réel des informations tactiques. De plus, la réactivité de ces systèmes étant supérieure à celle de l'homme, une combinaison optimale des effets sera rendue possible par ces systèmes.

Ce principe indique cependant que « la supériorité relative est davantage la conséquence d'une lutte morale entre deux volontés que le choc physique entre deux masses ». À ce titre, seul l'homme montre des capacités de force morale et de résilience qui est son pendant. Néanmoins, la machine ne connaissant pas la peur et encore moins la notion d'abandon, ne se rendra jamais tant qu'une certaine forme d'autonomie lui sera conservée.

L'économie des moyens

Le troisième principe est celui d'économie des moyens correspondant à une répartition et application judicieuse des moyens en vue d'obtenir le meilleur rapport capacités/effets pour atteindre le but assigné.

La machine peut participer à ce principe. L'interconnexion des systèmes sur le champ de bataille leur permettra d'avoir une connaissance précise de l'état de chacun des systèmes déployés ou en réserve, et de répartir les ressources de façon optimale. Le cas de l'essaim de robots en déploiement pour couvrir une zone par ses caméras est très représentatif à cet égard. Mais c'est le choix du chef, « son expression claire et précise

pour atteindre un objectif », qui détermine la mise en œuvre efficace de ce principe : en consentant aux risques liés à l'audace, il va décider de l'affectation correcte des moyens à sa disposition puis anticiper et percevoir les effets de son action.

Cet article tente ici de démontrer que, malgré les possibilités de réactivité décisionnelle que peuvent apporter l'IA et ses capacités de planification, il paraît inconcevable d'imaginer comment une machine pourrait appréhender et mettre en balance la valeur des vies humaines engagées, l'impératif de la mission, l'acceptation de la manœuvre par les hommes qui l'exécutent, et les capacités de réaction de l'ennemi, en un mot « sentir » le champ de bataille.

La guerre est un affrontement des volontés

Selon André BEAUFFRE, « la lutte des volontés se ramène donc à une lutte pour la liberté d'action, chacun cherchant à la conserver et à en priver l'adversaire » (7). Les machines n'ont pas et n'auront jamais de volonté propre, elles ne sont que des algorithmes réagissant à des stimuli (capteurs notamment) et s'adaptant à la situation par l'écoute de leurs capteurs et le traitement de l'information qui en suivra. On ne pourra donc pas parler de volonté des algorithmes, mais éventuellement d'une volonté humaine « algorithmisée » dans une machine.

De même, toute lutte des volontés passe par une discipline intellectuelle où la machine peut être docile et suivre les instructions et le cadre qui lui ont été donnés, mais également par une discipline que l'on pourrait qualifier d'intelligente et active, c'est-à-dire qui comprend l'esprit de la mission et peut faire preuve d'initiative, notamment lorsqu'il faut transcrire en actes la lettre de la mission. L'initiative est possible pour une machine si les règles du jeu lui sont bien spécifiées et si elles restent constamment les mêmes. Or dans la conduite de la guerre l'ennemi ruse, se dissimule, etc., et tend à surprendre l'ennemi par des changements de tactique. La machine ne pourra certainement pas comprendre le jeu ennemi et adapter l'exécution de la mission en conséquence. C'est le rôle et la responsabilité du chef qui doit être capable d'appréhender l'ensemble d'une situation.

La responsabilité du chef

La dialectique entre un chef et ses hommes repose sur cette notion de responsabilité de laquelle découlent discipline et loyauté, indispensables à la cohérence, à l'efficacité opérationnelle et, *in fine*, à la victoire.

Or, la discipline relevant de l'intelligence et de loyauté du cœur, le chef pourra-t-il se passer de son semblable dans la conception et la conduite de la guerre ? Le robot aussi perfectionné soit-il relève de la matière pure et non de l'esprit. Sa faculté à imiter à la perfection les comportements humains se heurtera toujours à la barrière de l'innovation, de l'imagination, de l'inédit. Discipline et loyauté sont indissociables de la notion de liberté, capacité de l'être à choisir ou non ce qu'il considère être le Bien

(7) BEAUFFRE André, *Introduction à la stratégie*, 1963.

et à en assumer les conséquences. Or, quel libre arbitre pour un amas de métal et de diodes sinon celui que son concepteur et son instructeur auront bien voulu modéliser dans son cerveau artificiel ?

Selon les modes d'action choisis par le chef dans la conduite du conflit, l'effet final recherché, qui en principe doit permettre d'obtenir la paix, est atteint de manière plus ou moins rapide avec des dommages plus ou moins importants. Or, les procès qui ont suivi de nombreux conflits depuis Nuremberg démontrent que la responsabilité juridique et morale des chefs politiques et militaires est de plus en plus systématiquement invoquée. Petit à petit, la mise en cause morale et juridique glisse vers les échelons les plus bas de la hiérarchie et l'inculpation de crime de guerre peut concerner le fameux « caporal stratégique » du général Krulak ⁽⁸⁾. Les robots passeront-ils un jour devant la Cour pénale internationale ?

La nécessité d'un chef qui donne du sens à l'action militaire

Les récents conflits au Proche-Orient attestent de ce que la victoire militaire ne peut être la seule condition d'un retour à la paix, *a fortiori* quand le vaincu refuse sa défaite faute d'avoir pu combattre équitablement. Partant de ce constat, le général de corps d'armée YAKOVLEV infère que l'utilisation du robot par un chef permettra de réhumaniser des conflits dans lesquels Athéna ne parvient plus à vaincre Arès ⁽⁹⁾. En effet, les historiens montrent que la Première Guerre mondiale a atteint son paroxysme au moment où chacun des adversaires, considérant le poids de ses morts, ne pouvait plus concevoir de paix sans l'anéantissement de l'ennemi. On pourrait imaginer qu'une lutte à distance et par robots interposés favoriserait un retour à la symétrie sans laquelle la paix ne saurait être durable. On se plaît ainsi à imaginer un robot dépourvu d'affect qui ne puisse jamais reproduire les travers de Patrocle ⁽¹⁰⁾, ami d'Achille. Ce dernier, victime de son *hubris*, dépasse les bornes en semant la mort de manière outrancière dans les rangs troyens, en dépit des sages conseils de pondération d'Achille.

Pour qu'Athéna puisse s'imposer, il est indispensable de distinguer ce qui permettra aux belligérants de trouver, à l'issue des combats, un chemin de retour vers la paix. Les conflits du XX^e siècle, empreints d'idéologies élaborées au cours du siècle précédent, constituent un tournant dans l'Histoire car, en sus d'une industrialisation de la guerre, ils comportent un moteur idéologique très important désormais relayé par des médias puissants. La guerre, autrefois politico-militaire, est devenue totale, c'est-à-dire qu'elle inclut désormais l'ensemble de la société. Aujourd'hui, dans un monde où la masse d'informations, de biens, de capitaux et de personnes s'échange instantanément, les idées se confrontent en permanence avec violence. La conflictualité se nourrit de ces affrontements idéologiques, entretient Arès et relègue momentanément l'ONU à un rôle de spectatrice. Loin des considérations de FUKUYAMA au sujet de la

(8) KRULAK Charles C., « The Strategic Corporal: Leadership in the Three Block War », *Marine Corps Gazette*, vol. 88 n° 1, janvier 1999 (www.au.af.mil/au/awc/awcgate/usmc/strategic_corporal.htm).

(9) YAKOVLEV Michel, « Allocution lors du colloque "Legal & Ethics by design" », École militaire de Paris, 6 février 2018.

(10) HOMÈRE, *L'Iliade*, XVI, 674-709, Folio classique, p. 344.

fin de l'histoire ⁽¹¹⁾, le modèle des démocraties libérales ne s'impose pas, bien au contraire. Malgré leurs armements les plus sophistiqués, elles ne vainquent pas un ennemi impuissant mais bien décidé à poursuivre le combat sous d'autres formes afin qu'advienne la justice dont il s'estime lésé.

Le retour à la paix implique un règlement du conflit entre belligérants qui se respectent. Le colonel LECOINTRE écrivait ainsi : « C'est certainement le sacrifice consenti de sa propre vie qui rend moralement supportable l'obligation de tuer. La mort doit être donnée le moins possible dès lors qu'existe une sorte de symétrie déontologique entre la vie d'un ennemi et celle d'un ami. De cette symétrie découle une vertu essentielle du soldat : la capacité de maîtriser sa propre violence. » ⁽¹²⁾. Plus que jamais, le chef militaire prend une part importante de l'affrontement idéologique car il porte, par ses décisions, la responsabilité du *jus in bello* si étroitement dépendant du *jus ad bellum* et, *in fine*, du retour à la paix.

Finalement, au-delà de la tactique, la stratégie est de plus en plus tributaire de son impact sur l'intelligence et le cœur des populations, véritable enjeu des guerres contemporaines. La question de fond est liée à l'ensemble des valeurs invoquées et vécues par les belligérants, et au prix qu'ils sont prêts à payer pour les promouvoir. Actuellement, la religion constitue une part importante du *jus ad bellum* de *Daech* qui profite de la sécularisation assumée des démocraties libérales. Pour les sociétés post-modernes cette dimension n'est qu'un prétexte. Or, refuser d'entrer dans la dialectique religieuse, c'est ignorer que des hommes et des femmes sont déterminés à mourir pour leur religion et, *a contrario*, c'est empêcher le combattant de son camp de s'interroger sur les raisons justifiant le propre don de sa vie. Le sacrifice du colonel Arnaud Beltrame, lors de l'attaque terroriste de Trèbes le 23 mars 2018, éclaire cette dissymétrie. Nombreux ont été les articles qui s'interrogeaient sur le parcours de ce héros et les raisons qui avaient pu le pousser à un tel sacrifice. Cette démarche est pourtant autant individuelle que collective et prend une part importante dans la préparation opérationnelle. Elle relève de cet « esprit guerrier » que le général d'armée Bosser appelle à développer ⁽¹³⁾ précisément au moment où l'armée de Terre déploie le système *Scorpion*.

La crédibilité d'un chef en opération repose sur son aptitude à exercer une autorité qui, conformément à l'étymologie du terme, fait grandir ses subordonnés individuellement et collectivement. Par sa parole et ses décisions, par son exemplarité, il participe, dès l'instruction, à l'éducation de leur conscience. Ainsi, au moment de l'engagement, il transmet à ses subordonnés le sens qu'il donne à la mission, en justifie le prix à payer en usant du minimum de la force pour la remplir.

Le robot semi-autonome constitue un outil indispensable au chef militaire. Mais il lui revient de donner le sens de la mission et de sa mise en œuvre. Ce subtil distinguo entre l'esprit et la lettre relève de l'intuition qui est une dimension purement

(11) FUKUYAMA Francis, *The End of History and the Last Man*, 1992.

(12) LECOINTRE François, « Pour une culture armée », *Inflexions*, n° 11, juin-septembre 2009, p. 30-40 (<http://inflexions.net/articles/pour-une-culture-armee-2>).

(13) Cf. MERCHET Jean-Dominique, « Armée de terre : le général Bosser exalte "l'esprit guerrier" », *Secret Défense*, 4 octobre 2018 (www.lopinion.fr/blog/secret-defense/armee-terre-general-bosser-exalte-l-esprit-guerrier-164413).

humaine. Pour parodier le maréchal Lyautey, le Sala saura-t-il éviter la destruction d'un marché villageois, si important pour la conquête des cœurs d'une population (principal enjeu des conflits) ? En d'autres termes, ce robot disposera-t-il un jour d'un cœur pour gagner les cœurs et les esprits ?

***Une responsabilité humaine
quel que soit le degré d'autonomie du système***

La guerre, dialectique des volontés, peut aisément se concevoir par robots interposés et l'on se plaît à imaginer nos Sala en « géants de fer » (cf. film d'animation de Brad Bird, produit en 1999) « capables de se sacrifier pour sauver l'humanité ». En ce sens, l'avènement des robots autonomes, permettant d'épargner des vies humaines, serait un progrès dans la conduite de la guerre. Mais qu'advient-il lorsqu'un robot tueur supprimera des êtres humains ? Ou pire, s'il fait des victimes innocentes dans la population civile sans qu'apparemment un homme n'ait déclenché la frappe ? Si certains envisagent sérieusement la responsabilité juridique du robot dans certaines régions du globe ⁽¹⁴⁾, elle entre en contradiction avec la conception de la responsabilité dans nos sociétés occidentales. La responsabilité dans l'emploi de ce robot, quel que soit son degré d'autonomie, sera toujours celle de son concepteur ou de son employeur. Dès lors, il est essentiel que le chef militaire, commandant à des robots autonomes, conserve en permanence le contrôle de l'apprentissage et de la restitution des savoir-faire et réactions attendues des machines dont il a le commandement.

La responsabilité, au moins juridique, doit être envisagée sur le plan légal depuis le bureau d'étude concevant le robot autonome jusqu'à son servant sur le champ de bataille. Il importe, en effet, d'impliquer tant juridiquement que moralement tous les protagonistes. Dans le prolongement, il est indispensable de suivre, étape par étape, le processus de programmation des robots autonomes de manière à pouvoir identifier en permanence chacun des protagonistes intervenant dans leur entraînement et à déterminer leur degré d'implication pénale en cas de dysfonctionnement.

Dans une vision anthropologique traditionnelle, on considère l'homme comme un corps, une psychologie et une âme capable de transcendance. Son intelligence sera donc la résultante d'une approche métaphysique d'une réalité perceptible par les sens et le psychisme. Un robot pourra probablement imiter avec une extrême finesse les comportements humains. Cependant, si « intelligent » soit-il, il n'aura jamais accès à la transcendance propre au genre humain. Or, ce que l'on appelle les « forces morales » revêt un caractère essentiel dans la dialectique des volontés. L'histoire de France ne manque pas d'exemples stratégiques (Jeanne d'Arc mobilisant Charles VII et ses ducs) ou tactiques (Bonaparte sur le pont d'Arcole) pour illustrer ce supplément d'âme que le chef confère à ses subordonnés pour galvaniser leurs énergies et emporter la victoire.

(14) Cf. NEUER Laurence, « Alain Bensoussan : "Il faut construire un droit spécifique aux robots" », *Le Point*, 20 novembre 2017 (www.lepoint.fr/).

L'homme restera donc l'élément clef de la conflictualité et le robot, si autonome soit-il, devra rester sous son contrôle tant dans l'engagement opérationnel que dans sa préparation afin d'éviter qu'Arès, ici matérialisé par les Sala, prenne le dessus et ne finisse par se dévorer lui-même en entraînant la perte de ses utilisateurs et inventeurs. La science-fiction a d'ailleurs largement exploré ce thème dans de nombreux films dont *Terminator* (1984) est l'un des plus connus. La formation des chefs militaires et des décideurs politiques devra s'adapter pour s'armer face aux enjeux techniques, stratégiques et éthiques liés à l'emploi des robots autonomes dans la guerre.

Un robot sous contrôle

Une subsidiarité sous contrôle

Tout chef militaire doit maîtriser l'action militaire qu'il met en œuvre, et pour cela doit pouvoir contrôler les moyens dont il dispose. Le chef commande aux unités qu'il a sous les ordres. Il leur fait également confiance dans l'exécution de la mission qu'il leur confie, ce qui fonde le principe de subsidiarité.

Pour cette raison, il n'est pour lui d'aucun intérêt d'avoir un système robotique qui se gouverne avec ses propres règles et ses propres objectifs, ni qui puisse faire preuve de désobéissance ou s'affranchir du cadre qu'on lui a fixé. De même, un tel système doit respecter les ordres et les consignes militaires, car c'est le chef qui les donne et qui donne du sens à l'action militaire, tout en étant le responsable. La conséquence est, qu'à tout moment, le chef doit pouvoir reprendre la main sur un système robotique et potentiellement lui faire quitter le « mode autonomie » dans lequel il l'avait lui-même autorisé à entrer.

En revanche, si l'on fait sienne la célèbre expression de Georges Clemenceau « La guerre ! C'est une chose trop grave pour la confier à des militaires », un risque serait de voir le décideur politique prendre directement le contrôle de ces robots, s'il trouve que les considérations éthiques de son chef militaire nuisent à l'efficacité. Par ailleurs, la tentation peut être grande pour le politique de substituer à l'engagement d'un soldat (de condition mortelle) celui de systèmes robotisés, avec pour conséquence une banalisation de l'usage de la force dans les relations internationales. D'autant plus que leur utilisation n'exonère ni l'opérateur, ni le chef de leur responsabilité. Ils sont les garants de leur utilisation. Cette contrainte aura pour effet vertueux d'introduire une obligation de prudence pour le décideur dans l'utilisation de sa machine et lui évitera de l'utiliser de façon dangereuse ou d'une façon qui irait à l'encontre du droit de la guerre.

L'autonomie est donc utile pour des systèmes déployés sur le terrain, à condition néanmoins qu'ils restent des exécutants au même titre que tout élément tactique et qu'ils puissent être soumis aux ordres, aux contre-ordres et à l'exigence du rapport.

La question que pose l'Intelligence artificielle (IA)

La vraie question concerne l'IA, dont Stephen HAWKING indiquait pour sa part en 2016 « qu'elle pourrait développer sa propre volonté, en conflit avec la nôtre »⁽¹⁵⁾.

Offrant des capacités de traitement de l'information supérieure à celles de l'homme, elle pourra tester des combinatoires multiples pour un effet particulier, offrir une aide décisionnelle au chef militaire, voire aller jusqu'à effectuer des missions par elle-même si le chef militaire accepte de la lui déléguer (missions d'interdiction de zone, de dépollution de zone).

En restreignant l'autonomie à une semi-autonomie comme expliqué ci-dessus, reste la question du contrôle de systèmes auto-apprenants. En fait, tout système auto-apprenant doit être éduqué. Aussi, comme les propriétaires d'animaux sont responsables du dressage de ces derniers et des éventuels dégâts qu'ils pourraient commettre, le chef militaire sera responsable du bon apprentissage et de la bonne utilisation de sa machine sur le terrain. Pour ce faire, il devra superviser l'apprentissage précédant l'autonomie, puis sa mise à jour régulière, et s'assurer de son contrôle dans le temps.

Des Systèmes d'armes létaux autonomes (Sala) mais sous contrôle

La question fondamentale et la plus ultime concerne l'autonomie dans la décision de tir, comme le met fortement en lumière la lettre ouverte sur l'interdiction des armes autonomes signée en 2015 par Stephen HAWKING, Elon MUSK et Steve WOZNIAK⁽¹⁶⁾ qui met en garde contre les dangers de l'utilisation dans le champ militaire des technologies liées à l'IA et s'inquiète de la possible prolifération des armes autonomes.

Le Parlement européen suit d'ailleurs cette recommandation en demandant, le 12 septembre 2018, la mise en place d'un instrument juridiquement contraignant interdisant les Sala⁽¹⁷⁾, en totale opposition avec les grandes puissances mondiales telles que les États-Unis, la Russie, la Chine et Israël qui développent de tels systèmes⁽¹⁸⁾.

Pourtant, il apparaît inéluctable que des Systèmes d'armes létaux semi-autonomes, que nous requalifieront ici en Salsa, verront le jour dans les prochaines décennies car ils offrent tout simplement sur le plan défensif une meilleure réactivité que l'homme, de pouvoir rester en permanence sur zone 24h/24, ainsi que de pouvoir faire

(15) HAWKING Stephen, cérémonie d'ouverture du *Leverhulme Centre for the Future of Intelligence*, 19 octobre 2016 (www.cam.ac.uk/).

(16) NEWSROOM, « Une lettre ouverte contre les systèmes d'armes autonomes », *H+*, 28 juillet 2015 (<https://humanoïdes.fr/lettre-contre-systemes-armes-autonomes/>).

(17) « 3. demande à la vice-présidente / haute représentante, aux États membres et au Conseil d'œuvrer au lancement de négociations internationales pour un instrument juridiquement contraignant qui interdise les systèmes d'armes létaux autonomes ;

4. souligne, dès lors, qu'il est extrêmement important d'empêcher la mise au point et la production de tout système d'armes létaux autonome dont les fonctions critiques, telles que le choix et l'attaque des cibles, sont dénuées de contrôle humain ; ». Proposition de résolution commune, 10 septembre 2018 (www.europarl.europa.eu/).

(18) Le 10 juillet 2017, l'entreprise russe Kalachnikov communique sur son programme de développement de modules armés autonomes s'appuyant sur des réseaux de neurones pour la détection, l'identification et le traitement automatique des cibles.

face à des attaques saturantes, comme l'expose Gérard DE BOISBOISSEL dans son article (p. 45-55).

Pour illustrer ces caractéristiques, on peut imaginer un système antimissile autonome patrouillant autour d'une zone à défendre, faisant face à un tir soudain de plusieurs missiles ennemis. Face à une telle menace imminente et saturante, le chef militaire ne peut assurer une totale maîtrise et une coordination de l'action létale. Ce Salsa permettra la réactivité nécessaire, pouvant s'appuyer même sur une intelligence artificielle embarquée calculant les trajectoires des missiles et sélectionnant ceux à abattre en priorité.

Mais comme précisé ci-dessus, un Salsa ne devra passer en mode « tir semi-autonome » que sur décision d'un opérateur humain, à savoir un décideur militaire formé à ces questions, probablement un officier ou un groupe d'officiers spécialement formés. Ainsi, c'est cet opérateur qui configurera la machine et activera l'autonomie de la fonction létale (mais avec la possibilité d'en reprendre le contrôle lorsqu'il le souhaite) en fonction de sa connaissance de la menace, des règles et du milieu d'engagement ainsi que de la situation tactique et engagera sa responsabilité. Comme garde-fou, l'utilisation d'un Salsa devra être bornée dans le temps et bornée dans l'espace. On devra pouvoir également désactiver le mode « tir semi-autonome » à tout moment, ce qui implique une communication constante avec l'opérateur.

*

**

Le robot autonome insensible à la fatigue intellectuelle et physique ainsi qu'aux fortes charges émotionnelles peut assister le chef militaire en lui fournissant, en permanence et de manière autonome, le renseignement dont il aura besoin, en le soulageant de tâches secondaires ou en réalisant des missions de sauvegarde. Cette contribution importante demandera cependant une phase d'apprentissage qui monopolisera, avant l'engagement, une grande partie de sa disponibilité.

Au-delà des spécifications techniques à imposer aux concepteurs de robots autonomes pour conserver un contrôle permanent et la traçabilité du processus d'apprentissage de ces machines, le chef devra disposer des compétences techniques nécessaires pour instruire, entraîner et contrôler son robot autonome. Ce n'est rien moins que sa responsabilité tant morale que juridique qui est en jeu. Or, si nul n'est censé ignorer la loi, la conscience du décideur doit être nourrie de science pour prendre la mesure des enjeux dont il est ici question et assumer la responsabilité juridique et morale de leurs auxiliaires-robotiques dans le *jus in bello*. Il n'y aurait en effet rien de plus dangereux que de laisser l'ingénieur concepteur décider seul des normes techniques de construction et du suivi de l'apprentissage de sa « créature ». En effet, le degré d'autonomie du robot sera fixé par le chef à l'aune de sa propre responsabilité. En d'autres termes, c'est le degré de fiabilité que le chef militaire reconnaît à son auxiliaire-robotique qui conditionne le niveau d'autonomie. On retrouve alors le paradigme de la confiance et de la loyauté si important dans les rapports de commandement. Cependant, si une part de la responsabilité peut être assumée par des

subordonnés humains disposant d'un véritable libre arbitre, la délégation de responsabilité d'ouverture du feu à un robot amas de métaux et de câbles, n'exonérera en rien le chef militaire.

Par ailleurs, lorsque le soldat sur le champ de bataille appuie sur la détente de son arme, il a d'autant plus conscience de l'acte qu'il pose, qu'il met lui-même sa vie en jeu. Or, les modes d'action « *stand off* » consistant à frapper à distance, hors de portée de l'ennemi, ont eu pour impact de désinhiber leurs tenants et ont largement accru les dégâts matériels et humains de la guerre avec les effets que l'on connaît en termes d'asymétrie et de modes d'action terroristes. La désinhibition du chef militaire n'est-elle pas potentiellement plus grande encore s'il prétend n'avoir pas voulu ce que le robot a « décidé » et s'il s'exonère du « comportement » de son auxiliaire en raison de sa fameuse autonomie ⁽¹⁹⁾ ? C'est pour cette raison fondamentale que l'on peut avancer que l'avènement du robot autonome exigera un ancrage anthropologique encore bien plus fort du chef militaire.

Cet ancrage repose sur une formation humaine densifiée et particulièrement exigeante dans les domaines métaphysiques et philosophiques (retour aux humanités) afin de conférer au chef militaire une autonomie de pensée et des repères moraux indispensables pour décider et agir dans l'urgence. Cette formation humaine s'appuyant sur les trois dimensions constitutives de la personne (corps, psychisme et âme) devra, plus que jamais, lui permettre de discerner dans la complexité, pour décider dans l'incertitude afin d'agir dans l'adversité.

Discerner dans la complexité revient à inculquer à l'officier des repères moraux solides dans un monde qui s'est brutalement rétréci sous l'effet de l'accélération des échanges culturels, économiques, financiers tout comme la circulation de l'information en temps réel. En effet, si l'interaction entre chef et subordonnés facilite son discernement, celui-ci ne sera plus possible avec un robot autonome. Il accroîtra d'autant l'isolement d'un chef potentiellement esseulé sur le champ de bataille avec l'avènement de la guerre infocentrée et ses conséquences décrites dans les « perspectives tactiques » du général Guy HUBIN ⁽²⁰⁾. La compréhension des opérations dans leur contexte politique devenue un enjeu tactique, exige des jeunes chefs de section voire du « caporal stratégique » une exécution particulièrement fine et délicate de ses missions. Dans ce cadre, la décision d'emploi ou non d'un robot autonome et, plus encore, les règles d'engagement que ce chef tactique donnera à son auxiliaire-robotique peuvent être lourdes de conséquences. La connaissance du milieu dans lequel il opère, de la situation culturelle, politique et sociale, est un prérequis indispensable qui milite pour que la formation professionnelle du chef militaire soit aussi solide dans le domaine tactique que dans les domaines académique et éthique.

(19) Les témoignages d'opérateurs de drones (robots pas encore autonomes) en provenance des États-Unis sont particulièrement éclairants : la blessure invisible (syndrome *post*-traumatique) ne les épargne pas et a des effets d'autant plus dévastateurs que ces « combattants » à distance ne risquent peut-être pas leur vie physique mais sans doute leur santé psychique. Un chef militaire devra être préparé à ce type de blessure car la traçabilité de formation et d'agir du robot autonome, indispensable à la mise en œuvre de sa responsabilité, permettra d'établir, y compris en images, un bilan des pertes dont il devra assumer le poids moral.

(20) HUBIN Guy, *Perspectives tactiques* (3^e édition), Économica, 2009, 192 pages.

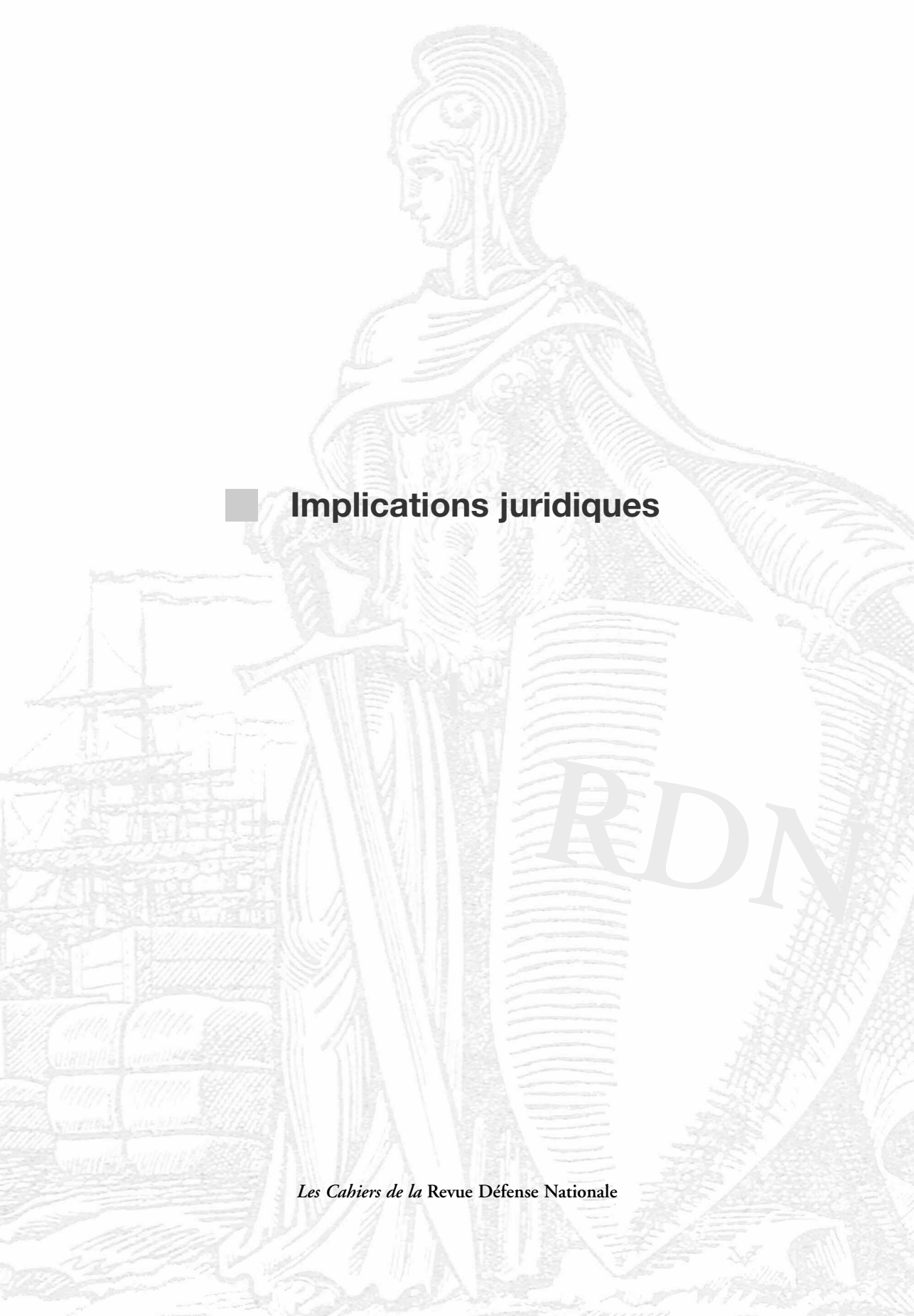
La nécessaire place du chef militaire
dans les systèmes d'armes robotisés autonomes

Pour agir dans l'adversité, le chef militaire, certes allégé d'une part de fatigue physique, morale et cognitive assumée par le robot, devra néanmoins supporter une charge de responsabilité très supérieure à celle qu'il aurait eue dans le commandement d'êtres humains dotés de libre arbitre donc potentiellement responsables. Le travail des robots autonomes restant sous la responsabilité juridique et morale du chef militaire, celui-ci, devra être capable d'en contrôler les actes en permanence. Ici, le principe de précaution s'applique à la chose militaire. Il n'y a apparemment rien de très nouveau dans la mesure où l'usage d'armes de destruction massive a déjà donné lieu à de nombreuses et solides spéculations intellectuelles et éthiques. Cependant, l'autonomie du robot rend la question éthique bien plus délicate. La formation des chefs passera donc également par un retour aux humanités, à une « philosophie opérationnelle » afin de leur donner la sagesse indispensable à l'usage du robot autonome, dès son instruction. En d'autres termes, « tel robot, tel maître » est un appel au travail de l'homme sur lui-même afin que l'hubris du maître ne gagne sa machine.

Dans *L'obsolescence de l'homme* ⁽²¹⁾, Gunther ANDERS estime que l'homme serait actuellement en train de créer un monde technologique (dont nos robots font partie) qui, au final, l'humilie et le rend honteux. En effet, les machines qu'il élabore sont plus performantes que lui dans l'emploi qui leur est destiné. L'erreur devient forcément humaine. Cette situation est inédite parce qu'avec les potentialités offertes par l'IA, de la place dont il disposait jusqu'alors au sommet de la création, l'homme, dominé par les idoles technologiques, pourrait se voir réduit au rôle de maillon faible d'un système qu'il a pourtant créé. Il est donc grand temps de réfléchir à l'impact du progrès technologique afin d'éviter que l'homme, victime de sa démesure, ne perde confiance en lui-même et en ses inventions. L'enjeu du recours aux systèmes d'armes robotisés autonomes est donc avant tout éthique et dépend de la vision anthropologique de ses concepteurs, de ses utilisateurs et du législateur. En définitive, la formation humaine de ces protagonistes est aujourd'hui une urgence car le déploiement de ces « nouveaux combattants » est imminent. À côté des belles promesses environnant l'usage de robots autonomes, se révèlent des dangers importants pour les hommes. La nouvelle éthique de responsabilité de Hans JONAS ⁽²²⁾ mise en œuvre avec discernement permettra d'accompagner cette évolution pour en limiter les effets les plus délétères. En cela, le chef militaire aura, aux côtés des experts, un avis éclairé à proposer au législateur, pourvu qu'il soit formé. ♦

(21) *L'obsolescence de l'homme. Tome II : Sur la destruction de la vie à l'époque de la 3^e révolution industrielle* (publication originale en allemand, 1980).

(22) JONAS Hans, *Le Principe Responsabilité : une éthique pour la civilisation technologique*, 1991 (publication originale en allemand, 1979).



■ **Implications juridiques**

RDN

L'analyse des nouveaux systèmes d'armes robotisés sous le prisme de l'article 36 du Protocole additionnel I ⁽¹⁾

Caroline BRANDAO

Actuellement responsable du Pôle droit international humanitaire (DIH) à la Croix-Rouge française. Diplômée de l'Université de Montréal au Canada et de l'Institut universitaire Kurt Bösh en Suisse, elle enseigne le droit des conflits armés et mène des recherches scientifiques sur les nouvelles technologies de l'armement. Les éléments ci-après n'engagent que leur auteur.

« Si les terribles moyens de destruction dont les peuples disposent actuellement paraissent devoir, à l'avenir, abrégier la durée des guerres, il semble que les batailles n'en seront, en revanche, que plus meurtrières ».

Henry Dunant, *Un Souvenir de Solferino* (1862)

Le droit international humanitaire est un ensemble de règles qui s'appliquent pendant un conflit armé avec pour objectifs de protéger les personnes qui ne participent pas, ou plus, aux hostilités (comme les civils et les combattants blessés, les malades ou les prisonniers de guerre) et de réglementer la conduite des hostilités (c'est-à-dire les moyens ou méthodes de guerre).

Contrôler la licéité d'une nouvelle arme avant sa mise en service est un principe que l'on retrouve dès 1868, dans la Commission [militaire internationale] ayant fixé : « d'un commun accord, les limites techniques où les nécessités de la guerre doivent s'arrêter devant les exigences de l'humanité... » ⁽²⁾.

Par l'article 36 du Protocole additionnel I (PA I), les Hautes parties contractantes s'engagent à déterminer l'illégalité éventuelle d'une nouvelle arme, aussi bien au regard des dispositions du Protocole que de toute autre règle du droit international applicable, sur la base de l'usage normal qui en est escompté au moment de l'évaluation. Si ces mesures ne sont pas prises, la responsabilité de l'État sera en tout cas engagée s'il y a dommage illicite.

(1) Article 36 « Armes nouvelles » du Protocole additionnel I (relatif à la protection des victimes des conflits armés internationaux) de la Convention de Genève (pour l'amélioration du sort des blessés et des malades dans les forces armées en campagne) de 1949 signé le 8 juin 1977 (<https://ihl-databases.icrc.org/>).

(2) Déclaration de Saint-Pétersbourg, 1868.

La nécessité de contrôler la licéité d'une nouvelle arme implique plusieurs éléments, en premier lieu, de déterminer, quels types d'armes doivent faire l'objet d'un examen juridique. Puis, de définir le cadre juridique applicable aux nouvelles armes, c'est-à-dire, aux nouveaux moyens et méthodes de guerre en lien avec les interdictions ou restrictions suivantes : les interdictions ou restrictions découlant du droit international des traités, les interdictions ou restrictions découlant du droit international coutumier et enfin les interdictions ou restrictions fondées sur les principes de l'humanité et les exigences de la conscience publique (la « Clause de Martens », voir *infra*). Enfin, pour faire respecter ce cadre juridique, il convient aussi d'analyser les discussions actuelles sur les nouveaux systèmes d'armes robotisés, qui révèlent que des efforts considérables doivent être entrepris pour décloisonner la réflexion sur le sujet et le mettre dans une perspective plus opérationnelle.

Quels types d'armes doivent faire l'objet d'un examen juridique ?

Le droit de choisir les moyens et méthodes de guerre (l'expression « moyens et méthodes de guerre » désigne les « outils » de la guerre) n'est pas illimité : il s'agit là de l'un des principes de base du Droit international humanitaire (DIH). Ce principe est énoncé, par exemple, à l'art. 22 du Règlement de La Haye de 1907⁽³⁾ concernant les lois et coutumes de la guerre sur terre ainsi qu'à l'art. 35 § 1, du PA I⁽⁴⁾.

Le champ d'application matériel de l'examen juridique couvre notamment, par exemple :

1. les armes de tous types, qu'elles soient destinées à un usage antipersonnel ou antimatériel, « létales », « non-létales » ou « moins létales », de même que les systèmes d'armes ;
2. toutes les armes dont l'acquisition est prévue, qu'il soit envisagé de les obtenir par le biais de la recherche et du développement sur la base de spécifications militaires ou de les acheter ;
3. toute arme que l'État prévoit d'acquérir pour la première fois, sans que celle-ci soit nécessairement « nouvelle » au sens technique ;
4. une arme existante, quand un État se lie à un nouveau traité international qui est susceptible d'avoir une incidence sur la licéité de l'arme.

Pour ce dernier critère cela signifie donc qu'un traité sur l'usage des robots semi-autonomes et autonomes peut avoir un effet sur l'usage d'une arme autonome existante.

Il faut également rappeler qu'en cas de doute quant à savoir si l'engin ou le système dont on prévoit l'étude, la mise au point ou l'acquisition, est bien une « arme », des conseils juridiques devraient être sollicités auprès de l'autorité chargée de

(3) Article 22 du Règlement de La Haye de 1907 : « Les belligérants n'ont pas un droit illimité quant au choix des moyens de nuire à l'ennemi ».

(4) Article 35 § 1 du PA I : « 1. Dans tout conflit armé, le droit des Parties au conflit de choisir des méthodes ou moyens de guerre n'est pas illimité ».

déterminer la licéité des armes. De même qu'une arme ne peut pas être évaluée sans tenir compte de la méthode de guerre selon laquelle elle sera utilisée. Il s'ensuit que la licéité d'une arme ne dépend pas uniquement de sa conception ou du but recherché, mais aussi de la manière dont on peut attendre qu'elle sera utilisée sur le champ de bataille. De plus, une arme utilisée d'une certaine manière peut « réussir » l'examen prévu à l'article 36, mais « échouer » quand elle est utilisée d'une autre manière. C'est la raison pour laquelle l'article 36 demande aux États de déterminer si l'emploi d'une arme donnée « serait interdit, dans certaines circonstances ou en toutes circonstances » par le droit international, nous y reviendrons.

Le cadre juridique applicable aux nouveaux systèmes d'armes robotisés

Pour définir le cadre juridique applicable aux nouvelles armes et aux nouveaux moyens et méthodes de guerre, il est nécessaire de le faire en lien avec les interdictions ou restrictions découlant du droit international des traités. Le droit des combattants de choisir leurs moyens et méthodes de guerre est donc limité par un certain nombre de règles fondamentales du DIH relatives à la conduite des hostilités. De fait, beaucoup de ces règles figurent dans le PA I de 1977 relatif à la protection des victimes des conflits armés internationaux. D'autres traités interdisent ou limitent l'emploi de certaines armes spécifiques, telles que, notamment, les armes biologiques et les armes chimiques, les armes incendiaires, les armes à laser aveuglantes et les mines terrestres ⁽⁵⁾.

Comme mentionné en préambule, l'examen de la conformité au droit des armes nouvelles et des nouveaux moyens ou méthodes de guerre n'est pas un concept récent. Le premier instrument international faisant référence à l'évaluation, sous l'angle juridique, des technologies militaires émergentes fut la Déclaration de Saint-Pétersbourg, adoptée en 1868 par une Commission militaire internationale. La mise au point des armes futures y est évoquée en ces termes : « Les Parties contractantes... se réservent de s'entendre ultérieurement, toutes les fois qu'une proposition précise serait formulée en vue des perfectionnements à venir que la science pourrait apporter dans l'armement des troupes, afin de maintenir les principes qu'elles ont posés et de concilier les nécessités de la guerre avec les lois de l'humanité » ⁽⁶⁾. La seule autre référence, dans des traités internationaux, à la nécessité de procéder à l'examen juridique des armes nouvelles et des nouveaux moyens et méthodes de guerre se trouve à l'article 36 du PA I de 1977 que nous allons aussi aborder maintenant.

(5) Convention sur l'interdiction de la mise au point, de la fabrication et du stockage des armes bactériologiques (biologiques) ou à toxines et sur leur destruction, ouvert à la signature à Londres, Moscou et Washington le 10 avril 1972 (<https://ihl-databases.icrc.org/>) ; Convention sur l'interdiction de la mise au point, de la fabrication, du stockage et de l'emploi des armes chimiques et sur leur destruction, Paris, 13 janvier 1993 (<https://ihl-databases.icrc.org/>) ; Protocole sur l'interdiction ou la limitation de l'emploi des armes incendiaires (Protocole III), Genève, 10 octobre 1980 (<https://ihl-databases.icrc.org/>) ; Protocole relatif aux armes à laser aveuglantes (Protocole IV à la Convention de 1980), 13 octobre 1995 (<https://ihl-databases.icrc.org/>) ; Convention sur l'interdiction de l'emploi, du stockage, de la production et du transfert des mines antipersonnel et sur leur destruction, 18 septembre 1997 (<https://ihl-databases.icrc.org/>).

(6) Déclaration à l'effet d'interdire l'usage de certains projectiles en temps de guerre, signée à Saint-Pétersbourg le 29 novembre [11 décembre] 1868.

Cette règle du DIH a d'ailleurs fait l'objet de nombreuses discussions lorsque l'on revient aux conférences diplomatiques : « entre ceux qui vont faire de cet article, une condition d'acceptation de l'ensemble du Protocole et ceux qui considèrent qu'une telle proposition visait le désarmement, et donc qui n'était pas de la compétence de la Conférence diplomatique... visant à conduire à une prolifération d'organes internationaux, ce qui ne ferait que compliquer la recherche d'une solution. Cet échange d'arguments a abouti, en séance plénière, au rejet, par une majorité de circonstance, d'un projet d'article. Ultérieurement, et à titre de compromis, la Conférence adoptera, par consensus, la Résolution 22, intitulée : *Suite à donner aux travaux sur l'interdiction ou la limitation de l'emploi de certaines armes conventionnelles* » ⁽⁷⁾.

Pour résumer, en droit des conflits armés, l'article 36 est le seul frein, avec les règles de La Haye, aux abus engendrés par la course aux armements ou à des possibilités d'abus. Cet article porte aussi sur les armes futures. Indépendamment des problèmes de la guerre atomique, bactériologique et chimique, voire spatiale, qui ne sont pas évoqués dans le cadre de la Conférence diplomatique, les experts évoquaient déjà « l'usage d'armes à longue portée, télécommandées ou combinées à des senseurs placés sur le terrain, qui conduirait à une automatisation du champ de bataille, où le soldat jouerait un rôle de moins en moins important. Les contre-mesures provoquées par cette évolution, notamment le brouillage électronique, accentueraient le caractère indiscriminé de la lutte » ⁽⁸⁾.

Parmi les États ayant mis en place des mécanismes formels pour évaluer la conformité au droit des nouvelles armes, certains ont demandé à l'autorité chargée de procéder à cette vérification de prendre en considération non seulement le droit en vigueur au moment de l'examen, mais aussi les probables développements futurs du droit. Ainsi citons pour exemple le Manuel militaire du Royaume-Uni ⁽⁹⁾ qui, dans sa procédure d'examen, tient compte du droit en vigueur au moment de l'examen mais s'efforce également de tenir compte des probables développements futurs du droit des conflits armés. De même, une directive de la Norvège prévoit « des règles pertinentes du droit international dont on peut attendre qu'elles entreront en vigueur pour la Norvège dans un avenir proche doivent également être prises en considération » ⁽¹⁰⁾. La même disposition ajoute : « une importance particulière sera accordée aux opinions sur le droit international présentées par la Norvège au niveau international » ⁽¹¹⁾. Une telle approche vise à éviter les coûteuses conséquences d'une décision consistant à approuver et acquérir une arme dont l'emploi risquerait d'être frappé de restrictions, voire même d'interdiction, dans un avenir proche.

En outre, un grand nombre de règles fondamentales d'interdictions et de limitations spécifiques relatives aux moyens et méthodes de guerre découlent de ce que l'on

(7) Actes VII, p. 30, CDDH/SR.47, § 76 ; pour la discussion en séance plénière de la Conférence, p. 16-50.

(8) *Ibid.*

(9) *The Manual of the Law of Armed Conflict*, Oxford University Press, 2004, p. 119, § 6.20.1

(10) Ministère de la Défense (Norvège), *Direktiv om folkerettslig vurdering av vapen, krigføringsmetoder og krigføringsvirkemidler* [Directive relative à l'examen juridique des armes, méthodes et moyens de guerre], 18 juin 2003.

(11) *Ibid.*

nomme le droit international coutumier, c'est-à-dire des règles qui résultant d'une « pratique générale acceptée comme étant le droit », et qui existent indépendamment du droit conventionnel. Ce droit est d'une importance capitale car il comble certaines de ses lacunes, renforçant ainsi la protection dont bénéficient les victimes. Nous pouvons citer en exemple quelques règles :

1. Il est interdit d'employer des moyens ou des méthodes de guerre de nature à causer des maux superflus ⁽¹²⁾.
2. Il est interdit d'employer des armes qui sont de nature à frapper sans discrimination ⁽¹³⁾. Cette disposition inclut les méthodes ou moyens de guerre qui ne peuvent pas être dirigés contre un objectif militaire déterminé ainsi que les méthodes ou moyens de guerre dont les effets ne peuvent pas être limités comme le prescrit le droit international humanitaire ⁽¹⁴⁾.
3. Les attaques par bombardement, quels que soient les méthodes ou moyens utilisés, qui traitent comme un objectif militaire unique un certain nombre d'objectifs militaires nettement espacés et distincts situés dans une ville, un village ou toute autre zone contenant une concentration analogue de personnes civiles ou de biens de caractère civil, sont interdites ⁽¹⁵⁾.
4. L'utilisation de méthodes ou moyens de guerre conçus pour causer, ou dont on peut attendre qu'ils causeront, des dommages étendus, durables et graves à l'environnement naturel est interdite. La destruction de l'environnement naturel ne peut pas être employée comme une arme ⁽¹⁶⁾.
5. Il est interdit de lancer des attaques dont on peut attendre qu'elles causent incidemment des pertes en vies humaines dans la population civile, des blessures aux personnes civiles, des dommages aux biens de caractère civil, ou une combinaison de ces pertes et dommages, qui seraient excessifs par rapport à l'avantage militaire concret et direct attendu (règle de proportionnalité) ⁽¹⁷⁾.

Enfin, certaines interdictions ou restrictions peuvent se fonder sur les principes de l'humanité et les exigences de la conscience publique. Nous pouvons nous appuyer sur la Clause de Martens, instrument clé du DIH, qui offre un moyen de réguler efficacement des systèmes autonomes. La Clause de Martens fait partie du droit des conflits armés depuis sa première apparition dans le préambule de la Convention (II) de La Haye de 1899 concernant les lois et coutumes de la guerre sur terre ⁽¹⁸⁾. La Clause se fondait sur une déclaration lue par le professeur Frédéric de Martens (d'où son nom), délégué russe à la Conférence de la paix. Martens l'a présentée après que les délégués à cette Conférence n'eurent pas réussi à se mettre d'accord sur la question du

(12) HENCKAERTS Jean-Marie et DOSWALD-BECK Louise (dir.), *Droit international humanitaire coutumier*, CICR et Bruylant, Bruxelles, 2006, vol. I, règle 70, p. 315.

(13) *Ibid.*, règle 71, p. 244. Voir également règle 11, p. 50.

(14) *Id.*, règle 12, p. 54.

(15) *Id.*, règle 13, p. 58.

(16) *Id.*, règle 45, p. 201. Voir également la règle 44, p. 320.

(17) *Id.*, règle 14, p. 62.

(18) (<https://ihl-databases.icrc.org/>).

statut des civils qui prenaient les armes contre une force occupante. La Clause de Martens est importante parce que, de par sa référence au droit coutumier, elle souligne la portée des normes coutumières dans le règlement des conflits armés. En outre, elle invoque les « principes de l'humanité » et les « exigences de la conscience publique ».

Ainsi, il convient d'examiner si l'arme en cours d'évaluation est conforme aux principes de l'humanité et aux exigences de la conscience publique, tels qu'ils sont énoncés à l'article 1^{er}, § 2, du PA I, dans le préambule de la Convention (IV) de La Haye de 1907 et dans le préambule de la Convention (II) de La Haye de 1899. Cette référence à la Clause de Martens est énoncée de la manière suivante à l'article 1^{er}, § 2, du PA I : « Dans les cas non prévus par le présent Protocole ou par d'autres accords internationaux, les personnes civiles et les combattants restent sous la sauvegarde et sous l'empire des principes du droit des gens, tels qu'ils résultent des usages établis, des principes de l'humanité et des exigences de la conscience publique ».

Dans son avis consultatif sur la *Licéité de la menace ou de l'emploi d'armes nucléaires*, la Cour internationale de Justice (CIJ) a affirmé l'importance de la Clause de Martens « qui continue indubitablement d'exister et d'être applicable », ajoutant qu'elle s'était « révélée être un moyen efficace pour faire face à l'évolution rapide des techniques militaires »⁽¹⁹⁾. La CIJ a également estimé que la Clause de Martens représentait « l'expression du droit coutumier préexistant »⁽²⁰⁾.

Une arme non couverte par les règles existantes du droit international humanitaire serait considérée non conforme à la Clause de Martens s'il est établi qu'elle contrevient aux principes de l'humanité ou aux exigences de la conscience publique.

Les débats autour des nouveaux systèmes d'armes robotisés

Les discussions autour des nouvelles technologies de guerre suscitent un regain d'attention pour l'obligation qu'ont les États, en vertu de l'article 36 du PA I, de soumettre toute nouvelle arme à un examen juridique rigoureux. Le Comité international de la Croix-Rouge (CICR) a donc engagé le dialogue avec plusieurs États concernant son projet de mise à jour du Guide de l'examen de la licéité des nouvelles armes et des nouveaux moyens et méthodes de guerre. Dans le cadre des débats internationaux sur les nouvelles technologies de guerre, et notamment lors des réunions informelles d'experts sur les systèmes d'armes autonomes organisées en 2014 et 2015 dans le cadre de la Convention sur certaines armes classiques (CCW), le CICR a rappelé l'obligation d'examiner la licéité des armes nouvelles et appelé les États qui ne l'avaient pas encore fait à établir des procédures permanentes pour soumettre toute nouvelle arme à un examen rigoureux et pluridisciplinaire.

Le CICR a présenté son point de vue sur le sujet lors de plusieurs réunions, dont la réunion d'experts informelle sur les systèmes d'armes autonomes en

(19) CIJ, *Licéité de la menace ou de l'emploi d'armes nucléaires (avis consultatif)*, La Haye, 8 juillet 1996, § 87 (www.icj-cij.org/fr/affaire/95).

(20) *Ibid.*

avril 2016 ⁽²¹⁾, la 39^e table ronde de San Remo sur le droit international applicable aux armes et armements en septembre 2016 ⁽²²⁾ et le Forum annuel d'examen des nouvelles armes à la lumière de l'article 36 organisé par le ministère de la Défense du Royaume-Uni en octobre 2016. Une étude du CICR intitulée *Autonomous Weapon Systems: Implications of Increasing Autonomy in the Critical Functions of Weapons* est également disponible et reflète le travail de plusieurs experts sur le sujet ⁽²³⁾.

En 2017 s'est tenue la première réunion du Groupe d'experts gouvernementaux sur les Systèmes d'armes létaux autonomes (Sala). Alors que les Hautes Parties contractantes à la Convention sur certaines armes classiques entamaient des discussions plus formelles, les États avaient pu identifier et développer un socle de travail commun, notamment fondé sur le large accord existant quant à la nécessité de conserver un contrôle humain sur les systèmes d'armes et sur l'utilisation de la force.

En 2018, les États se sont réunis dans le cadre de la *CCW* pour discuter des armes autonomes. Ils ont fait valoir à l'occasion de cette Conférence, que le concept de « contrôle humain significatif » devait être un des éléments sur lequel les débats devaient avoir lieu. Néanmoins, il n'y a pas d'accord sur le sens donné à ce « contrôle humain significatif ». À cet égard, on peut d'ailleurs relever que les discussions des États ne prennent pas suffisamment en compte le contexte opérationnel. On peut en déduire que, pour maintenir un certain degré de contrôle humain, il y aura des limites à fixer aux niveaux de la licéité de l'autonomie conférée aux nouveaux systèmes d'armes robotisés. La nécessité d'un contrôle humain fait également apparaître un certain nombre de questions relatives à des aspects techniques que les juristes vont devoir appréhender au regard de l'application de l'article 36 du PA I. On peut soulever, par exemple, les sources d'imprédictibilité d'un système d'arme robotisé dans sa conception par le fait d'introduire dans le processus de ciblage des algorithmes d'apprentissage automatiques issus de l'Intelligence artificielle (IA). Cela peut conduire à soulever des préoccupations majeures d'ordre juridique, dans la mesure où le fonctionnement et les effets des systèmes d'armes seraient alors intrinsèquement imprédictibles.

Il est souhaitable de faire respecter les obligations juridiques par les combattants de maintenir un niveau minimum de contrôle humain dans l'examen de la licéité de l'utilisation des nouveaux systèmes d'armes robotisés, à partir d'un certain nombre de critères, notamment : la prédictibilité, la supervision et la capacité d'intervention d'un humain sur le système d'arme, les restrictions opérationnelles pesant sur les tâches, les types de cibles et l'environnement opérationnel imposant des limites dans le temps et dans l'espace. Il est également nécessaire d'approfondir la réflexion sur le sujet et d'examiner le contexte dans lequel ce contrôle humain significatif doit être exercé, plus spécifiquement : qui doit exercer un contrôle humain significatif et sur quoi ?

(21) Réunion d'experts informelle sur les systèmes d'armes autonomes, Genève, 11 au 15 avril 2016 (<https://cd-geneve.delegfrance.org/>).

(22) INTERNATIONAL INSTITUTE OF HUMANITARIAN LAW, *Weapons and the International Rule of Law*, 2017 (<http://iihl.org/>).

(23) Réunion d'experts des 15 et 16 mars 2016. Document téléchargeable en langue anglaise ou chinoise (https://shop.icrc.org/autonomous-weapon-systems.html?___store=fr).

Chaque situation dans une opération militaire peut nécessiter plusieurs formes de contrôle humain et celui-ci est bien souvent distribué à différents niveaux. Par conséquent, l'utilisation des nouveaux systèmes d'armes robotisés doit être examinée comme une partie seulement d'un cycle. Le contrôle humain significatif pourrait être mieux décrit comme un contrôle réparti sur un éventail d'individus et parfois de technologies intervenant à différentes étapes du cycle de ciblage. Alors que le contrôle humain significatif suppose théoriquement l'existence d'une décision ultime, la pratique militaire montre que la prise de décision est généralement répartie. De plus, alors qu'un contrôle humain significatif concerne généralement la relation entre les armes et leurs opérateurs, la pratique militaire montre une division du travail. En effet, les décisions critiques sont prises par plusieurs individus à plusieurs moments du processus de ciblage et elles doivent avoir un lien de causalité direct avec l'utilisation de l'arme.

En dépit de l'évolution rapide des nouvelles technologies de guerre, de l'obligation prévue à l'article 36 du PA I et des nombreux appels lancés lors de précédentes conférences internationales, seuls un petit nombre d'États ont, à ce jour, fait savoir qu'ils avaient établi des mécanismes permanents pour examiner la licéité des nouvelles armes. L'attention croissante que portent les gouvernements et le public aux nouvelles technologies de guerre offre l'occasion aux organisations humanitaires de rappeler aux États leur obligation d'examiner la licéité des armes nouvelles ainsi que les engagements qu'ils ont pris en la matière aux conférences internationales de la Croix-Rouge et du Croissant-Rouge. Dans cette optique, les acteurs humanitaires vont intensifier leur dialogue avec les États, tant bilatéralement que dans le cadre de forums multilatéraux, comme les réunions organisées dans le cadre de la Convention sur certaines armes classiques.

Le CICR s'attachera également à promouvoir, dans la mesure du possible, l'échange de données d'expérience sur les mécanismes et procédures d'examen des armes. Par exemple, le ministère de la Défense du Danemark a sollicité les conseils de la Croix-Rouge danoise pour élaborer une procédure d'examen des armes fondée sur l'article 36. À cette fin, la Société nationale organise, avec la Croix-Rouge finlandaise, un symposium auquel participent des représentants de la Suisse, de la Suède, du Royaume-Uni et le CICR. Ce congrès a pour objectif de favoriser les échanges entre les autorités des pays nordiques et des représentants chevronnés d'États qui se sont déjà dotés d'une telle procédure. Enfin, la Croix-Rouge de Norvège a appelé à une application plus rigoureuse de l'article 36 dans son pays, attirant notamment l'attention sur les problèmes liés aux systèmes d'armes autonomes. Le gouvernement norvégien affine actuellement sa procédure d'examen fondée sur l'article 36, dans le cadre de son processus d'acquisition d'armes destinées aux forces armées du Royaume.

**

Tous les États ont intérêt à évaluer la licéité des nouvelles armes. Cet examen contribuera à donner l'assurance que les forces armées d'un État sont en mesure de conduire des hostilités conformément à ses obligations internationales. Même si l'article 36 du Protocole additionnel I ne précise pas comment doit être conduit

L'analyse des nouveaux systèmes d'armes robotisés
sous le prisme de l'article 36 du Protocole additionnel I

l'examen de la licéité des armes autonomes, l'évaluation doit porter à la fois sur les armes au sens le plus large et sur les façons dont elles sont employées. La détermination de la conformité d'une arme au droit en vigueur exige un examen de toutes les données empiriques pertinentes relatives à cette arme. Il convient aussi que les États déterminent à quelle autorité nationale ils souhaitent donner cette responsabilité et qui devrait y être associé. Les stades du processus d'acquisition auxquels l'examen juridique doit avoir lieu sont aussi à définir, de même que les procédures à prévoir en matière de prise de décisions et de conservation des données. ♦

Le déploiement des systèmes d'armes robotisés face au cadre juridique existant

Éric POMÈS

Maitre de conférences de l'ICES (Institut catholique de Vendée), habilité à diriger des recherches, Secrétaire général du Centre de recherche de l'ICES (CRICES).

La récente résolution du Parlement européen appelant à l'interdiction préventive des Systèmes d'armement létaux autonomes (Sala) illustre parfaitement l'actualité de la robotisation du champ de bataille ⁽¹⁾. Le déploiement sur les théâtres contemporains des Systèmes militaires robotisés (SMR) ⁽²⁾ depuis près de vingt ans a entraîné de nombreux débats tant éthiques que juridiques. Les passions ont souvent guidé ces discussions et ont parfois brouillé les enjeux de la robotisation du champ de bataille.

Loin de visions manichéennes, cet article se propose d'étudier la conformité du déploiement des SMR au regard du droit international. Force est de constater que rien n'interdit formellement leur déploiement, car si l'introduction de ces nouveaux moyens de combat influe sur la définition du champ de bataille, les principes cardinaux du droit international humanitaire permettent d'encadrer leur utilisation.

Les frontières du champ de bataille repoussées

Alors que pour certains le déploiement de SMR s'effectuerait dans un vide juridique, le droit international humanitaire, loin d'être obsolète, permet d'ores et déjà d'en encadrer l'emploi. Les futurs systèmes d'armement létaux autonomes, par exemple, ne sont pas réfractaires au droit existant grâce à la flexibilité des principes du droit international humanitaire.

Pourtant, l'introduction des nouveaux moyens de combat, en permettant à un État de frapper une cible, sans que sa localisation constitue une contrainte, semble affaiblir la pertinence de la dimension *ratione loci* du conflit armé. Comme l'illustrent

(1) PARLEMENT EUROPÉEN, *Résolution sur les Systèmes d'armes autonomes (2018/2752(RSP))*, 12 septembre 2018 (www.europarl.europa.eu/).

(2) Le terme « Systèmes militaires robotisés » (SMR) sera préféré à celui de « robot » qui induit plus de confusion que de précision. Le SMR se définit comme « un dispositif ou une machine programmée, réutilisable, sans équipage embarqué, percevant et analysant son environnement afin d'accomplir une tâche précise pour laquelle il a été conçu avec une intervention variable de l'opérateur humain ».

les exécutions extrajudiciaires au moyen de drones, la robotisation obscurcit la distinction entre le droit applicable en temps de conflit armé et en temps de paix ainsi que les principes fondamentaux du droit international humanitaire. D'où la question de savoir comment le droit international appréhende ces nouvelles technologies. Cette nouvelle réalité laisse transparaître deux hypothèses, non exclusives l'une de l'autre : le caractère permissif du droit international humanitaire se limite-t-il au territoire appartenant ou contrôlé par les belligérants ou s'applique-t-il au territoire sur lequel se situe effectivement une cible ? Ce questionnement renvoie à la notion de champ de bataille qui se définit comme le cadre spatial dans lequel se déroulent les hostilités. C'est donc l'existence de combats effectifs dans une zone particulière qui justifie l'application du droit international humanitaire. Et, c'est seulement dans celle-ci que le ciblage de combattants sera autorisé ⁽³⁾. La détermination du champ de bataille découlerait donc d'une approche factuelle et non territoriale des hostilités.

Les conflits armés internationaux connaissent ainsi les zones d'opérations ⁽⁴⁾, les zones de combats ⁽⁵⁾, le champ de bataille, sans que soient fixées de limites spatiales. L'applicabilité du droit international humanitaire suit les hostilités sans être enfermée par une délimitation géographique figée du champ de bataille. Les évolutions en matière d'armement laissent entrevoir la réalité d'un champ de bataille global. Les hostilités entre forces belligérantes peuvent se dérouler, en fonction des potentiels technologiques, aussi bien sur mer que sur terre, dans les airs que dans l'Espace, la seule limite juridique étant l'interdiction d'utiliser les territoires neutres pour mener les hostilités. La technologie a ainsi effacé la relation territoire/conflit. La guerre du Golfe en 1991 en fournit une bonne illustration. Alors que les hostilités se déroulaient au Koweït, la coalition a ciblé l'Irak.

Toutefois, une telle vision globalisée du champ de bataille sied mal au conflit armé non-international qui, par définition, est circonscrit à un territoire bien défini voire à des zones à l'intérieur de celui-ci contrôlées par les belligérants, car les hostilités sont censées, du fait de la nature du conflit armé, s'y dérouler ⁽⁶⁾. En pratique, il n'est pas rare que les combats se propagent dans les États voisins. Ce « débordement » est d'ailleurs quasiment consubstantiel aux conflits contemporains que l'on songe aux conflits intra-étatiques ou à la lutte contre les groupes terroristes. Les groupes armés, en effet, trouvent régulièrement refuge dans les États voisins avec leur assentiment ou en raison de leur faiblesse.

(3) Voir par exemple, O'CONNELL Mary Ellen, « Lawful Use of Combat Drones », audition *Rise of the Drones II: Examining the Legality of Unmanned Targeting*, Congrès des États-Unis, Chambre des représentants, Sous-comité sur la sécurité nationale et les affaires étrangères, 28 avril 2010, 6 pages (<https://fas.org/>).

(3) Voir par exemple article 49 du *Manuel des lois de la guerre maritime* de 1913 ou article 29 de la *Convention de La Haye (IV)* de 1907.

(4) Voir art. 19 de la *Convention (III)* de Genève relative au traitement des prisonniers de guerre.

(5) Voir les art. 3 communs aux Conventions de Genève de 1949 et 1 § 1 du PA II aux Conventions de Genève de 1949.

(6) La pratique de l'« assassinat ciblé » ne consiste pas à tuer un individu sur le champ de bataille à l'occasion d'hostilités, ni à assassiner une personne physique pour des raisons politiques. Il s'agit de l'usage de la force létale par un État contre un individu déterminé, identifié comme un ennemi, qui n'est pas sous le contrôle de cet État avec l'intention de le tuer. MÉGRET Frédéric, « War and the Vanishing Battlefield », *Loyola University Chicago International Law Review*, vol. 9, n° 1, 2012, p. 131-155 (<https://pdfs.semanticscholar.org/e610/900ce60d0c755d2fef63bc50685c9a30568f.pdf>).

La détermination spatiale du champ de bataille, et corrélativement du périmètre spatial du droit international humanitaire, se pose dès lors que les activités de ces groupes s'effectuent sur une pluralité de territoires, dans des régions sanctuarisées difficiles d'accès et hors des zones de combat proprement dites. Dans la lutte contre le terrorisme, afin de répondre à ce défi, le gouvernement des États-Unis a élaboré la notion de champ de bataille global qui permet de regrouper l'ensemble des actes attribués à des groupes armés non étatiques justifiant une réponse militaire, quel que soit l'endroit où ils surviennent. En outre, dans le prolongement du droit pénal de l'ennemi, la notion de champ de bataille global implique que la localisation de celui-ci est intimement liée à la localisation des « terroristes ».

Même si l'existence d'un conflit armé est acceptée, par exemple, en Afghanistan, la licéité des frappes de drones au Yémen ou ailleurs mérite toutefois d'être discutée, car elle montre la non-pertinence, pour les Américains, de toute condition *ratione loci* à l'usage de la force qui l'autorise sur le territoire d'une multitude d'États même sans leur consentement.

Si l'hypothèse de l'existence d'un conflit armé non international est retenue, subsiste la question de l'extension du champ de bataille, et donc de l'application spatiale du droit international humanitaire, au-delà du territoire de naissance du conflit armé. La politique d'assassinats ciblés des États-Unis illustre cette déspatialisation du champ de bataille par l'emploi de SMR⁽⁷⁾. Si cette approche comporte inévitablement des risques d'abus, l'emploi de la robotique apporte, toutefois, une réponse aux défis posés par les conflits contemporains. L'utilisation de drones au Waziristan (région montagneuse du Nord-Ouest du Pakistan), par exemple, fournit en effet une solution tactique aux armées occidentales qui ne pourraient accéder à cette région refuge pour les *Talibans*.

Cet éloignement de l'emploi de la force des zones de combats *stricto sensu* oblige à s'interroger sur le droit l'encadrant. L'hypothèse de l'extension du champ de bataille, plutôt que celle de son dépérissement, semble préférable. Cela conduit à se demander si, d'une part un seuil temporel au ciblage existe (c'est-à-dire un individu sans immunité peut-il être ciblé en tout temps ?) et d'autre part, si des limites spatiales au-delà desquelles tuer un adversaire constituerait une illicéité peuvent être imposées.

Pour certains auteurs, le recours aux drones contre des personnes localisées à l'extérieur des zones de combats constituerait une atteinte arbitraire à la vie dès lors que, lors de l'attaque, ces individus n'exécutaient pas d'actes de combat⁽⁸⁾. Cette interprétation impliquerait l'existence d'une immunité contre les attaques directes en dehors des zones de combat. Par voie de conséquence, le ciblage des combattants ne reposerait plus sur un statut, mais sur une attitude⁽⁹⁾. Selon cette thèse, seuls les

(7) DOSWALD-BECK Louise, « The Right to Life in Armed Conflict: does International Humanitarian Law provide all the Answers? », *Revue internationale de la Croix Rouge (RICR)*, vol. 88, n° 864, 2006, p. 881-904 (www.icrc.org/).

(8) Ce qui représenterait une avancée pour les combattants au sens strict mais non pas pour les autres dont le ciblage dépend déjà d'une attitude : la participation directe aux hostilités.

(9) GOODMAN Ryan, « The Power to Kill or Capture Enemy Combatants », *European Journal of International Law (EJIL)*, vol. 24, n° 3, 2013, p. 819-853 (<http://ejil.org/pdfs/24/3/2427.pdf>).

individus représentant une menace directe à la vie de combattants ou d'autres individus pourraient donc être ciblés. À l'inverse, le belligérant ne présentant aucune menace, parce que situé dans une zone éloignée des combats, ne pourrait l'être en vertu d'une interprétation restrictive de l'art. 35 du Protocole additionnel I aux Conventions de Genève de 1949 – ci-après PA I (1949) – et des régimes de participation directe aux hostilités et d'auxiliaire sanitaire⁽¹⁰⁾. Toutefois, cette lecture n'est pas, pour l'heure, de droit positif⁽¹¹⁾. La nécessité militaire autorise, en effet, tout acte, à la condition qu'il respecte le droit international humanitaire, permettant de gagner la guerre, de diminuer les risques de la perdre ou de réduire les coûts de celle-ci. Cibler les combattants ennemis répond à ces exigences puisque leur mort affaiblit le potentiel de l'adversaire. Néanmoins, les drones, en accroissant les possibilités d'atteindre un adversaire, renouvellent la question du droit à la vie dans les conflits armés⁽¹²⁾.

Ceci impose par conséquent de définir plus sûrement le champ de bataille, car il circonscrit l'espace dans lequel les hostilités peuvent être menées licitement. Or, la question de la localisation du champ de bataille en dehors du territoire originel du conflit se pose. Nous pouvons identifier trois hypothèses. La première est celle formulée par les États-Unis depuis le 11 septembre : le champ de bataille se trouve là où se situe l'ennemi. Le champ de bataille suivrait donc les belligérants. Une deuxième hypothèse s'appuie sur la jurisprudence du Tribunal pénal international pour l'ex-Yougoslavie (TPIY) et l'art. 2 du PA II (1949) : la définition du champ de bataille découlerait moins de la matérialité d'hostilités que du contrôle de zones par les belligérants. La caractérisation du champ de bataille résulterait dans ce cas à la fois de la géographie (un espace délimité) et de l'emprise par une des parties au conflit sur celle-ci. Une dernière hypothèse ferait procéder le champ de bataille du déroulement concret d'hostilités. Peu importe leur lieu de réalisation, seule compterait leur existence. Cette interprétation reposerait sur le principe d'effectivité qui préside à la détermination du champ de bataille dans le cadre des conflits armés internationaux.

Chacune de ces hypothèses pourrait ainsi être retenue. La sélection découlera des priorités défendues par l'interprète. En effet, trois principes distincts – nécessité militaire, sécurité internationale et principe d'humanité – servent de soubassement à ces trois hypothèses. La première renvoie au principe de nécessité militaire. Cette interprétation peut trouver un soutien dans la Déclaration à l'effet d'interdire l'usage de certains projectiles en temps de guerre de Saint-Pétersbourg du 11 décembre 1868. Ce texte énonce que le seul but légitime des belligérants, lors d'un conflit armé, est « l'affaiblissement des forces militaires de l'ennemi ». Par conséquent, la nécessité

(10) SCHMITT Michael N., « Wound, Capture, or Kill: A Reply to Ryan Goodman's 'The Power to Kill or Capture Enemy Combatants' », *EJIL*, vol. 24, n° 3, 2013, p. 855-861 (www.ejil.org/pdfs/24/3/2424.pdf) ; OHLIN Jens David, « The Duty to Capture », *Minnesota Law Review (Minn Law Rev)*, vol. 97, 2013, p. 1268-1342 (https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=2131720).

(11) O'CONNELL Mary Ellen, « Combatants and the Combat Zone », *University of Richmond Law Review*, vol. 43, 2009, p. 101-119 (https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=1332096).

O'CONNELL Mary Ellen, « The Law on Lethal Force begins with the Right to Life », *Journal on the Use of Force and International Law*, vol. 3, 2016, n° 2, p. 205-209.

(12) COUR EUROPÉENNE DES DROITS DE L'HOMME (CEDH), *Klass et autres c. Germany*, Séries A, n° 28, 6 septembre 1978, § 49 ; *L.C.B. c. Royaume-Uni*, 9 juin 1998, Recueil des arrêts et décisions 1998 – III, p. 1403, § 36 ; *Osman and Osman c. United Kingdom*, n° 23452/94, n° 87/1997/871/1083, 1998-VIII, § 115.

militaire justifie cette extension du champ de bataille. Cette interprétation reposerait sur l'objectif de diminuer l'insécurité internationale en évitant les sanctuaires. En outre, en instaurant une démarche préventive d'élimination des individus projetant des attentats, elle permettrait une meilleure protection des victimes potentielles. Cette interprétation présente toutefois l'inconvénient d'accroître l'insécurité internationale, d'une part en autorisant un emploi de la force élargi à des territoires à l'origine étrangers à un conflit armé et d'autre part, en nourrissant le ressentiment des populations qui risque d'alimenter le processus de violence. Elle entraîne aussi un affaiblissement du principe d'humanité, car la multiplication des emplois de la force par des frappes de drones induit l'amplification des dommages subis par les populations civiles. Le principe d'humanité doit, cependant, parvenir à concilier le droit à la vie des « ennemis et celui des victimes potentielles »⁽¹³⁾. Ainsi, les principes de sécurité internationale et d'humanité militent en faveur d'une interprétation restreignant l'emploi de la force armée.

Les conflits contemporains enseignent la nécessité de distinguer différentes zones : les zones de combats, les zones tampons ou de contacts et les zones de paix⁽¹⁴⁾. Cette tripartition se retrouve dans les dispositions du droit des conflits armés et a pour objet de préciser le degré de force acceptable : plus la force est appliquée loin de la zone de combat moins elle sera admissible. Adopter une telle partition fournirait ainsi une clé de partage entre le droit des conflits armés et le droit commun.

L'exemple de l'opération américaine, en mai 2010, en zone tribale pakistanaise, visant Saed al-Masri, soupçonné de terrorisme, en est une bonne illustration. Plusieurs façons de l'appréhender sont alors concevables. Une telle pratique peut être considérée soit comme une simple exécution extraterritoriale, auquel cas le droit commun, en particulier le droit des droits de l'homme s'appliquerait, soit comme un acte dans la conduite des hostilités, auquel cas l'application du droit des conflits armés serait pertinente. Les faits envisagés peuvent donc être analysés soit comme l'exécution d'un membre d'*Al-Qaïda* s'inscrivant dans la lutte contre le terrorisme, soit comme étant un acte rattachable à la conduite du conflit se déroulant en Afghanistan. Dans la première hypothèse, la licéité de l'usage de la force paraît douteuse, car, au-delà de la violation manifeste de la souveraineté de l'État, ce qui est dangereux avec une telle pratique, c'est l'arbitraire entourant le choix de l'individu, et partant les possibles erreurs de personnes. Cette désignation intervient, en effet, hors tout processus judiciaire, pourtant seul compétent dans un État de droit pour décider de la culpabilité d'un individu. Sa contrariété avec le droit à la vie et à un procès équitable se révèle, en effet, patente.

La difficulté reste cependant de savoir comment définir la zone de combat : est-elle strictement circonscrite géographiquement. À défaut, quel critère permettait de

(13) BLANK Laurie R., « Defining the Battlefield in Contemporary Conflict and Counterterrorism: Understanding the Parameters of the Zone of Combat », *Georgia Journal of International and Comparative Law*, vol. 39, n° 1, 2010, p. 1-38 (<https://digitalcommons.law.uga.edu/>) ; DASKAL Jennifer C., « The Geography of the Battlefield: A Framework for Detention and Targeting Outside the "Hot" Conflict Zone », *University of Pennsylvania Law Review (U. Penn. L. Rev.)*, vol. 161, n° 5, 2013, p. 1165-1234 (<https://scholarship.law.upenn.edu/>).

(14) Voir les articles 48 et 51, PA I (1949).

la déterminer ? En appliquant le principe de nécessité militaire pourrait être soutenue l'idée selon laquelle constitue une zone de combat l'espace dans lequel se trouvent des objectifs – humains ou matériels – dont la destruction contribue à mettre fin aux hostilités. Telle est la thèse américaine pour justifier leur politique d'exécutions extrajudiciaires. Au contraire, en adoptant une approche matérielle, c'est la commission d'une attaque au sens du droit des conflits armés, c'est-à-dire d'un acte de violence, qui permettrait de délimiter la zone de combat. Toutefois se pose la question de savoir si une seule attaque suffit à établir une telle zone. Par exemple, une attaque de drone au Pakistan transforme-t-elle la région du Waziristan en zone de combat ? À suivre la définition du conflit donnée dans l'affaire *Tadić* (criminel de guerre serbe, condamné par le TPIY), rien n'est moins évident dès lors que ce qui importe c'est le seuil de violence. Il est alors possible de se demander si la multiplication d'attaques isolées dans une même zone permettrait de la qualifier de zone de combat.

Cette entreprise de distinction n'est pas purement académique. Selon la qualification des zones, le droit applicable au déploiement de drones variera. Alors que le corpus des droits de l'homme concernera les zones de paix, le droit des conflits armés, la *lex specialis*, régira les zones de combats. Son interprétation pourrait d'ailleurs différer en fonction de la distance entre une action et la zone des combats : l'éloignement encouragerait une interprétation plus stricte.

La question de la délimitation du champ de bataille a ainsi des répercussions stratégiques, car, selon que la définition retenue sera stricte ou extensive, le risque consistera soit en la création de sanctuaires qui formeront des abcès affectant la paix et la sécurité internationales, soit en un accroissement de l'emploi de la force armée portant directement atteinte à la sécurité internationale. Dès lors que des SMR sont utilisés dans un conflit armé, le droit international humanitaire est applicable à l'ensemble des actions entreprises. Il convient maintenant d'aborder les défis que ces nouveaux moyens de combat posent aux principes qui guident la conduite des hostilités.

Déploiement de SMR et principes régissant la conduite des hostilités

L'encadrement juridique du déploiement de SMR conduit à examiner la conciliation entre les principes de nécessité militaire et d'humanité tant dans l'appréhension du principe de distinction que dans l'analyse de proportionnalité.

Les défis brouillant le principe de distinction

Le principe de distinction se trouve dans le préambule de la Déclaration de Saint-Petersbourg de 1868 qui pose que les attaques doivent être uniquement dirigées vers des cibles militaires. Ainsi, en vertu de ce principe, une distinction devrait être faite entre les combattants et les civils en tout temps et en tout lieu ⁽¹⁵⁾. Or, celle-ci s'avère extrêmement complexe dans les conflits contemporains.

(15) BHUTA Nehal, BECK Susanne, GEIR Robin, LIU Hin-Yan et KREB Claus (dir.), *Autonomous Weapons Systems*, Cambridge University Press, Cambridge, 2016.

Cette difficulté s'explique par la complexité de déterminer le statut des individus sur le champ de bataille. La dichotomie combattant/non-combattant se révèle faussement claire.

Le terme « combattant » au sens des Conventions de Genève de 1949, identifie les personnes qui ont le droit de participer aux hostilités (membres des forces armées, etc.). Celles-ci peuvent ainsi être ciblées par un drone, par exemple, sans restriction temporelle ou géographique. Toutefois, dans les conflits contemporains, ce statut ne s'applique que très rarement, soit car il s'agit d'un conflit armé non international, soit car il s'agit de civils participant directement aux hostilités. Cette réalité revêt une importance certaine dans l'optique d'un déploiement des Sala. Cette dernière ne sera, en effet, licite qu'à la condition que ces systèmes aient la capacité de distinguer les différents statuts des personnes dans les zones de conflit armé. La question est de savoir s'ils pourront identifier les individus qui ne bénéficient pas de protection contre des attaques directes : les combattants, au sens des Conventions de Genève, et les personnes participant aux hostilités sans autorisation. Ce dernier groupe comprend deux catégories. Premièrement, les membres des groupes armés non étatiques qui sont engagés dans une fonction de combat continu, à savoir la préparation, l'exécution, le contrôle des actes constituant une participation directe aux hostilités. Deuxièmement, les civils participant directement aux hostilités (employés des Sociétés militaires privées [SMP], etc.) qui perdent leur immunité contre les attaques directes pendant la période de leur participation. Cette catégorie réunit les civils qui commettent un acte hostile causant un préjudice (la causalité doit être directe) à l'une des parties en conflit avec l'intention (*belligerent nexus*) de favoriser une partie au conflit au détriment d'une autre.

Les robots actuels ne posent pas réellement de défi au principe de distinction car l'humain est toujours dans la boucle de décision : il en ira tout autrement pour les systèmes d'armes autonomes ⁽¹⁶⁾. En effet, leur caractéristique consistera, une fois activée, à sélectionner et à attaquer des cibles sans intervention d'un opérateur humain ⁽¹⁷⁾. Un tel changement conduira inévitablement à se demander de quelle manière ces systèmes opéreront la distinction entre les combattants et les non-combattants. La distinction des combattants dans un conflit armé international ne devrait pas poser de réelles difficultés à condition qu'ils puissent reconnaître les uniformes identifiant les combattants et distinguer ceux protégés par une immunité contre les attaques (aumôniers, auxiliaires sanitaires et blessés). Cette distinction sera rendue possible par l'intégration dans les bases de données du système des éléments distinctifs (type, couleurs des uniformes, croix rouge, etc.). La détermination des individus directement impliqués dans les hostilités s'avérera certainement plus délicate. En effet, les Sala devront être capables de différencier les civils non seulement des membres des groupes armés non étatiques à partir de l'interprétation d'une fonction continue de combat

(16) BOOTHBY William, « How Far Will the Law Allow Unmanned Combat Systems Comply with International Humanitarian Law », p. 45-64 in SAXON Dan (dir.), *International Humanitarian Law and the Changing Technology of War*, Leiden, Martinus Nijhoff Publishers, 2013.

(17) CHENGETA Thompson, « Measuring Autonomous Weapon Systems Against International Humanitarian Law Rules », *Journal of Law & Cyber Warfare*, vol. 5 n° 1, 2016, p. 63-137 (<https://papers.ssrn.com/>).

proposée par le Comité international de la Croix Rouge (CICR), mais aussi des civils participant directement aux hostilités. Il apparaît ainsi un des défis majeurs posés par ces nouvelles technologies au droit international humanitaire : sera-t-il possible de traduire informatiquement des concepts juridiques dont le propre est d'être sujets à interprétation ?

Cela suscite inévitablement la question du procédé de sélection des cibles qu'emploieront les Sala. Deux méthodes semblent envisageables. Dans la première, la responsabilité du ciblage échoira toujours à un chef militaire qui désignera l'objectif à l'aide de coordonnées *GPS*, de l'introduction dans le système d'un visage, etc. Dans la seconde, le Sala arrêtera ou traitera la cible sans intervention humaine.

Seule cette dernière hypothèse sera discutée car elle pose la question des éléments nécessaires à la prise de décision. Un premier mode ferait dépendre l'action des Sala de bases de données : l'identification d'une cible présente dans ces bases déclencherait l'emploi de la force. La licéité d'un tel processus exigera des mises à jour constantes, voire en temps réel, pour tenir compte des changements éventuels de statut des individus, tels que le départ d'un groupe armé. Dans cette approche, le choix de la cible ne dépendra pas de la machine, mais du chef militaire qui identifiera ces changements et les transmettra aux Sala par des mises à jour. L'autonomie se limiterait ainsi à l'exécution de l'attaque sans inclure le choix de la cible. Ce dispositif ne pourrait cependant être retenu que pour les combattants et les membres de groupes armés ayant une fonction continue de combat. Il semble, en effet, difficilement utilisable pour les civils participant directement aux hostilités, puisque leur ciblage nécessite la vérification, sur le moment, de la réunion des conditions susmentionnées. Ainsi, dans ce cas, les Sala ne pourront traiter ce type de cible que durant une phase de participation aux hostilités (pose d'une bombe, etc.) en dehors de ces périodes, l'individu sera protégé en tant que civil.

Face à ces difficultés, un second mode consiste à imaginer un autre procédé de sélection : l'activité d'une personne. La décision d'attaquer reposerait sur le comportement hostile d'un individu déterminé par sa position, le port d'une arme ou le caractère menaçant de son activité. Cette méthode limiterait certainement les hypothèses d'emploi de la force contre les membres des groupes armés non étatiques et les civils participant directement aux hostilités, respectant ainsi une interprétation restrictive du ciblage, plus respectueuse du droit à la vie. Cependant, ce mode de sélection fait naître une nouvelle difficulté : que recouvre la notion d'acte d'hostile ? Par exemple, le port d'une arme peut être considéré comme hostile, mais cela ne signifie pas automatiquement que son détenteur puisse être légitimement pris pour cible. Une fois circonscrite, la question sera celle de la faisabilité d'une traduction de cette notion en termes informatiques.

La question de la détermination des objectifs militaires s'avère également délicate. Les objectifs militaires, selon la terminologie de l'article 52 § 2 du PA I (1949), sont de deux ordres. Premièrement, les objectifs militaires par nature qui sont composés de l'ensemble des biens qui, en raison de leurs caractéristiques, sont des cibles militaires permanentes telles que des bases militaires, etc. Deuxièmement, les objectifs

militaires par usage qui comprennent tous les biens civils qui deviennent des objectifs militaires dès lors qu'ils contribuent à l'action militaire de l'adversaire en raison de leur emplacement, de leur but ou de leur utilisation et que leur destruction offre un avantage militaire à l'attaquant.

Les robots actuels, quant à eux, ne posent une fois encore pas de problèmes particuliers en ce qui concerne la détermination des objectifs militaires car le choix des cibles dépend des chefs militaires. Comme pour la détermination du statut d'un individu, les Sala soulèvent, en revanche, la question du processus d'identification de ces objectifs. Les deux méthodes déjà décrites sont pertinentes pour aborder cette question. L'utilisation d'une base de données permettrait d'intégrer l'identification des équipements militaires (char...), des coordonnées (des états-majors), etc. Dans ces cas, le respect du principe de distinction ne semble pas poser de réelles difficultés. Par contre, l'identification des objectifs militaires par usage s'avérera certainement plus redoutable car elle implique une mise à jour en temps réel, puisque l'article 52 § 2 du PA I (1949) pose l'obligation de vérifier la réunion des conditions au moment de l'attaque. Toutefois, comme pour la qualification des individus, les Sala n'effectueront pas de choix, ils exécuteront l'ordre donné – matérialisé par les données rentrées dans le système – par le chef militaire. L'hypothèse selon laquelle le Sala déciderait d'attaquer un bien civil qu'il considère comme un objectif militaire au sens de l'article 52 § 2 du PA I (1949), se révèle plus complexe. En effet, la réalisation d'un tel choix impliquerait de porter un jugement pour déterminer le caractère militaire de l'objectif. Un bien civil ne devient un objectif militaire qu'à la condition de présenter une valeur stratégique – le terme « par destination », par exemple, fait référence à la fonction du bien dans l'avenir – et qu'il contribue à l'action de l'ennemi. La question de la manière dont le Sala établira la réunion de ces conditions paraît condamner, pour l'instant, le recours à ces systèmes, selon cette méthode, contre des objectifs militaires par destination. En effet, seront-ils en capacité de déterminer le niveau de destruction approprié dans les circonstances présentes [selon le contexte] et l'avantage militaire attendu de l'attaque ? À défaut de cette capacité de jugement (contribution à l'action ennemie, avantage militaire), les Sala ne pourraient pas décider seuls d'attaquer des objectifs militaires par usage⁽¹⁸⁾. Par conséquent, seule la première méthode – désignation des cibles par les chefs militaires – serait licite, ce qui réduirait considérablement leur intérêt.

Outre les problèmes de respect du principe de distinction, l'introduction de ces nouveaux moyens de combat soulève également des interrogations sur la notion de proportionnalité

Le concept de proportionnalité, entre tension et renforcement

Les SMR mettent également sous tension le concept de proportionnalité⁽¹⁹⁾. Ce concept recouvre deux idées. La première est l'exigence de trouver un équilibre

(18) BOYLAN Eric, « Applying the Law of Proportionality to Cyber Conflict: Suggestions for Practitioners », *Vanderbilt Journal of Transnational Law*, vol. 50, n° 1, 2017, p. 217-244.

(19) GAUDREAU Julie, « Les réserves aux Protocoles additionnels aux Conventions de Genève pour la protection des victimes de la guerre », *RICR*, vol. 85, n° 849, 2003, p. 143-184 (www.icrc.org/).

entre les dommages causés aux civils et l'avantage attendu de l'attaque (le principe de proportionnalité *stricto sensu*). La seconde pose l'obligation, dans le cas d'une pluralité de manières permettant d'atteindre un résultat militaire similaire, d'opter pour les moyens et méthodes de combat les moins préjudiciables pour les civils (le principe de précaution dans l'attaque).

Cette obligation, énoncée à l'art. 57 du PA I (1949), requiert que soient prises, à l'avance, des mesures pour éviter ou, au moins, minimiser les dommages subis par les civils ou les dégâts occasionnés à des biens de caractère civil. La nature des conflits contemporains rejaillit, toutefois, sur le respect de ce principe. Ainsi, dans le cas des exécutions extrajudiciaires – méthode de combats – perpétrées par des drones – moyen de combat – le moment et le lieu de l'attaque ne sont pas toujours guidés par ce principe de précaution, mais bien par la cible. Cela montre une confusion entre la proportionnalité et la précaution. Or, cette dernière devrait intervenir en amont de l'analyse de proportionnalité puisqu'en participant à la réduction des dommages causés aux civils, elle concourt à la proportionnalité de l'attaque.

De même, la licéité des Sala dépendra de la possibilité d'intégrer dans leur programmation l'observation du principe de précaution, c'est-à-dire l'inclusion de l'obligation de sélectionner, entre plusieurs objectifs, celui qui minorera les pertes occasionnées aux civils et celle d'annulation d'une attaque en cas de doute sur le caractère militaire de l'objectif. La question de la non-neutralité de la programmation se pose, car elle dérivera des interprétations du droit international humanitaire de l'État possesseur, ce qui peut être discutable. Ainsi, le codage du respect de l'art. 50 § 1 du PA I (1949) par un système français peut être différent de celle d'un Sala d'une autre nationalité en raison de la déclaration interprétative française sur cet article ⁽²⁰⁾. La France et le Royaume-Uni considèrent, en effet, que cette règle « ne peut être interprétée comme imposant au commandement militaire de prendre une décision qui, selon les circonstances et les informations à sa disposition, pourrait ne pas être compatible avec son devoir d'assurer la sécurité des troupes sous sa responsabilité ou de préserver sa situation militaire, conformément aux autres dispositions du Protocole » ⁽²¹⁾. À la lecture de cette déclaration, la « préservation de la situation militaire » l'emporte sur la protection des civils. Ceci démontre que les Sala ne conduisent pas automatiquement à la création de nouveaux problèmes et que, comme pour les règles d'engagement, les réactions des Sala procéderont de l'interprétation, intégrée dans le système, du droit international humanitaire de chaque État.

L'observance des principes de proportionnalité et de précaution, en tant qu'obligation de moyens, dépend en outre des renseignements à la disposition du décideur militaire. Sans la changer fondamentalement, les Sala renouveleront l'analyse du respect de ces principes. En effet, la licéité de l'attaque devra être regardée en fonction

(20) Réserves et déclarations interprétatives concernant l'adhésion de la France au Protocole additionnel aux Conventions de Genève du 12 août 1949 relatif à la protection des victimes des conflits armés internationaux (Protocole I) n° 9 (www.icrc.org/fre/resources/documents/misc/5fzhxv.htm).

(21) HERBACH Jonathan David, « Into the Caves of Steel: Precaution, Cognition and Robotic Weapon Systems Under the International Law of Armed Conflict », *Amsterdam Law Forum*, 2012, vol. 4, n° 3, p. 3-20 (<http://amsterdamlawforum.org/article/view/277/458>).

des indications dont disposait le système et le moment où celles-ci ont été acquises (au moment de la programmation ou dans le cours de l'action). Selon l'instant choisi, l'information ne sera pas la même et, corollairement, la qualification de l'attaque pourra varier. Jusqu'à présent, l'analyse de la proportionnalité et du principe de précaution s'effectuait lors de la planification de l'attaque. Dans ces conditions, un changement de circonstances imprévu ne pouvait, *ipso facto*, être jugé suffisant pour déclarer l'attaque illicite si, dans des circonstances identiques et avec des renseignements équivalents, un commandant raisonnable aurait pris une décision semblable. Les Sala pourraient déboucher sur une évolution de cette interprétation puisque leurs capteurs leur permettraient d'acquérir des informations en temps réel. Cette avancée devrait aboutir à imposer une analyse de précaution jusqu'aux dernières secondes précédant l'attaque. Outre l'allongement dans la durée de cette obligation, les Sala, en raison de l'augmentation des données disponibles, pourraient, paradoxalement, mener à son renforcement. Les facteurs – déjà présents avec les robots actuels – en sont multiples : renseignements en temps réel, autonomie sur zone du système et absence de mise en danger de la vie de militaires de l'État attaquant. Le point commun à l'ensemble de ces facteurs consiste en la possibilité d'attendre le moment propice avant de déclencher l'attaque ⁽²²⁾.

Le principe de proportionnalité n'impose pas seulement de cerner les dommages attendus, encore faut-il que ceux-ci ne soient pas excessifs par rapport à l'avantage militaire anticipé. Le respect de cette exigence n'ira pas sans difficulté pour les systèmes d'armes autonomes. Ces systèmes seront-ils en mesure d'établir le caractère excessif ou non des dommages. Cette évaluation suppose qu'ils puissent définir l'avantage militaire. Or, celui-ci est contextuel. Toute la difficulté réside, par conséquent, dans l'interprétation du terme « excessif ». Ce terme ne renvoie pas à une mesure quantitative, mais présuppose un jugement. Or, si les dommages civils peuvent être estimés assez facilement, la détermination de l'avantage militaire par les Sala est plus problématique. Pour que la machine puisse respecter le droit international humanitaire, il faudrait qu'elle soit capable d'apprécier l'équilibre entre l'avantage militaire et les dommages pour établir si, en l'espèce, ceux-ci seraient excessifs en d'autres termes, le système devrait être en mesure d'interdire ou d'arrêter une attaque licite, en première analyse, parce que son résultat serait excessif. La crainte est, bien sûr, la poursuite d'une telle attaque causant des dommages excessifs par rapport à l'avantage militaire concret et direct attendu en violation des art. 50 § 1 et 52 § 3 du PA I aux Conventions de Genève de 1949.

*

**

Pour conclure, les règles juridiques encadrant le déploiement de SMR existent donc. Et, les débats actuels relèvent davantage d'une utilisation politique du droit occultant la question fondamentale de la finalité de se doter et de déployer de tels systèmes d'armes. ♦

Le droit des conflits armés oblige légalement à des robots militaires

« *Ethical by Humanity* »

Thierry DAUPS

Maitre de conférences à l'Université de Rennes, Chercheur associé au Centre de recherche des Écoles de Saint-Cyr Coëtquidan (CREC) et à l'Institut de l'Ouest Droit et Europe (IODE), UMR CNRS 6262.

Le droit des conflits armés, source d'une éthique « *Ethical by Humanity* », applicable aux robots militaires

Les Systèmes d'arme létale autonomes (Sala), que certains médias qualifient de « *Killer robots* », et les systèmes robotiques militaires interrogent le droit des conflits armés chargé de civiliser le recours et l'exercice de la guerre. Ses principes, applicables à tous types d'armes, établiraient une éthique qualifiable d'« *Ethical by Humanity* » (éthique d'humanité), laquelle serait l'inévitable condition des robots militaires invitant à une subsidiarité entre le robot et le soldat.

La nature « *Ethical by Humanity* » du droit des conflits armés

Ce droit composé de différentes sources complémentaires ⁽¹⁾, circonscrit le plus possible l'acte de guerre avec des armes légales à des zones où le combat est juridiquement possible et non-interdit, entre des personnes juridiquement considérées comme des combattants pour toucher seulement des objectifs militaires, et éviter que des biens ou des personnes non concernés par le conflit soient atteints ; enfin protéger certaines catégories de personnes, de biens et l'environnement. Ce droit repose sur trois principes. Les principes d'humanité ⁽²⁾, de discrimination, de distinction ⁽³⁾ et de proportionnalité, qui concilie le principe d'humanité avec les nécessités militaires. Ils contraignent tant les responsables politiques et militaires que le soldat à effectuer des choix par leur capacité de jugement pour choisir une arme, une cible et apprécier les conséquences de l'acte de guerre.

(1) Il s'agit du droit de la guerre ou dit de La Haye dont les conventions définissent des méthodes de combat acceptables, ou protègent certains biens ; ensuite arrive le droit humanitaire dont ses quatre conventions et les protocoles additionnels, protègent les blessés et les malades, les naufragés, les prisonniers de guerre et les populations civiles ; enfin, vient le droit des armements pour interdire certains types d'armes (chimiques, mines antipersonnel...) ou à limiter leur emploi pour conduire à leur disparition.

(2) Issu de la « Clause Mertens » figurant dans le préambule de la Convention de La Haye concernant les lois et coutumes de la guerre sur terre du 18 octobre 1907.

(3) On se reportera au Manuel du droit des conflits armés du ministère des Armées (www.defense.gouv.fr/sga/le-sga-en-action/droit-et-defense/droit-des-conflits-armes/droit-des-conflits-armes).

Au final, ces trois principes obligatoires traduisent le souci éthique de la protection de l'être humain lors d'un conflit armé « civilisé ». En ce sens, le droit des conflits armés est « *Ethical by Humanity* » et le robot militaire se doit d'être « *Ethical by Humanity* ».

« Ethical by Humanity », l'inévitable condition d'un robot militaire

Au préalable, on rappellera que la conception d'un robot armé oblige les concepteurs à anticiper les limites à son usage. Cette démarche de nature éthique, anticipative et prédictive d'usages et de normes, généra une géologie ⁽⁴⁾ de l'éthique appliquée au numérique et donc au robot ⁽⁵⁾. La « robot-éthique » ⁽⁶⁾ comprendrait la « *Safety by Design* » ⁽⁷⁾, la « *Privacy by Design* » ⁽⁸⁾, la « *Legal by Design* » ⁽⁹⁾ et l'« *Ethical by Design* » ⁽¹⁰⁾. Ces éthiques, soulignent l'interaction entre l'éthique et le droit ; les nouvelles technologies s'insèrent dans un droit préexistant et génèrent de nouvelles normes juridiques. Tel serait le cas des principes de droit à l'oubli, de droit au déréférencement, du droit à la connexion et à la déconnexion.

Ainsi, le robot militaire se doit d'être « *Legal by Design* » et donc « *Ethical by Humanity* », pour garantir sa soumission au droit des conflits armés. Le droit des conflits armés est le droit et l'éthique du robot militaire.

Ceci dit, « *Ethical by Humanity* » semble une éthique spécifique au sein des éthiques car propre à l'objet robotique militaire. Elle induirait une double éthique. La première concerne le choix responsable d'autoriser l'utilisation d'un robot. La seconde apprécie la conformité des capacités du robot au droit des conflits armés lors de son usage. En conséquence, si le robot se doit d'être « *Legal by Design* », encore faudra-t-il choisir tous ses usages possibles conformes à « *Ethical by Design* ».

(4) Ces différentes approches de l'éthique sont apparues au fur et à mesure du développement du numérique.

(5) FISCHER Flora (doctorante et chargée de Programme de recherche au Cigref – Club informatique des grandes entreprises françaises), « Une éthique du numérique ? », intervention lors des « Matinées de l'éthique » de la SNCF, 13 janvier 2016 (www.entreprise2020.fr/une-ethique-du-numerique/) ; on consultera aussi : OPECST (Office parlementaire d'évaluation des choix scientifiques et technologiques), *Pour une intelligence artificielle, maîtrisée, démythifiée et utile* (Rapport du Sénat n° 464/Rapport de l'Assemblée nationale n° 4594), 15 mars 2017, Tome I, 273 pages (www.senat.fr/notice-rapport/2016/r16-464-1-notice.html), p. 162 et s.

(6) De l'anglais « *Robot Ethics* », « elle désigne l'ensemble des problèmes éthiques nouveaux posés par la fabrication et l'utilisation des robots » in TISSERON Serge, *Petit traité de cybernétique*, Le Pommier, 2018, 299 pages, p. 139. L'auteur souligne aussi le domaine de l'éthique qui prend en compte les risques de la robotique.

(7) Développée dans le cours des années 1970 en lien avec le développement durable, cette éthique repose sur le développement d'une procédure à même de garantir le bon fonctionnement d'un système, pour éviter la production d'erreurs. Il faut anticiper les risques possibles, proposer une procédure pour les éviter, tester cette procédure, la mettre en œuvre et l'entretenir. De là vient la confiance dans le système mis en place.

(8) Cette éthique vise à développer des normes juridiques qui garantissent la vie privée des utilisateurs du numérique. Ce qui aurait dû aller normalement de soi mais que le droit a dû imposer.

(9) Ici l'éthique recouperait le droit dans le sens où l'objet numérique, le robot s'insèrent dans un environnement juridique préexistant que leurs concepteurs doivent intégrer dès leur conception pour produire des objets légaux.

(10) Elle désignerait la recherche de la bonne articulation entre l'être humain et la machine par anticipation de tous les usages possibles de celle-ci par ses utilisateurs afin de déterminer ce qu'elle peut ou non faire et ce que l'être humain peut lui demander ou non. On peut donc en déduire des normes. FISCHER Flora, op. cit. et DELSOL Emmanuelle, « Une « éthique *by design* » pour interroger l'économie numérique, propose Flora Fischer », *L'usine digitale*, 19 janvier 2016 (www.usine-digitale.fr/).

Cependant, quelle certitude que la transformation de la norme juridique en algorithme ne la dénaturera pas et surtout comment garantir que le jugement logique et mathématique du robot sera aussi juste ⁽¹¹⁾ que le jugement humain dans l'application du droit des conflits armés à une situation concrète ⁽¹²⁾ ? Dès lors, l'usage de robots militaires dans le cadre du droit des conflits armés suggère la subsidiarité entre le militaire et la machine.

« Ethical by Humanity » implique une subsidiarité entre le militaire et la machine

« *Ethical by Humanity* » fournirait des critères d'appréciation pour déterminer quelle norme du droit des conflits armés est transformable en algorithme par rapport à la capacité de discernement découlant de l'intelligence artificielle du robot et en garantir le respect. On déterminerait ainsi qui de l'humain ou du robot doit agir dans telle ou telle circonstance. Il y a donc une proportionnalité entre la complexité de la norme, « l'intelligence » du robot et la nature de la tâche robotique à exécuter. Cette proportionnalité aiderait à décider qui du robot ou du soldat agit militairement. Ensuite, on déterminerait, au regard de cette proportionnalité, l'usage du robot dans un cadre stratégique et tactique. Cependant, c'est bien l'être humain et/ou l'État qui endosseront la responsabilité de l'action robotique.

Au final, le droit des conflits armés s'impose au robot ; le robot et le soldat coopéreront selon une échelle de coopération fondée sur la subsidiarité de leurs capacités et efficacités. Cette échelle de coopération reposerait sur l'estimation humaine que telle norme doit être interprétée et appliquée par l'être humain seul, ou bien estimée par l'humain et appliquée par le robot, et enfin estimée, appliquée par le robot lui-même.

On verra ainsi comment « *Ethical by Humanity* » conditionne l'action robotique et la subsidiarité qui en découle.

La soumission du robot militaire aux principes « *Ethical by Humanity* » du droit des conflits armés

L'autonomie robotique confrontée aux principes fondamentaux du droit des conflits armés

Pour être « *Ethical by Humanity* », le robot militaire autonome contribuera au respect du droit des conflits armés. En s'inspirant du droit constitutionnel, l'autonomie robotique serait la capacité juridique, immatérielle ⁽¹³⁾ et matérielle ⁽¹⁴⁾ du robot,

(11) En cas de différence d'appréciation, ne faudrait-il pas comparer les deux jugements pour choisir le meilleur ? Mais qui comparera et par rapport à quels critères ?

(12) Si le droit se prête à un raisonnement de forme mathématique, le raisonnement juridique, échappe à la rationalité mathématique. Dans sa formulation, entrent des éléments subjectifs, objectivement pris en compte pour trouver une solution différente. C'est là tout l'art du jugement dont la solution retenue conditionne bien souvent l'élaboration du raisonnement.

(13) On vise ici le processus informatique de « réflexion » du robot pour analyser une situation de fait.

(14) On parle ici de l'action physique du robot : contourner un obstacle, tirer...

de par son « interprétation » (volonté propre ⁽¹⁵⁾ ?) de décider, dans le cadre de ses compétences, d'une action juridiquement qualifiable ⁽¹⁶⁾, opposable à un tiers et contrôlable (sanctionnable), soit par l'être humain sur l'instant, soit *a posteriori* lors d'un litige, et pouvant entraîner la mise en cause de la responsabilité d'une personne morale ou physique de droits public ou privé.

Mise en perspective avec l'« *Ethical by Humanity* » du robot militaire, l'autonomie robotique souligne qu'il sera d'autant plus éthique qu'il est adaptable en permanence pour permettre une appréciation quant à la détermination des cibles, du choix des armes, des forces humaines et de l'évaluation du résultat militaire comparé aux conséquences dommageables. Cette adaptabilité robotique autoriserait le respect du principe de proportionnalité qui conditionne ainsi les deux autres principes.

Cependant, en supposant que la technologie permettrait au robot militaire d'exercer une capacité de discernement, est-il éthiquement acceptable que le robot détermine, par rapport à des critères certes humainement posés mais algorithmiquement appliqués, le nombre et la qualité des morts et la nature des biens détruits pour qualifier l'opération militaire de proportionnelle et donc légale ? Si une réponse positive est certes possible, on répondra par la négative ; l'évaluation de cette proportionnalité est par nature de la responsabilité humaine. L'appréciation humaine de la proportionnalité est aussi le moyen de préserver l'application du principe d'humanité.

En effet, les implications concrètes de ce principe justifient l'action complémentaire du soldat pour garantir un usage du robot conforme à ce principe. Même si l'on voit mal comment le robot lui-même utiliserait une munition interdite, causerait un mal excessif, pratiquerait la discrimination entre les personnes, attenterait à leur dignité ou les torturerait. Au contraire, ne faudrait-il pas doter le robot de la capacité de discerner quand son usage par le soldat conduit à de telles infractions (est-ce techniquement possible) ?

Le principe de distinction suppose une fine intelligence artificielle pour discerner les différentes situations juridiques. Tout reposera sur la capacité à transformer des normes juridiques en algorithmes. La garantie de ce principe reposerait d'abord sur l'être humain qui interviendrait soit pour discriminer les cibles au regard du droit, soit pour valider les choix mathématiques du robot. De même, ne revient-il pas à l'être humain soit de stopper une action robotique, soit de valider l'arrêt de celle-ci, dès lors que l'un des deux constate un changement de circonstances qui remettrait en cause les principes de proportionnalité ou d'humanité ?

En conséquence, ces principes sont des contraintes légales, et éthiques, en articulant intelligence humaine et IA. Ainsi, un robot militaire sera éthique dès lors que ses capacités matérielles et cognitives seront adaptées à l'action de guerre envisagée et à la cible. En somme, il s'agit de disposer du robot juste matériellement et cognitivement adapté, proportionnel à l'action militaire. Cela impliquerait de concevoir des systèmes

(15) On vise ici une volonté issue de la mise en œuvre de sa programmation, laquelle donne à cette machine la capacité à décider seule ou presque, d'une action juridiquement qualifiable.

(16) Identifier une personne, décider d'un tir, s'arrêter à un stop sur la voie publique...

robotiques à l'autonomie variable en allant de l'automate au robot autonome et éviter que leur usage ne devienne illégal notamment par une trop grande efficacité.

La perfidie, le « pas de quartier » et le robot

Le robot serait-il une arme déloyale et perfide ?

Recourir au robot militaire serait aussi déloyal que l'usage de l'arme à feu des fantassins contre les nobles chevaliers d'Europe ou lors de la bataille de Nagashimo le 29 juin 1575 au Japon. Ainsi, tuer à distance et efficacement serait fourbe et malhonnête. Le robot militaire serait-il déloyal parce qu'il symbolise le combat inégal entre l'être humain et la machine intelligente ? Pourtant, cette inégalité ne semble pas contraire au droit des conflits armés au contraire de la perfidie. Le robot militaire serait-il une arme perfide ?

Au contraire de la ruse ⁽¹⁷⁾, la perfidie est interdite selon l'article 37 du Protocole additionnel sur la protection des victimes de conflits armés du 8 juin 1977. Elle consiste en « ... des actes faisant appel, avec l'intention de la tromper, à la bonne foi d'un adversaire pour lui faire croire qu'il a le droit de recevoir ou l'obligation d'accorder la protection prévue par les règles du droit international applicable dans les conflits armés ». Comme l'indique l'article 37, feindre des négociations, de disposer du statut de non combattant ou de civil, d'un statut protégé comme prêtre, journaliste, médecin, ou encore utiliser des symboles protégés (croix, cristal et croissant rouge, drapeau blanc, uniforme...) ⁽¹⁸⁾ sont des exemples de perfidie. Elle peut constituer un crime de guerre dès lors qu'elle entraîne la mort ou des atteintes graves à la personne ⁽¹⁹⁾.

En conséquence, la perfidie, par nature, n'est pas robotique ⁽²⁰⁾ et seul l'usage perfide du robot sera interdit. Par exemple en revêtant le robot des signes de la partie adverse, ou d'un symbole offrant une protection dans le but de tromper l'adversaire et de le détruire. Par contre, point de perfidie pour un robot paré des mêmes symboles (et donc protégé) pour assurer le transport de personnes protégées ou recevant la mission surveiller des biens culturels par exemple. Sinon le robot en tant que chose peut allégrement être détruit par des soldats blessés ou non, ou par d'autres robots.

Cependant, le robot contribuerait-il à commettre un crime ou un délit de guerre ?

(17) Définie par l'article 37-2 du Protocole additionnel I sur la protection des victimes des conflits armés du 8 juin 1977, elle vise « les actes qui ont pour but d'induire un adversaire en erreur ou de lui faire commettre des imprudences, mais qui n'enfreignent aucune règle du droit international applicable dans les conflits armés et qui, ne faisant pas appel à la bonne foi de l'adversaire en ce qui concerne la protection prévue par ce droit, ne sont pas perfides ».

(18) Voir les art. 37, 38 et 39 du PA I.

(19) On lira les art. 461-23 à 29 du Code pénal et, d'une manière plus générale, les art. 461-1 à 462-11 du Code pénal qui retranscrivent les crimes et délits de guerres issus des conventions internationales.

(20) Pour cela, il faudrait supposer un robot très humanoïde pour cacher sa nature robotique et tromper.

L'efficacité robotique revient-elle à ne pas « faire de quartier » ?

L'article 461-8 du Code pénal ⁽²¹⁾ dispose que : « Le fait d'ordonner qu'il n'y ait pas de survivants ou d'en menacer l'adversaire est puni de la réclusion criminelle à perpétuité. » En conséquence, l'usage délibéré des robots pour systématiquement tuer des adversaires serait critiquable légalement en raison de la technologie au contraire du soldat qui a le choix de tuer ou non. Peut-être faudra-t-il, avant d'user du robot, évaluer la probabilité de survie de l'adversaire pour éviter un usage disproportionné de l'arme robotique ?

En conclusion, l'usage éthique du robot militaire dépendra du type de robot, des circonstances de combat, de l'objectif et du résultat militaire attendu. Ainsi, éthique dans telle circonstance particulière de combat, le robot ne le sera pas dans une autre. Cette approche laisse entrevoir la nécessaire subsidiarité entre la responsabilité humaine et l'action robotique induite par l'éthique du droit des conflits armés.

« *Ethical by Humanity* » conditionne la subsidiarité entre responsabilité humaine et action robotique

L'évaluation humaine et permanente de la subsidiarité entre l'action robotique éthique et le militaire

Parce que le robot est un système de coopération entre la machine, la société et l'être humain ⁽²²⁾, l'introduction du robot militaire dans l'art de la guerre oblige à penser le partage de compétences entre le robot et le militaire. Les principes de subsidiarité et de proportionnalité ⁽²³⁾ fourniraient un modèle transposable aux relations entre les responsables politiques et militaires, et le robot ⁽²⁴⁾. De la sorte, ces principes détermineraient le niveau de partage de responsabilité ⁽²⁵⁾, de compétences ⁽²⁶⁾, d'autorité des uns par rapport aux autres, et d'efficacité ⁽²⁷⁾ attendus entre le robot et l'être humain. Le niveau d'autonomie utile pour l'action robotique découlerait de ces principes pour respecter le droit des conflits armés.

On évaluerait ainsi quelles actions militaires peuvent être confiées à un robot particulièrement autonome car ne nécessitant qu'une intervention humaine très limitée, celles qui reposent sur une coopération étroite, en distinguant les situations juridiques qui impliquent que l'être humain conditionne étroitement l'action robotique, de celles où la garantie des principes du droit des conflits armés reposerait

(21) Le Code pénal applique ainsi les conventions internationales dont l'art. 40 du PA I : « Il est interdit d'ordonner qu'il n'y ait pas de survivants, d'en menacer l'adversaire ou de conduire les hostilités en fonction de cette décision ».

(22) À titre d'exemple, ALTAM Russ, « Distribute AI benefits Fairly », *Comment*, 28 mai 2015, vol. 521, Nature, p. 417-418 (www.nature.com/polopoly_fs/1.17611!/menu/main/topColumns/topLeftColumn/pdf/521415a.pdf).

(23) Ces deux principes sont directement récupérés du fédéralisme et de l'Union européenne en ce qui concerne la mise en œuvre de ses compétences non exclusives (art. 5 du Traité sur l'Union européenne, TUE).

(24) DAUPS Thierry, « Robots autonomes, société et sécurité publique », *Revue de la Gendarmerie nationale*, hors-série « Le droit des robots », 2017, p. 123-132 (<https://fr.calameo.com/read/0027192922944f1c9895d?page=123>).

(25) On se réfère à l'idée que la dimension de l'action justifie l'intervention d'une autorité supérieure.

(26) Si les compétences sont partagées l'autorité supérieure n'intervient qu'en cas de défaillance de l'autorité inférieure.

(27) C'est parce que l'intervention du robot ou de l'humain sera plus efficace que l'un ou l'autre interviendra.

en partie sur la capacité du robot à alerter l'être humain sur une possible infraction. On verra quelques exemples.

D'abord, les cas où le robot agirait seul, l'action militaire à effectuer ne demandant pas de jugement de sa nature légale ou illégale. Par exemple, transporter du matériel, des troupes ou des personnes protégées d'un point à un autre, effectuer des missions de reconnaissances. Le robot assurerait la surveillance de prisonniers ⁽²⁸⁾ et ne tirerait pas sur un combattant à terre car supposé mort ou blessé.

Ensuite, viennent les actions robotiques qui, par leur nature, supposent un partage de compétences avec l'être humain et donc de niveau de décision au regard de l'enjeu et de l'efficacité de l'action à effectuer. Par exemple, des actions de tir ou de bombardement proportionnels seraient possibles sur des sites non protégés ou sur des ennemis indubitablement et juridiquement considérés comme des combattants ⁽²⁹⁾. On peut encore choisir l'armement ou des cibles, ou estimer les conséquences de l'action, par un jugement purement humain ; d'abord cela serait humainement acceptable, ensuite pour éviter une erreur potentielle du robot dans l'estimation de la possibilité de faire ou ne pas faire. On retiendra quelques cas issus du Code pénal ⁽³⁰⁾ français inspiré par les interdictions du droit des conflits armés. Par exemple, un robot ne peut être équipé d'armes interdites ⁽³¹⁾. Ce qui suppose cependant que les autorités compétentes respectent cette contrainte. Le robot ne devrait pas et ne pourrait être utilisé pour blesser ou tuer un combattant ayant rendu les armes et ne disposant plus de moyens de se défendre ⁽³²⁾. Le robot avertirait l'autorité compétente qu'une attaque concerne une personne protégée ⁽³³⁾ et s'arrêterait d'agir ou bien le soldat assistant le robot en arrêterait le fonctionnement.

Même principe en ce qui concerne les personnes protégées de l'article 461-2 du Code pénal et également sa non-utilisation contre les libertés des personnes (art. 461-6) ⁽³⁴⁾. De même, le robot devrait pouvoir constater qu'il est utilisé contre des personnes ou des lieux protégés tels que des bâtiments religieux, culturels, d'enseignement, des hôpitaux ou des lieux rassemblant des personnes blessées, ou contre des

(28) Là aussi, si on peut imaginer un robot surveillant le comportement de prisonniers pour détecter de possibles évasions, que ferait-il dans ce cas : signaler l'évasion, utiliser un moyen de contrainte pour stopper le prisonnier, ou une autre solution ?

(29) À la condition que les responsables militaires aient au préalable déterminé la nature juridique de la cible et les moyens utilisés pour garantir le respect du droit des conflits armés ; le robot exécuterait une mission strictement matérielle en disposant toutefois du moyen d'arrêter le tir en cas de changement de situation.

(30) Code pénal, art. 461-1 (www.legifrance.gouv.fr/). Constituent des crimes ou des délits de guerre les infractions définies par le présent livre commises, lors d'un conflit armé international ou non international et en relation avec ce conflit, en violation des lois et coutumes de la guerre ou des conventions internationales applicables aux conflits armés, à l'encontre des personnes ou des biens visés aux art. 461-2 à 461-31 (www.legifrance.gouv.fr/).

(31) Art. 461-23 du Code pénal français.

(32) Art. 416-10 du Code pénal français, à compléter avec l'art. 461-11 interdisant l'usage par trahison du robot pour attenter à l'intégrité physique ou la vie d'une personne. L'art. 461-29 complète le précédent et là aussi, il faudrait envisager un usage perfide de la machine.

(33) Voir l'art. 461-2 du Code pénal français qui interdit aussi (art. 461-12) les attaques délibérées contre les bâtiments, le personnel, les unités, les véhicules sanitaires, portant les signes distinctifs à cette fin ; c'est aussi le cas pour les missions d'aide humanitaires ou de maintien de la paix.

(34) Mais cela est-il possible pour un robot de constater une telle infraction et que devrait-il faire en ce cas : avertir l'autorité compétente, s'arrêter de fonctionner, enregistrer... ?

biens civils qui ne sont pas des objectifs militaires (art. 461-13 et 461-14). Mais une IA est-elle aujourd'hui capable de cette performance ? Même question en ce qui concerne les attaques interdites contre la population civile (art. 461-9). Enfin, le robot disposerait-il de la capacité d'identifier une attaque délibérée et disproportionnée selon les art. 461-27 et 28 du Code pénal ?

Ces quelques exemples montrent que le respect du droit des conflits armés repose sur une capacité humaine de jugement des autorités compétentes dont le chef militaire, du plus haut au plus bas niveau de décision et d'action. Cependant, dans la mesure où un robot sera à même de discerner techniquement des situations juridiques, se posera la question de savoir comment partager les compétences et donc le pouvoir de décision et d'action avec l'être humain. Le principe de subsidiarité aidera à le déterminer mais la question sera jusqu'à quel niveau de « responsabilité » est-il humainement acceptable de confier des missions d'évaluation, de décision et d'action au robot ?

En conclusion, on retiendra que, selon les progrès technologiques, le robot militaire sera d'autant plus « *Ethical by Humanity* » qu'il contribuera au respect du droit des conflits armés et qu'il disposera à ces fins des compétences de discernement, de décision et d'action. Cependant, aussi « intelligent » qu'il soit, le robot restera une « simple » machine dont les décisions et les actions entraîneront la seule responsabilité humaine et d'institutions étatiques ou privées.

L'inévitable responsabilité humaine lors du recours au robot militaire

Sans déresponsabiliser l'être humain, le recours subsidiaire du robot militaire peut nuancer sa responsabilité lors de son usage. En effet, le droit des conflits armés par son objectif humaniste et les limites qu'il pose dans la manière de guerroyer, repose fondamentalement sur la mise en cause de la responsabilité humaine, dans la décision de la mise en œuvre du robot et la délégation à ce dernier de tâches à effectuer de façon autonome, dans la décision d'utiliser ou non un type d'armement, et de déterminer une cible.

Le commandement sera responsable de la légalité de la décision d'utiliser un robot équipé de telle ou telle arme pour exécuter telle ou telle mission dans tel contexte. Le servant du robot sera responsable des décisions en lien avec celles du commandement qu'il prendra dans son accompagnement en l'empêchant ou non, de faire une action interdite ou permise. En conséquence, un robot qui enfreindrait le droit des conflits armés entraînerait la recherche des responsables civils et militaires impliqués par cette infraction. Sauf que l'autonomie robotique impliquera aussi d'imputer la part de responsabilité des concepteurs et des fabricants du robot. Dès lors que les responsables civils et militaires seront à même de démontrer que l'infraction au droit des conflits armés résulte d'un défaut de conception, de fabrication, entraînant un comportement robotique dommageable pour une personne, alors la responsabilité des concepteurs et des fabricants serait engagée. Comment déterminer la responsabilité liée au

fonctionnement autonome pour la distinguer de celle de la décision d'utiliser et de mettre en œuvre le robot ?

On proposera deux pistes ⁽³⁵⁾ complémentaires.

La première renvoie à la détermination du lien entre l'éthique et la responsabilité juridique des concepteurs de l'autonomie robotique qui conditionnent juridiquement l'étendue de celle-ci. L'autonomie, parce qu'elle induit la substitution de l'action robotique à celle de l'être humain, contraint inévitablement le scientifique à anticiper raisonnablement toutes les situations auxquelles le robot sera confronté, y compris celles dont la solution revient à résoudre un dilemme ⁽³⁶⁾. Si la responsabilité du scientifique va jusqu'à envisager une telle situation et à la signaler à l'utilisateur lui revient-il de la résoudre ⁽³⁷⁾ ? N'est-ce pas plutôt à l'utilisateur averti par le robot d'un tel dilemme, d'assumer juridiquement le choix de la solution la moins pire pour le résoudre devant la société et un juge ? Le droit et donc la justice à partir de principes généraux et particuliers apprécient dans quelle mesure la solution retenue est juridiquement acceptable et évaluent la réparation du préjudice.

La seconde, à partir du principe de la responsabilité du gardien de la chose, consiste à s'interroger non pas sur le gardien matériel du robot mais sur le gardien de « l'immatérialité » robotique : son intelligence artificielle. Ainsi, les décideurs civils et militaires du robot seraient responsables de son usage matériel tandis que les concepteurs et fabricants seraient les responsables de « l'immatérialité » robotique, donc de son autonomie ; ces derniers seraient maîtres du mode autonome de la machine et donc responsables à proportion de celui-ci ⁽³⁸⁾, lorsqu'il est activé ; sauf à ce qu'ils démontrent un usage anormal ou inapproprié qui aurait influencé le fonctionnement normal de l'autonomie du robot.

En conséquence, l'amplitude technique de l'autonomie robotique serait directement liée à l'étendue de responsabilité raisonnablement acceptable et partageable par les concepteurs et les utilisateurs. Elle induirait aussi qu'un robot entièrement autonome est peut-être bien juridiquement inconcevable car certaines décisions ne peuvent être prises que par un être humain responsable et donc en permanence vigilant quant à l'action de son robot, surtout s'il est destiné à la guerre.

(35) On ne retient pas, ici, l'hypothèse que le traitement de la responsabilité passerait par l'invention d'une personnalité juridique du robot comme le propose le rapport de la députée européenne Mady DELVAUX (Commission des affaires juridiques, du 31 mai 2016, PR\1095387FR.doc, p. 13 du projet de rapport – adopté par le Parlement européen le 16 février 2017) et les avocats Alain et Jérémy Bensoussan dans leur ouvrage *Droit des robots* (Éditions Larcier, 2016, 149 pages).

(36) C'est l'exemple classique où la résolution de la situation passe par le choix effectué par le concepteur de la solution la moins pire (mais pire quand même) du point de vue éthique et aussi juridique.

(37) L'intuition, la morale, le recours à une enquête publique, le vote d'un panel sur des solutions proposées, sont-elles des méthodes légitimes et donc incontestables pour résoudre des dilemmes, au regard de leurs conséquences et la responsabilité pour les scientifiques ?

(38) DAUPS Thierry, « Le robot, bien ou personne ? Un enjeu de civilisation ? », *Les Petites Affiches* n° 94, 11 mai 2017, p. 7 et s.

Conclusion : pour une convention internationale relative aux robots militaires éthiques

Au vu de ce qui précède, le robot militaire potentiellement autonome est-il conforme à l'art. 36 du PA I, concernant les armes interdites ⁽³⁹⁾ ?

C'est aux États d'apporter une réponse ⁽⁴⁰⁾, d'évaluer par des procédures internes si le robot militaire est une arme interdite ou non en toutes circonstances. Un État estimera son robot militaire autorisé. Autorisé mais peut-être pas d'un usage légal, au regard des circonstances. En conséquence, l'art. 36 mais aussi les principes du droit des conflits armés n'obligent-ils pas au regard de la spécificité des robots militaires en raison de leur autonomie, à envisager une convention internationale qui leur soit propre dans le cadre du droit des conflits armés ⁽⁴¹⁾ ? Une convention fondée sur la coopération entre scientifiques et juristes en raison notamment de la nature pluridisciplinaire de la robotique. Une telle convention répondrait à la dispute entre partisans et opposants à la robotique militaire ⁽⁴²⁾. Ainsi, arme spécifique, le robot militaire invite à penser son usage humaniste, pour un but militaire et civil dans le cadre d'une société à finalité humaniste contrebalançant sa numérisation et sa robotisation ⁽⁴³⁾. ♦

(39) Cet article stipule : « Dans l'étude, la mise au point, l'acquisition ou l'adoption d'une nouvelle arme, de nouveaux moyens ou d'une nouvelle méthode de guerre, une Haute Partie contractante a l'obligation de déterminer si l'emploi en serait interdit, dans certaines circonstances ou en toutes circonstances, par les dispositions du présent Protocole ou par toute autre règle du droit international applicable à cette Haute Partie contractante ».

(40) Cette obligation cependant ne serait qu'une très forte invitation pour les États concernés à procéder à cette évaluation de la légalité de l'arme avant d'envisager les méthodes et les moyens d'usage de l'arme (Comité international de la Croix-Rouge, Commentaire de 1987, art. 36 du PA I ; § 1469 citant le commentaire du rapporteur de la Commission III). Ils n'ont cependant pas l'obligation de communiquer les résultats de ces évaluations qui portent sur un emploi normal de l'arme et non ses abus. Cependant les autres parties peuvent demander si des procédures d'évaluation ont été mises en place.

(41) Sur le plan strictement civil, proposer l'établissement d'une charte constitutionnelle de la robotique et des nouvelles technologies ; OPECST, *op. cit.*, p. 206 sur le sujet d'une charte de l'intelligence artificielle et de la robotique ; DAUPS Thierry, « Pour une Charte de la robotique et des nouvelles technologies », *Les Petites affiches*, n° 200, 6 octobre 2017, p. 7 et s.

(42) Par exemple DANET Didier, « Le robot militaire autonome, une voie d'avenir », *Constructif* n° 42, novembre 2015 (www.constructif.fr/bibliotheque/2015-11/le-robot-militaire-autonome-br-une-voie-d-avenir.html?item_id=3503). Depuis 2007, le professeur Noel Sharkey appelle à la création d'un cadre juridique international sur le développement des robots autonomes ; l'ONG Article 36 milite pour l'interdiction des robots autonomes, sans oublier l'action de la *Human Rights Watch* et de la *Harvard Law School*. L'ONU a réuni en mai 2014 des experts dans le cadre de la Convention sur certaines armes classiques ; à ce sujet, RUSSELL Stuart, « Take a stand on IA Weapons », in *Comment*, 28 mai 2013, vol. 521, Nature, p. 415-416 (www.nature.com/). Enfin, on rappellera les prises de positions de Stephan Hawking ou d'Elon Musk sur les enjeux de la singularité dans leur lettre ouverte du 12 janvier 2015 (<https://futureoflife.org/>).

(43) Il ne faut pas oublier que la société est faite pour l'être humain naturellement titulaire de droits naturels qu'aucune technologie ne devrait remettre en cause.

Systemes d'armes létaux autonomes : ne pas mélanger juridique et éthique

Nathalie DURHIN

Commissaire en chef de première classe, Inspection générale des armées - Air. Les propos n'engagent que l'auteur et non pas l'IGA.

Il est frappant de remarquer que depuis plusieurs années, les Systèmes d'armes létaux autonomes (Sala), qui sont d'ailleurs souvent dénommés de façon réductrice et fallacieuse « robots tueurs », font l'objet d'une diabolisation au sein de l'opinion publique, alors que les utilisations « civiles » de l'Intelligence artificielle (IA) sont majoritairement présentées comme progressistes et bénéfiques pour l'humanité. Pour une grande partie de la société civile, il faut donc interdire de façon générale ces Sala, et l'argument majeur est de marteler que ces systèmes, de par leur nature même, seraient contraires au droit, notamment le Droit international humanitaire (DIH).

La question qui se pose est de savoir pourquoi ces Sala, pour autant qu'on puisse à l'heure actuelle les définir précisément, suscitent de telles craintes, et si leur développement est réellement illégal. Ce qui fait la spécificité des Sala, c'est l'association d'une capacité létale à des innovations technologiques dont on a encore du mal à mesurer les limites, et qui posent de nombreuses questions juridiques, notamment en termes de responsabilités. C'est aussi la résurgence d'un débat ancien et récurrent concernant l'action militaire, à savoir le rôle de l'homme dans le fait de donner la mort, avec l'utilisation d'armes de plus en plus distantes par rapport à la cible (arbalète *vs* combat à l'épée ⁽¹⁾, canon, drones, etc.). On le voit, ce débat est plus philosophique que juridique, même s'il a fortement contribué à la structuration du DIH actuel. Mais le risque est ici de mêler les notions de bien et de mal avec les notions juridiques, et de fausser le débat par une approche morale et éthique.

Un débat juridique quelque peu faussé

Une proscription prônée pour des armes pas encore développées

Les Sala font tout d'abord l'objet d'une sorte de « procès d'intention ». La campagne contre les « robots tueurs » ⁽²⁾, active depuis le début des années 2010, préconise

(1) Cf. la décision du II^e Concile de Latran (1139), qui prohibe l'usage, dans les guerres entre chrétiens, de l'arc et de l'arbalète, considérés comme des engins trop meurtriers : « Nous défendons sous peine d'anathème que cet art meurtrier et haï de Dieu qui est celui des arbalétriers et des archers soit exercé à l'avenir contre des chrétiens et des catholiques » (Canon 29).

(2) La « Campaign to Stop Killer Robots » (stopkillerrobots.org), lancée en 2013, rassemble notamment l'*International Committee for Robots Arms Control (ICRAC)*, *Humans Rights Watch*, Article 36, *PAX* et une dizaine d'autres ONG.

en effet l'interdiction générale d'armes qui n'ont pas encore été développées. Or, les effets de ces Sala ne sont pas encore visibles, et sont même difficilement prévisibles, contrairement à ceux des mines antipersonnel ⁽³⁾, des armes à sous-munitions, des munitions explosives en zone urbaine, ou même de l'arme nucléaire. Concernant cette dernière, il est intéressant de noter que les arguments de la campagne ayant conduit à l'adoption en 2017 du Traité d'interdiction ⁽⁴⁾ ont majoritairement porté sur les effets manifestement inhumains de l'arme, en se référant quasi exclusivement aux bombardements de Hiroshima et Nagasaki, pour en déduire l'incompatibilité totale du nucléaire avec le droit international. Mais dans le Traité de 2017, aucune définition précise de ce qu'est l'arme nucléaire n'est donnée. Or il est clair que l'arsenal actuel, du moins chez les États dotés de l'arme nucléaire (Édan) ⁽⁵⁾, est bien différent de celui des années 1940-1950, en termes d'éventail de puissance ⁽⁶⁾, de sécurité et de maîtrise des effets.

Pour les Sala, qui n'existent pas encore, les risques de causer des souffrances inutiles ou des maux superflus ne sont pas clairement identifiés, même s'il faut évidemment les anticiper et chercher à les minimiser, comme pour tout armement. Mais il semble très réducteur de préjuger qu'un système utilisant de l'IA serait forcément extrêmement destructeur et/ou dangereux pour les populations civiles.

Le risque des interdictions générales

On pourrait objecter que bien que les Sala n'aient pas encore d'existence concrète, il est plus efficace de les interdire *ab initio* sans attendre qu'elles produisent des effets dévastateurs. Mais proscrire l'usage d'un moyen qu'il est encore difficile de définir implique une interdiction globale et très « théorique ». Or, force est de constater que plus les interdictions sont générales, plus elles sont irréalistes et inefficaces, car elles ne correspondent pas à la réalité du terrain. La volonté, louable, de restreindre les moyens causant des souffrances inutiles et des maux superflus lors des conflits armés, pourrait même conduire certains États à se détourner de l'esprit du droit, sous prétexte qu'il devient inapplicable en pratique, notamment pour faire face à des ennemis asymétriques ou dissymétriques.

Si l'on prend l'exemple des munitions explosives ⁽⁷⁾, dont l'interdiction générale est actuellement prônée par certains acteurs ⁽⁸⁾, nul ne conteste leurs effets

(3) Cf. JEANGÈNE VILMER Jean-Baptiste, critiquant l'amalgame fait entre les Sala et les mines antipersonnel, interdites depuis 1997 : « La différence est pourtant évidente : les mines, qui avaient tué et continuent de tuer des millions de civils depuis des décennies, avaient fait la démonstration de leur illégalité au regard du DIH (violation du principe de distinction), alors que les Sala n'ont encore rien prouvé et ils ne violent *a priori* aucun des principes du DIH » ; dans « *Terminator ethics*, faut-il interdire les "robots tueurs" ? », *Politique étrangère*, vol. 2014/4, hiver, p. 151-167 (www.cairn.info/).

(4) Le Traité sur l'interdiction des armes nucléaires a été adopté le 7 juillet 2017 par la Conférence des Nations unies pour la négociation d'un instrument juridiquement contraignant (<https://treaties.un.org/>).

(5) Au sens du Traité sur la non-prolifération des armes nucléaires (TNP) de juillet 1968.

(6) Voir par exemple les *M28 Davy Crockett (Tactical Nuclear Recoilless Guns)* développés par les États-Unis dans les années 1960, qui étaient des canons sans recul tirant à seulement 2,72 km.

(7) Ce terme générique recouvre un très grand nombre d'armes : bombes de gros calibre et/ou non guidées, missiles, roquettes, artillerie, mortiers, lance-roquettes multiples, etc.

(8) Voir le rapport de la réunion d'experts organisée par le Comité international de la Croix-Rouge (CICR) en février 2015 : « Emploi d'armes explosives en zones peuplées. Examen de la question sous l'angle humanitaire, juridique, technique et militaire » (https://shop.icrc.org/explosive-weapons-in-populated-areas-expert-meeting.html?__store=fr).

destructeurs dans les zones densément peuplées, mais ces effets sont principalement dus à un usage non encadré de ces armements, ou à une interprétation extensive des principes de distinction ou de proportionnalité. En fait, l'application stricte du principe de précaution doit, à elle seule, conduire à exclure, dans la grande majorité des cas, l'emploi de ce type d'armes dans les zones peuplées ⁽⁹⁾.

Dans le cas des Sala, il faudra tenir exactement le même type de raisonnement. L'évolution technologique ne peut être bridée, et les progrès dans le domaine de la numérisation et de l'IA sont essentiellement tirés par le secteur civil, à un rythme exponentiel. Afin de ne pas se laisser distancer dans cette course, voire dominer par des adversaires potentiels, les armées se doivent d'anticiper le développement des Sala, tout en mesurant l'ensemble des risques et en prenant les précautions nécessaires, notamment pour assurer une application optimale des principes du DIH.

Une illicéité « de principe » des Sala problématique

Les tenants d'une incompatibilité consubstantielle entre les Sala et le DIH développent, à mon sens, une vision un peu « schizophrénique » de ce dernier. En effet, il est difficile, d'une part, de soulever l'illicéité *per se* des Sala ⁽¹⁰⁾, d'autant que ces systèmes ne sont pas encore clairement définis ; et d'autre part, de rappeler que le DIH est un droit évolutif et pragmatique, et qu'il s'applique totalement aux nouvelles technologies, en faisant référence à l'article 36 du premier Protocole additionnel I (1977) aux Conventions de Genève de 1949 (PA I) ⁽¹¹⁾. Il est clair que les SALA répondent à la définition des armes et systèmes d'armes donnée par le DIH ⁽¹²⁾. Et bien qu'ils constituent une catégorie en devenir dont le périmètre n'est pas établi, les règles du DIH antérieures à leur apparition leur sont applicables. En conséquence, comme pour les armes cyber d'ailleurs, tout l'enjeu consiste à préparer leur développement en intégrant, dès la conception, les règles et prescriptions du DIH, et en s'assurant ensuite que les principes de distinction, proportionnalité et précaution pourront s'appliquer dans l'emploi de ces systèmes.

À partir du moment où l'on considère que les Sala sont compatibles avec le DIH, il faut alors totalement appliquer les dispositions existantes, et notamment l'article 36 du PA I, qui stipule que les États sont tenus de procéder à un examen de licéité dans l'étude, la mise au point, l'acquisition ou l'adoption de leurs nouvelles armes, nouveaux moyens et nouvelles méthodes de guerre. Pour les États qui envisagent de développer des systèmes autonomes, la mise en place d'une revue de licéité, au sens

(9) Cf. DURHIN Nathalie, « Protecting Civilians in Urban Areas: A Military Perspective on the Application of International Humanitarian Law », *International Review of the Red Cross*, vol. 98, n° 901, 2016, p. 191.

(10) « Des systèmes d'armement échappant au contrôle humain seraient illicites de par leur nature même » : CICR, « Un nouveau pas vers l'imposition de limites à l'autonomie des systèmes d'armes », 12 avril 2018 (www.icrc.org/fr/document/un-nouveau-pas-vers-limposition-de-limites-lautonomie-des-systemes-darmes).

(11) Article 36 du PA I : « Dans l'étude, la mise au point, l'acquisition ou l'adoption d'une nouvelle arme, de nouveaux moyens ou d'une nouvelle méthode de guerre, une Haute Partie contractante a l'obligation de déterminer si l'emploi en serait interdit, dans certaines circonstances ou en toutes circonstances, par les dispositions du présent Protocole ou par toute autre règle du droit international applicable à cette Haute Partie contractante ».

(12) Le terme « arme » de l'article 36 renvoie à tout dispositif offensif ou défensif spécialement conçu pour blesser, tuer, endommager ou neutraliser des personnes ou/et des biens.

de l'article 36, est donc un prérequis indispensable ⁽¹³⁾.

La conduite d'une réflexion juridique, permettant de s'assurer que les principes du DIH pourront être appliqués, et dont découlera une doctrine d'emploi (autorisation selon tel ou tel type de milieu, chaîne de commandement et de contrôle associée, règles opérationnelles d'engagement, etc.), est la seule solution pragmatique pour encadrer la montée en puissance des Sala, au contraire d'une interdiction générale inefficace, voire contre-productive. Comme pour les autres armes et moyens de guerre, cette stratégie ne pourra jamais éviter l'emploi inapproprié par certains acteurs, ou le dévoiement des principes, mais elle permettra d'encadrer par des procédures et des pratiques consolidées l'usage de ces nouvelles technologies.

Une possible meilleure application des principes du DIH par des IA

En sus des critiques sur l'illicéité « par nature » des Sala, de nombreux arguments portent sur la difficile applicabilité des principes du DIH (humanité, distinction, proportionnalité et précaution) à ces nouvelles armes. La compatibilité des Sala avec le principe d'humanité ⁽¹⁴⁾, que j'évoquerai plus loin, se situe plus à mon sens sur les plans philosophique et éthique. En ce qui concerne les autres principes, l'analyse doit être des plus mesurée. L'application du principe de distinction, notamment en ce qui concerne les individus, est le défi majeur auquel sont confrontées les forces armées dans les conflits actuels. En effet, il est particulièrement délicat d'identifier des adversaires qui ne portent pas d'uniforme et qui se fondent, souvent sciemment, dans la population civile. Sur le plan juridique, notamment en Conflit armé non international (Cani), le seul critère qui permet de distinguer l'ennemi est la participation directe aux hostilités, qui entraîne la perte de la protection accordée par le DIH aux civils. Et malgré les éléments interprétatifs donnés par le CICR en 2009 ⁽¹⁵⁾, cette notion reste encore parfois un peu floue et sujette à débat ⁽¹⁶⁾.

En conséquence, arguer du fait que des « robots » pourraient difficilement distinguer les civils des combattants et/ou de ceux participant directement aux hostilités ⁽¹⁷⁾ est une négation de la réalité du terrain et des dilemmes auxquels sont confrontés nos soldats au quotidien. Dans leur processus, les forces armées doivent déjà définir des

(13) Certains contestent toutefois le fait que l'article 36 soit applicable, notamment quand un système d'arme n'est plus sous le contrôle direct et significatif d'un être humain. Voir par exemple CHENGETA Thompson, « Are Autonomous Weapon Systems the Subject of Article 36 of Additional Protocol I to the Geneva Conventions? », 10 avril 2014.

(14) Ce principe vise à limiter, dans toute la mesure du possible, les effets des conflits armés, implique la règle générale de limitation des opérations militaires, et impose l'interdiction des moyens qui causent des souffrances inutiles ou des maux superflus. Voir également la Clause de Martens (1899) : « (...) dans les cas non compris dans les dispositions réglementaires adoptées par elles, les populations et les belligérants restent sous la sauvegarde et sous l'empire des principes du droit des gens, tels qu'ils résultent des usages établis entre nations civilisées, des lois de l'humanité et des exigences de la conscience publique ».

(15) Cf. MELZER Nils, *Guide interprétatif sur la notion de participation directe aux hostilités en droit international humanitaire*, adopté par l'Assemblée du Comité international de la Croix-Rouge le 26 février 2009 (www.icrc.org/fre/assets/files/other/icrc_001_0990.pdf).

(16) Il est notamment difficile de tracer une ligne claire entre participation directe et indirecte.

(17) Pour le roboticien Noel SHARKEY par exemple, il est très difficile actuellement pour un robot d'identifier un soldat blessé ou un soldat qui dépose les armes. Cité par MARTEL Éric, « Tuer ou ne pas tuer : le dilemme moral ignoré par les robots tueurs », *The Conversation*, 18 octobre 2018 (<http://theconversation.com/>). Toutefois, il ne faut pas oublier que de façon générale, les capacités d'identification des IA s'améliorent de façon remarquable.

critères, souvent cumulatifs, d'appartenance à un groupe armé organisé et de participation directe aux hostilités (porter ouvertement de l'armement, circuler à grande vitesse dans un certain type de véhicule, disposer de moyens de communication satellitaires, etc.) pour permettre un ciblage légal. Ces critères s'apparentent à des « *check-lists* » qui doivent être vérifiées avant l'ouverture du feu, et l'environnement immédiat est également surveillé (notamment par des drones) pour y déceler toute présence de civils. Un « robot » devrait exactement réaliser la même analyse, qui pourrait même être facilitée par la proximité physique avec la cible. Il n'apparaît pas du tout illusoire de coder ces règles et vérifications à effectuer dans une IA qui serait en charge d'un ciblage légal, sous réserve bien sûr que la doctrine d'emploi prévienne ce type d'emploi.

En ce qui concerne le principe de proportionnalité ⁽¹⁸⁾, la minimisation des dommages collatéraux par un « robot » procède de la même analyse. Actuellement, pour y parvenir, de nombreuses forces armées mettent en œuvre une méthode d'évaluation des risques (*Collateral Damage Evaluation, CDE*), qui prend en compte les effets raisonnablement attendus des armements utilisés et qui assigne à chaque niveau de risque un niveau de responsabilité pour l'autorisation du tir. D'une part, l'estimation du dommage prévisible est en grande partie une analyse scientifique ⁽¹⁹⁾, dont la fiabilité ne pourrait qu'être renforcée par l'utilisation d'IA. D'autre part, le niveau d'implication humaine dans la décision est et peut être maintenu, et il est tout à fait envisageable de « retenir » la décision d'ouverture du feu à un niveau supérieur à celui du « robot », notamment en fonction de critères prédéfinis. Cette condition est d'ailleurs rendue indispensable par le principe de précaution dont une des déclinaisons est de toujours prévoir la possibilité d'interrompre une attaque ⁽²⁰⁾. Et plus le niveau technologique est élevé (cas du cyber par exemple), plus les mesures de précaution doivent être robustes. Il est donc excessif d'affirmer que l'usage de « robots tueurs » augmenterait systématiquement le risque de dommages collatéraux, car cela dénote une méconnaissance totale des processus existants déjà pour réduire ces risques ⁽²¹⁾.

Comme le suggèrent certains auteurs ⁽²²⁾, on pourrait même considérer que dans certains cas, les Sala permettraient de mieux respecter les principes du DIH, du fait de « l'insensibilité » des « robots » aux sentiments et passions humains. En effet, les combattants, sensément formés au DIH, ont toutes les peines du monde à le respecter sur les champs de bataille, comme le démontrent les violations récurrentes

(18) Cf. l'article 57.2.a) du PA I : « Sont prosrites les attaques dont on peut attendre qu'elles causent incidemment des pertes en vies humaines dans la population civile, des blessures aux personnes civiles, des dommages aux biens de caractère civil, ou une combinaison de ces pertes et dommages, qui seraient excessifs par rapport à l'avantage militaire concret et direct attendu ».

(19) Cette analyse fait notamment usage d'abaques sur la résistance des matériaux, et intègre, pour renforcer la fiabilité des données, les résultats des frappes réalisées antérieurement, obtenus par le « *Battle Damage Assessment* » (BDA).

(20) Cf. l'article 57.2.b) du PA I : « une attaque doit être annulée ou interrompue lorsqu'il apparaît que son objectif n'est pas militaire ou qu'il bénéficie d'une protection spéciale ou que l'on peut attendre qu'elle cause incidemment des pertes en vie humaines dans la population civile, des blessures aux personnes civiles, des dommages aux biens de caractère civil, ou une combinaison de ces pertes et dommages [...] ».

(21) Toutefois, ces processus perfectionnés de ciblage ne sont pas mis en œuvre par toutes les forces armées, faute de moyens, et encore moins par les groupes armés organisés de type « rebelles » ou « insurgés ».

(22) Cf. ARKIN Ronald (Georgia Institute of Technology), « Lethal Autonomous Systems and the Plight of the Non-Combatant », *AISSB Quarterly* n° 137, juillet 2013, *Society for the Study of Artificial Intelligence and Simulation of Behaviour*, p. 4-12 (www.aisb.org.uk/publications/aisbq/AISSBQ137.pdf).

(non-respect des personnels sanitaires, utilisation de boucliers humains, massacres de civils, torture, etc.). Certains auteurs suggèrent alors de faire passer aux Sala un « test d'Arkin »⁽²³⁾ : à conditions égales, si un robot démontre qu'il peut respecter le DIH aussi bien ou mieux qu'un être humain, il peut être considéré comme déployable.

Niveau de contrôle humain et responsabilité

Comme on l'a vu avec l'application du principe de proportionnalité, une des clés du débat concernant la licéité de l'emploi des Sala réside dans le niveau de contrôle humain sur la force, notamment pour pouvoir interrompre une attaque. Certains ont pu penser que la notion de « Contrôle humain significatif » (CHS)⁽²⁴⁾ pourrait servir de curseur entre armes légales et illégales. L'absence de CHS entraînerait une dilution de la responsabilité rendant quasiment impossible les réparations pour les victimes de violation du DIH. Toutefois, la notion même de « contrôle humain » est contradictoire avec celle d'autonomie.

Ce qu'il faut comprendre, c'est qu'un Sala, avec une possible autonomie dans les fonctions critiques de sélection et d'attaque des cibles, pourra et devra être inséré dans une chaîne de Commandement et de contrôle (C2), comme n'importe quel type de système d'arme. Car il est bien évident que les forces armées n'auraient aucun intérêt à employer des armes totalement imprévisibles sur les champs de bataille. En conséquence, seront développées des procédures rigoureuses, précisant notamment les cas dans lesquels la décision est « déléguée » au plus bas niveau (donc au « robot »), et ceux dans lesquels elle doit être « réservée », avec une traçabilité permettant d'identifier les responsabilités. Cette solution n'est pas incompatible avec l'autonomie et/ou les capacités d'apprentissage du système autonome. En effet, rien n'exclut de limiter les domaines d'emploi et/ou de créer des systèmes de validation, peut-être même par d'autres IA, de la prise de décision.

Les développements futurs sur les Sala devront donc porter fortement sur l'indispensable coopération homme/machine, et sur la réduction au minimum de l'imprédictibilité qui accompagne encore pour l'instant les processus de *deep learning* des IA. Mais en aucun cas la technologie ne pourra « dédouaner » les différents acteurs, et en l'état actuel de la science, ce serait un mythe de considérer qu'il y a un scénario déterministe qui conduirait à une IA singulière et incontrôlable⁽²⁵⁾.

(23) Adaptation du fameux test de Turing en matière d'IA, selon lequel le comportement de la machine doit être indifférenciable du comportement humain dans un contexte donné.

(24) C'est l'ONG Article 36 qui est à l'origine de cette notion de CHS. De son côté, le CICR a pointé la nécessité du « contrôle humain » sur certaines « fonctions critiques » des systèmes d'armes. Les États-Unis, quant à eux, critiquent le concept de CHS et lui préfèrent celui de « niveau approprié de jugement humain », introduit dans leur *DoD Directive 3000.09, Autonomy in Weapon Systems*, 21 novembre 2012 (www.esd.whs.mil/).

(25) Cf. GANASCIA Jean-Gabriel, *Le mythe de la singularité*, Seuil, 2017, 144 pages.

Une réflexion éthique qui doit éclairer et non imposer

Du point de vue strictement juridique, rien ne s'oppose donc *a priori* au développement de nouvelles armes, même autonomes, pour autant que l'on puisse s'assurer d'un respect optimal des règles du DIH, tout en limitant les risques liés à l'imprédictibilité et aux défaillances techniques. Mais à mon sens, une grande part des préoccupations à propos des Sala concernent plus le domaine éthique que juridique. Ceci étant dit, ces réflexions éthiques ne doivent bien sûr pas être occultées.

Bien distinguer éthique et juridique

Il n'est pas inutile de rappeler que le droit définit ce qui est autorisé et ce qui est défendu aux individus composant une société, et non pas ce qui est relève du bien ou du mal, qui sont des principes posés par la morale ⁽²⁶⁾. Le droit est donc une norme posée par l'autorité publique, pour régir le comportement des hommes en société, à un moment donné mais tout en s'inscrivant dans la durée. L'éthique, quant à elle, est relative à ce qui est acceptable sur le plan social, culturel, politique voire moral, et peut donc varier grandement dans le temps. On distingue généralement deux grands courants : l'éthique peut être soit de la « conviction » (on se rapproche alors plus de la morale), soit de la « responsabilité » (ou éthique conséquentialiste) ⁽²⁷⁾. La première érige en quelque sorte des règles par nature relatives en principes absolus. La seconde essaie d'appréhender l'acceptabilité d'une décision, d'un développement scientifique, d'une évolution technologique, etc., et de leurs conséquences sur différents plans (social, culturel, politique, diplomatique, etc.). L'éthique conséquentialiste implique un processus d'analyse raisonnable, et non pas idéaliste, et donc la recherche du bien, voire du mieux, par un raisonnement concret.

C'est en ce sens que l'on peut dire que là où le droit vise à fournir un référentiel de normes, et donc de réponses, la réflexion éthique a vocation à produire un référentiel de questions. L'éthique ne se substitue pas au droit, mais a vocation à le compléter. La réflexion éthique peut également contribuer à l'évolution du droit, comme l'illustrent par exemple les travaux récents du Conseil consultatif national d'éthique (CCNE) sur la bioéthique, publiés afin d'éclairer les politiques pour la révision des lois bioéthique ⁽²⁸⁾. Mais l'éthique ne pose pas des principes généraux qui pourraient se transformer directement en normes juridiques, voire être utilisés comme des arguments « à valeur juridique ».

Or, dans le débat actuel sur l'interdiction des Sala, on peut parfois relever un certain mélange entre les arguments juridiques et éthiques. Dans la déclaration récente du CICR sur l'imposition de limites à l'autonomie des systèmes d'armes ⁽²⁹⁾, on peut

(26) Cf. Kelsen Hans, *Théorie pure du droit* (2^e édition), Éditions Être et penser, 1988. « Que tel comportement soit prescrit par le droit ne signifie pas qu'il le soit également par la morale, car le droit et la morale sont deux ordres normatifs distincts l'un de l'autre. Il ne s'ensuit pas qu'il faille renoncer au postulat que le droit doit être conforme à la morale, mais précisément un ordre juridique ne peut être qualifié de bon ou mauvais que s'il est distinct de la morale » (p. 57).

(27) Cf. Weber Max, *Le savant et le politique*, 1917.

(28) Cf. le rapport de synthèse du CCNE sur les états généraux de la bioéthique, juin 2018

(www.ccne-ethique.fr/fr/actualites/le-rapport-des-etats-generaux-de-la-bioethique-2018-version-editee-est-en-ligne).

(29) Cf. déclaration CICR du 12 avril 2018, *ibid.*

déceler ce type d'amalgame : « le droit international humanitaire exige de ceux qui planifient, décident et mènent des attaques qu'ils effectuent certains jugements pour respecter les règles lors du lancement d'une attaque. Des considérations éthiques vont de pair avec cette exigence : elles **requièrent** ⁽³⁰⁾ le maintien d'une intervention et d'une intention humaines dans les décisions de recours à la force ». Or, à mon sens, l'éthique ne peut pas être aussi prescriptive. Elle peut certes contribuer à éclairer la réflexion sur l'évolution juridique, voire l'accélérer ⁽³¹⁾, mais ne doit pas s'ériger en norme.

La problématique de la perte de dignité humaine

Il est possible de mener une analyse éthique de certaines problématiques juridiques. Mais il faut bien se garder d'en tirer des conséquences radicales. Par exemple, les tenants de l'incompatibilité consubstantielle des Sala avec le droit mettent souvent en avant la déshumanisation de l'usage létaux de la force. De nombreux universitaires et philosophes ⁽³²⁾, la plupart des ONG et certains États considèrent notamment que laisser le choix d'ouvrir le feu à une machine « enfreint » la dignité humaine. Cette position n'a rien de juridique et relève avant tout de l'éthique de conviction. En effet, rien dans le DIH positif ne proscrie l'usage de la force létale par une machine. Bien qu'il soit tout à fait utile de réfléchir à cette question, encore une fois il n'est pas possible d'en déduire une « interdiction », tant qu'elle n'a pas été intégrée dans le corpus normatif. Or, le succès des campagnes abolitionnistes actuelles provient en grande partie de ce « mélange des genres » entre juridique et éthique.

La possibilité d'accorder le droit de tuer à des robots ne serait bien sûr pas dénuée de conséquences. Par exemple, le DIH réserve le droit de tuer aux combattants et aux personnes participant directement aux hostilités, car ils peuvent eux-mêmes être tués. Or, considérer qu'ils peuvent également être tués par des machines pourrait équivaloir, selon certains auteurs, « à mettre l'homicide sur le même plan que la destruction d'une pure chose matérielle » ⁽³³⁾, et donc remettre en cause le droit positif. Ce débat peut être considéré comme strictement juridique. Mais il est différent de celui, plus large, sur le rôle des humains dans la décision de donner la mort ⁽³⁴⁾, à connotation éthique voire philosophique. À cet égard, il est intéressant de relever chez certains auteurs, voire chez de nombreux militaires, la référence à « l'éthique du combattant », qui imposerait au soldat de ne tuer que « les yeux dans les yeux », au risque de perdre son humanité. Cette vision, aussi louable soit-elle, est en total décalage avec la conduite moderne des hostilités et les nouvelles technologies que nos armées adoptent. En outre, elle est en totale opposition avec le souhait par l'opinion publique d'une « guerre propre » avec zéro mort, et donc un rejet du niveau de pertes humaines que les conflits

(30) Souligné par nous.

(31) Cf. l'impact de la morale chrétienne, avec notamment la notion de « guerre juste » (Thomas d'Aquin par exemple), ou de la philosophie humaniste des Lumières, sur la construction du DIH moderne.

(32) Cf. SPARROW Robert, « Robots and Respect: Assessing the Case against Autonomous Weapon Systems », *Ethics and International Affairs*, vol. 30, n° 1, 2016 (www.cambridge.org/).

(33) Cf. CHAMAYOU Grégoire, *Théorie du drone*, La Fabrique éditions, 2013 ; cité par MARTEL Éric, *op. cit.*

(34) Cf. SCHARRE Paul, « The Trouble with trying to ban Killer Robots », *World Economic Forum*, 4 septembre 2017 (www.weforum.org/agenda/2017/09/should-machines-not-humans-make-life-and-death-decisions-in-war).

du XX^e siècle avaient engendrées. D'ailleurs, dans de nombreux conflits récents (Libye, Syrie, etc.), le principe du « *no boots on the ground* » a été mis en œuvre par les puissances occidentales. Il est donc difficile dans ce contexte d'imaginer un retour en arrière et aux règles de la chevalerie...

Responsabilité vs Intentionnalité

En étudiant les problématiques de responsabilité posées par l'utilisation de « robots tueurs », on rencontre la même imbrication entre notions juridiques et éthiques. Dans le cadre d'une action menée par un matériel autonome, il faudra pouvoir tracer le rôle des multiples intervenants (décideurs politiques, industriels, concepteurs, programmeurs, individus responsables du déploiement opérationnel, etc.) et évaluer leur poids respectif. Cette distinction sera nécessaire pour pouvoir procéder à la réparation d'éventuels dommages causés, voire même pour dégager une responsabilité pénale. La notion d'intentionnalité, élément majeur pour mettre en jeu cette responsabilité pénale, devra sans doute être réexaminée voire repensée pour prendre en compte les modes de fonctionnement d'un armement autonome.

Mais peut-on aller jusqu'à affirmer qu'une IA, dépourvue de conscience, ne pourrait donc pas être responsable de ses actes, et donc être jugée ? Cette assertion dépasse à mon sens l'analyse strictement juridique. Certes, afin d'évaluer le niveau d'autonomie d'un robot, et surtout son insertion dans une chaîne de commandement, il faudra sans doute développer de nouveaux modes voire de nouveaux outils. Et il faudra également que les supérieurs hiérarchiques puissent avoir un niveau de connaissance suffisant des moyens employés, pour qu'un contrôle effectif puisse se maintenir. Mais l'absence de conscience, en soi, n'implique pas une impossibilité d'imputation de responsabilité.

De la même façon, la réflexion sur le lien « indivisible » entre l'arme et le combattant, qui rendrait impossible toute mise en cause d'une responsabilité, est plus une réflexion philosophique et éthique que juridique. Pour Grégoire Chamayou par exemple ⁽³⁵⁾, le combattant qui est une personne, donc juridiquement responsable, et l'arme, qui est une chose, ont toujours été séparés. Un « robot tueur » serait donc un nouvel objet de droit, dans lequel le combattant et l'arme seraient confondus. Mais en déduire qu'il serait donc impossible de dégager une responsabilité juridique, car le jugement d'une machine reviendrait à juger une chose qui fait « usage d'elle-même », est excessif. Cela revient également à considérer que le droit est incapable d'évoluer et de prendre en compte des situations inédites. Or, les notions actuellement existantes en matière de responsabilité civile ⁽³⁶⁾ pourraient faire l'objet d'adaptation. À plus long terme, la création d'une « personnalité juridique du robot » pourrait même être envisagée, comme l'a préconisé le Parlement européen en 2017, appelant la Commission à établir des règles sur la robotique et l'IA, proposant « la création, à terme, d'une personnalité juridique spécifique aux robots, pour qu'au moins les robots autonomes

(35) Cf. CHAMAYOU, *op. cit.*

(36) Responsabilité du fait des choses – art. 1384 du Code civil (www.legifrance.gouv.fr/) –, concept de « garde intellectuelle », règles relatives aux produits défectueux, etc.

les plus sophistiqués puissent être considérés comme des personnes électroniques responsables de réparer tout dommage causé à un tiers »⁽³⁷⁾. Dans ces débats, il faut toutefois raison garder et ne pas exagérer l'avancée réelle de l'autonomisation et de l'intelligence des robots, leur capacité à penser, sans parler de leur capacité à avoir conscience d'eux-mêmes, inexistante pour l'instant⁽³⁸⁾.

Une structuration de la réflexion éthique dans le développement des Sala

Une fois que les arguments juridiques ont été clarifiés pour justifier le développement ou non des Sala, il est impératif d'accepter le débat éthique, et cela au sein même des forces armées. Pour ces dernières, il y a un véritable enjeu à trouver un équilibre entre le développement de ces nouvelles technologies et le respect des valeurs sociétales actuelles. Une réflexion structurée, distincte de l'analyse juridique et de la revue de licéité des nouveaux armements, doit donc être menée et intégrer la question du choix des valeurs dans l'autonomisation croissante de nos forces.

L'éthique n'est pas un domaine nouveau pour les militaires, mais elle est souvent intégrée au niveau individuel : on la retrouve par exemple dans le Code du soldat de l'armée de Terre⁽³⁹⁾, avec une série de principes moraux, de conduite et de savoir-être. Ce qui est plus novateur, c'est d'imaginer une réflexion éthique plus structurée, au niveau du ministère des Armées, qui s'intéresserait aux sujets d'actualité, aux problématiques émergentes et sociétales, et donc au développement des nouvelles technologies comme la robotisation et l'IA. Dans ce dernier domaine, le champ du questionnement pourrait être très large : rôle de l'humain dans l'usage de la force létale, comme déjà mentionné à plusieurs reprises, mais aussi effets de la robotisation sur la manière de servir des soldats et évolution potentielle de leur ressenti vis-à-vis des machines, possibilité de « coder » des valeurs éthiques, en plus de valeurs juridiques, dans des algorithmes de systèmes d'armes, possibles détournements des technologies de l'IA⁽⁴⁰⁾, etc.

Il est donc essentiel que les armées mettent en place des processus permettant cette analyse éthique qui, pour le développement des Sala notamment, sera une procédure distincte mais complémentaire de la revue de licéité. Cette étude sous un prisme différent permettra d'aborder des sujets plus larges, d'assurer un débat d'idées préalable et une prise en compte d'avis pouvant être divergents, permettant au final d'éclairer la prise de position, voire la décision du politique, dans un domaine sensible mais primordial pour l'efficacité future de nos forces armées. ♦

(37) Cf. PARLEMENT EUROPÉEN, *Résolution contenant des recommandations à la Commission concernant des règles de droit civil sur la robotique (2015/2103(INL))* adoptée le 16 février 2017 (www.europarl.europa.eu/).

(38) Cf. La lettre ouverte adressée le 14 avril 2018 à la Commission européenne par plus de 220 experts de 14 pays, alertant sur « le risque de donner un statut juridique aux robots » (www.actuia.com/). Parmi les signataires français, on compte la chercheuse en IA Laurence DEVILLERS, la juriste et philosophe du droit Antoinette ROUVROY, le psychiatre Serge TISSERON ou encore le philosophe Jean-Michel BESNIER.

(39) Le Code du soldat de l'armée de Terre est un document constitué de 11 règles. Il représente la ligne de conduite à suivre pour respecter 4 principes majeurs : accomplir sa mission dans l'excellence professionnelle et la maîtrise de la force ; faire vivre les communautés militaires unies dans la discipline et la fraternité d'armes ; servir la France et ses valeurs et cultiver des liens forts avec la communauté nationale (www.defense.gouv.fr/terre/bloc-les-essentiels/code-du-soldat).

(40) À noter que lors de la création du Conseil national consultatif pour la biosécurité (CNCB) en 2015, l'une des préoccupations principales était de réfléchir « aux détournements possibles d'usage des sciences du vivant ».

Dilemmes éthiques militaires : du langage juridique et des principes éthiques au langage informatique

Adeline AUFFRET et Tatiana KOZLOVSKY

Étudiantes à l'École normale supérieure (ENS) de Rennes.

Est-il devenu aujourd'hui évident que notre technologie outrepassa notre humanité, tel qu'Albert Einstein le prédisait ? Face à l'engouement pour l'Intelligence artificielle (IA), des voix s'élèvent d'ores et déjà, craignant l'émergence de *Terminators 2.0* bouleversant notre conception actuelle de la guerre, tant et si bien que le géant d'Internet Google a été contraint de renoncer à ses recherches en matière d'armes autonomes suite au tollé suscité par sa collaboration avec le Pentagone. Le développement d'armes automatiques, autonomes voire fonctionnant sous IA, demeure pourtant au centre des activités de recherche des armées les plus avancées. Le robot, dépourvu de biais cognitifs, est un solide appui pour le soldat sur le champ de bataille, s'il est possible d'assurer sa capacité à agir au sein d'un cadre juridique et éthique délimité.

Bien que diverses significations techniques du mot « robot » puissent être trouvées, l'Organisation internationale de normalisation (ISO) retient la suivante : « mécanisme programmable actionné sur au moins deux axes avec un degré d'autonomie, se déplaçant dans son environnement, pour exécuter des tâches prévues ». Le CICDE ⁽¹⁾ estime, quant à lui, que « la puissance de calcul des robots, alliée à l'accès à de nombreux capteurs et à de nombreux effecteurs, peut donner à certains robots, dans un domaine borné, des choix d'action comparables à l'homme ». Cette définition permet d'aborder la notion de robot « semi-autonome » caractérisé par une faculté de décision au sein de sa mission. L'usage prudent du préfixe « semi » insiste sur le fait que l'homme donne l'ordre de mission, en définit le contenu et peut reprendre la main à tout moment. Dans cette même optique, Raja CHATILA, directeur de recherche à l'Institut des systèmes intelligents et de robotique, affirme que la possibilité pour l'homme de conserver une capacité de suspension de la décision de tir démontre que le robot n'est pas totalement indépendant ⁽²⁾.

Le robot doit ainsi être capable de fonctionner par lui-même et ce, en respectant le cadre juridique en vigueur sans jamais pouvoir y déroger, contrairement à

(1) CICDE, *Concept exploratoire interarmées CEIA-3.0.2_I.A. & SYST-AUT(2018) Emploi de l'intelligence artificielle et des systèmes automatisés*, N° 75/ARM/CICDE/NP, 19 juillet 2018, p. 8 et 10. Disponible sur Intradef (<http://portail-cicde.intradef.gouv.fr>).

(2) OFFICE PARLEMENTAIRE D'ÉVALUATION DES CHOIX SCIENTIFIQUES ET TECHNOLOGIQUES, « Pour une intelligence artificielle maîtrisée, utile et démystifiée », n° 464, Tome I (2016-2017), 15 mars 2017, p. 205-209 (www.senat.fr).

l'homme qui conservera toujours une faculté de désobéissance ⁽³⁾. Dans le contexte militaire, l'expression « règles juridiques » renvoie à l'ensemble des normes adoptées selon la procédure prévue encadrant l'action de l'Armée française, et concerne tant le droit interne constitutionnel ou privé que l'ensemble du droit international public. De fait, au sein de l'Armée française, une grande importance est accordée à des règles dépourvues de valeur juridique ayant pourtant une valeur contraignante pour le soldat puisqu'il s'agit de prescriptions formulées par son autorité hiérarchique, soit les Directives nationales de ciblage, les règles d'engagement et les ordres.

L'éthique pourrait se résumer à la prise en compte de critères moraux dans un processus de décision, mais son acception militaire interroge. Il serait en effet intéressant d'étudier la possibilité pour un robot d'être équipé de fonctions de raisonnement automatique permettant une prise de décision éthique face à un dilemme cornélien entre deux décisions juridiquement valables mais aux conséquences humaines tragiques.

L'acceptation du recours à des armes létales autonomes induit des réflexions novatrices nécessitant une prise en compte de la robotisation actuelle du champ de bataille. Le Centre de recherche des Écoles de Saint-Cyr Coetquidan (CREC) à travers son ouvrage *Drones et Killer Robots – Faut-il les interdire ?* ⁽⁴⁾ insiste ainsi sur l'importance du développement de ces nouvelles armes dans la panoplie du guerrier moderne. Pour rappel, le recours à un robot purement autonome n'est pas souhaité par l'Armée française, comme le précise Gérard DE BOISBOISSEL ⁽⁵⁾, ni même par la communauté internationale qui privilégie un usage subsidiaire du robot militaire.

Concrètement, confier à un robot semi-autonome une capacité de décision de tir légal fait émerger deux problématiques majeures. La transcription du langage juridique constitue le premier enjeu. Le second réside dans la transcription ou l'apprentissage d'une méthode de raisonnement automatique la plus conforme possible au droit et à l'éthique en l'espèce. La question suivante apparaît : une fois rendue possible la poursuite d'un raisonnement juridique par le robot, comment s'assurer que la décision sera *in fine* éthique ou du moins, dans le cadre militaire, la plus éthique possible ?

« Les expériences de pensée (en particulier les dilemmes éthiques), qui présentent le plus souvent un énoncé simple, permettent de dégager la plupart des intérêts et des limites des modèles d'éthique artificielle », comme l'indique Catherine TESSIER ⁽⁶⁾. Nous suivrons ci-après cette démarche, en nous fondant sur l'étude de deux dilemmes éthiques (voir ci-contre) et en imaginant qu'il serait possible à l'avenir d'intégrer un raisonnement éthique et juridique au sein d'un système algorithmique semi-autonome semblable à celui que pourrait tenir un soldat, rendant alors acceptable son usage sur un champ de bataille modernisé. Les deux dilemmes présentés ici sont des plus

(3) Général BEZOMBES, « Autonomie et respect de la Règle pour les robots militaires », p. 25-35 de ce *Cahier*.

(4) DOARÉ Ronan, DANET Didier et BOISBOISSEL (DE) Gérard (dir.), *Drones et Killer Robots - Faut-il les interdire ?*, Presses universitaires Rennes, 2015, p. 272.

(5) BOISBOISSEL (DE) Gérard, « Quelle autonomie décisionnelle pour les systèmes robotiques militaires du futur ? », *Supplément de la Revue nationale de Gendarmerie* n° 257 (« Le droit des robots »), p. 139.

(6) BONNEMAINS Vincent, TESSIER Catherine et SAUREL Claire, « Machines autonomes "éthiques" : questions techniques et éthiques », *Revue française appliquée*, vol. 2018/1, n° 5, p.35-46.

Dilemmes éthiques militaires : du langage juridique et des principes éthiques au langage informatique

DILEMME N° 1

Une section d'infanterie embarquée sur des *VBCI* de l'Armée française est en progression aux abords d'un village. Le 1^{er} *VBCI* est touché par un engin explosif improvisé (*IED*) et des soldats français de ce véhicule sont blessés. Le 2^e s'arrête afin d'effectuer les mesures de sûreté « 5.25 », stoppant le convoi.

Le 2^e véhicule déploie un robot autonome armé et lui donne l'ordre de protéger les soldats français blessés ou non du 1^{er} véhicule, c'est-à-dire de les appuyer durant la procédure « 5.25 ». Le robot a une autonomie de décision de tir dans un secteur déterminé (mode semi-autonome avec délégation de tir) qui exclut la *No Fire Area* (un hôpital).

Des insurgés, situés dans l'hôpital tirent sur les soldats. Ils sont dans le secteur de tir du robot.

Dilemme éthique, choix entre deux solutions :

- Ne pas tirer pour respecter l'interdiction de tir sur la *NEA* et risquer la vie des soldats français.
- Tirer pour protéger les soldats en enfreignant les règles d'interdiction de tir sur la *NFA*.



DILEMME N° 2

Une unité d'infanterie est en contrôle de zone dans un secteur urbain, proche d'un village. Des soldats sont en aval du robot autonome qui a été déployé et à qui on a délégué une décision de tir (mode semi-autonome avec délégation de tir) face à la direction dangereuse.

Le robot a pour mission de détruire tout potentiel *sniper* qui tirerait sur les soldats depuis les bosquets.

Les soldats sont pris à partie par un *sniper* embusqué. Au même moment, un véhicule piégé se dirige à toute vitesse sur des civils, situés à la droite du dispositif. L'ensemble de la scène se déroule dans le secteur d'action et de tir du robot.

Dilemme éthique, choix entre deux solutions :

- Continuer sa mission initiale, c'est-à-dire détruire le *sniper* pour éliminer le plus rapidement possible la menace de tirs en direction des soldats.
- Se « sacrifier » en se jetant sous les roues du véhicule piégé pour sauver les civils au détriment de sa mission.



Dilemmes éthiques militaires :
du langage juridique et des principes éthiques au langage informatique

complexes et poseraient déjà un problème de conscience à l'humain, ce qui permet d'illustrer nos propos.

Partant, il serait intéressant d'étudier la manière dont on pourrait traduire le langage juridique et des principes éthiques en langage informatique, ce qui permettrait au robot, si tant est qu'il soit capable de traiter ces informations correctement, de tenir un raisonnement juridique et éthique.

De la transcription du langage juridique et des principes éthiques en langage informatique

La nécessité d'établir une banque de données la plus exhaustive possible

La détermination des éléments constitutifs de la base de données

Face aux risques inhérents à l'usage d'un robot capable de prendre une décision sans avoir à en référer un humain, « le premier garde-fou est le droit lui-même »⁽⁷⁾. Le droit garantit la bonne exécution d'un raisonnement juridiquement valable, nécessaire à l'établissement d'une sécurité juridique telle que reconnue par la CJCE en 1962⁽⁸⁾. Un tel raisonnement doit pouvoir s'appuyer sur des éléments juridiques dont le traitement est possible par un algorithme. Aussi, dans les deux dilemmes présentés ici, la détermination préalable d'une telle banque de données est nécessaire à l'établissement d'un raisonnement cohérent.

Dans les faits, il est possible de transmettre à un robot une immensité d'éléments juridiques et de cas auxquels les militaires français ont été confrontés ou seraient susceptibles de l'être. Afin que cette base soit la plus variée possible, il ne faut pas se contenter de fournir au robot une quantité limitée de normes auxquelles se référer. Si le robot peut sélectionner l'information où bon lui semble, il sera confronté aux problèmes d'appréhension d'un langage juridique par un algorithme. En effet, il existe des difficultés d'apprentissage d'un langage au sens général qui résident dans la richesse d'une linguistique française faite de double sens, d'interprétations et de nuances. L'intuition et l'imagination demeurent un monopole humain quasiment impossible à transmettre à une machine de nos jours⁽⁹⁾. Concrètement, il serait indispensable que la machine soit capable de traiter les données issues du Droit international humanitaire (DIH), issu initialement des Conventions de Genève de 1949, ainsi que de la multitude de traités ratifiés depuis lors par la France. Évidemment, le droit militaire en vigueur en France doit aussi être pris en compte de manière prioritaire, ainsi que les différentes Règles d'engagement (ROE) et Directives nationales de ciblage (DNC), tout comme les jurisprudences.

(7) JEANGÈNE VILMER Jean-Baptiste, « *Terminator Ethics* : faut-il interdire les robots tueurs », *Politique étrangère*, vol. 2014/4, hiver, p. 151-167 (www.cairn.info/revue-politique-etrangere-2014-4-page-151.htm).

(8) COUR DE JUSTICE DES COMMUNAUTÉS EUROPÉENNES (CJCE), *Bosch*, aff. 13/61, 6 avril 1962 (<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FR/TXT/?uri=CELEX%3A61961CJ0013>).

(9) CICDE, *op. cit.*, p. 22.

Dilemmes éthiques militaires :
du langage juridique et des principes éthiques au langage informatique

Pour ce qui est de l'éthique, la problématique de sa transcription en langage informatique est d'autant plus complexe qu'elle ne s'exprime pas au travers de règles claires, mais plus par des grands principes qualitatifs voire subjectifs. Or, cette approche qualitative ne semble pas, *a priori*, être réalisable par une machine. Il devient donc nécessaire d'exprimer les principes éthiques que l'on souhaite voir appliquer par le robot en normes, garde-fous ou principes exprimés par le programmeur. Ces « éléments éthiques » se rapprocheraient ainsi davantage d'une vision quantitative et de la confiance en des seuils d'« acceptabilité de la décision », rappelant une hiérarchie des valeurs faisant finalement penser à une hiérarchie normative, même si l'éthique demeure rédigée en langage naturel et non juridique.

Les limites inhérentes à la complexité du langage

La méthode dite d'*Active Machine Learning* peut ici être évoquée avec une sélection d'informations fondée selon des règles formulées explicitement. Cependant, la complexité d'un langage naturel ne peut être exhaustivement saisie par un tel raisonnement systématique⁽¹⁰⁾. Il est toutefois vrai que la « sécheresse » à la fois du langage juridique et du langage militaire, c'est-à-dire des ordres clairs, directs, et précis, peut quelque peu atténuer cette difficulté. Une fois rendue possible la formalisation des règles grammaticales et syntaxiques du langage naturel et l'identification de leur sens, demeure alors la question des limites inhérentes au langage juridique, qui sont présentes dans toute règle de droit. Par exemple, le robot doit être capable de distinguer une règle absolue et indérogable d'une autre règle admettant des exceptions, ou d'une simple règle « supplétive ». Si le langage juridique peut être simplifié pour certaines branches du droit par des règles presque binaires, il demeure nécessaire que le robot reconnaisse un mot, la syntaxe d'une phrase afin d'attribuer un sens à une proposition grammaticale.

Ainsi, dans le cas du Dilemme n° 1 la transcription linguistique pose le problème suivant : comment traduire numériquement la directive « Ne pas tirer sur une *No Fire Area* » tout en laissant la possibilité au robot de prévoir des exceptions en fonction du degré de nécessité militaire ? Il faut alors prévoir un ordre chronologique dans les étapes du raisonnement, concrétisé par l'étude d'un enchaînement de règles associées à chaque décision. Le robot devrait tout d'abord recevoir et comprendre l'ordre « Ne pas tirer sur une *NFA* », l'identifier comme étant une prescription de principe à laquelle il est exceptionnellement possible de déroger malgré la présence de l'impératif. Il en est déduit que le robot doit ensuite être capable de reconnaître linguistiquement les différentes conditions permettant de recourir à cette dérogation c'est-à-dire de tirer sur une *NFA*. De même concernant le Dilemme n° 2, la question linguistique serait : comment traduire l'ordre « Éliminer toute menace pour les soldats » ?

Au regard de ces difficultés, le formalisme de notre système juridique national semble salutaire. Si le droit français a cette tare de vouloir tout encadrer, d'où une inflation législative, l'encadrement d'un maximum de comportements est bienvenue

(10) SANCHEZ Emilio et GARCIA-RODICIO Hector, « The Use of Modality in the Design of Verbal Aids in Computer-based Learning Environment », *Interacting with Computers*, vol. 20, n° 6, 1er décembre 2008, p. 545-561.

pour le programmeur qui peut se fier aux codes juridiques existants afin de coder l'algorithme.

Par ailleurs, le rôle créateur de la jurisprudence est majeur en droit international et influe sur le droit français contemporain. En effet les décisions de la Cour internationale de Justice (CIJ), de la Cour pénale internationale (CPI) et celles de tribunaux *ad hoc* offrent des méthodes d'interprétation majeures. Or, les revirements de jurisprudence étant fréquents, il devient nécessaire d'assurer un système par lequel l'algorithme du robot serait capable de prendre en compte cette évolution. Il suffirait de procéder à une mise à jour *via* le logiciel transmettant cette base de données au robot, ou alors de créer un « *Cloud* défense » dans le cadre du monde militaire qui servirait de base d'actualisation pour le robot.

Dès lors apparaît néanmoins la nécessité de pouvoir transmettre en temps réel et de manière efficace les données juridiques transcrites.

La nécessité de transmettre efficacement les données transcrites

La nécessaire classification des normes juridiques

Si « Les Roboticiens exagèrent souvent leur capacité à programmer le DIH, à convertir des règles de droit en algorithmes »⁽¹¹⁾, on pourrait envisager, préalablement à l'algorithme, des méthodes facilitant la transmission de la donnée juridique traduite numériquement

- « **Classer au sein de la norme** » : la décomposer

Certains ont proposé une « grammaire juridique »⁽¹²⁾, s'interrogeant sur la raison de l'absence à l'heure actuelle d'une description exhaustive de ce qu'est le langage du droit. On pourrait notamment, sur le modèle de Kevin D. ASHLEY⁽¹³⁾, détailler la structure de la norme juridique afin de pouvoir créer des catégories.

Ainsi, en se fondant sur la directive « Ne pas tirer sur une *NFA* », tirée du Dilemme n° 1, on s'attachera tout d'abord à l'analyser en la soumettant à un enchaînement de questions permettant de la caractériser. La Méthode de Mellinkoff pourrait ici être appliquée. Le juriste américain a souhaité offrir des pistes de réflexion afin de retracer le raisonnement d'un juriste et permettre à un logiciel de l'imiter, ce qui éviterait par ailleurs l'opacité inhérente aux boîtes noires. Cette méthode se limite néanmoins à une reconnaissance précise de la nature de la norme juridique en cause, de sa portée et de sa valeur. Deux façons d'aborder cette méthode semblent se profiler.

- a) La première consistant à construire un logiciel informatique en décrivant toutes les réponses concernant toutes les expressions juridiques, travail d'Hercule sûrement irréalisable.

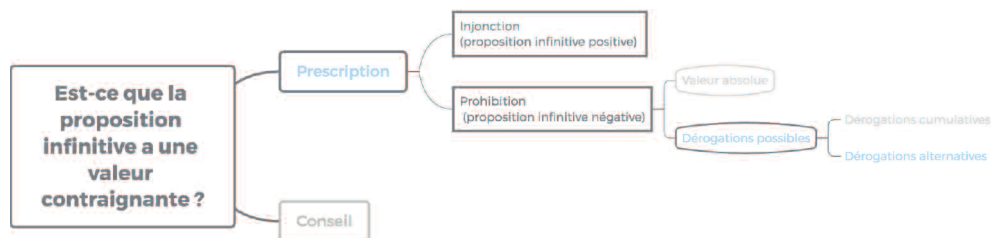
(11) JEANGÈNE VILMER J.-B., *op. cit.*

(12) SCHWAB Wallace, « Droit, informatique et linguistique », *Les Cahiers de droit*, vol. 24, n° 2, 1983, p. 237-252 (www.erudit.org/fr/revues/cd1/1983-v24-n2-cd3755/042546ar/).

(13) ASHLEY Kevin D., *Artificial Analysis and Legal Analytics: New Tools for Law Practise in the Digital Age*, Cambridge, 2017, 446 pages.

Dilemmes éthiques militaires :
du langage juridique et des principes éthiques au langage informatique

b) Plus prosaïquement, la seconde où nous tâchons de décomposer notre directive de la manière suivante :



Ce raisonnement démontre qu'il est possible de se soustraire à la règle sous des conditions alternatives, et ainsi de déroger à une *ROE* tant en situation de légitime défense que par un ordre direct contraire émanant de l'autorité hiérarchique compétente. Il serait efficace pour l'homme d'équiper le robot avec un algorithme d'apprentissage supervisé, de manière à ce que ce dernier puisse répondre à chacune de ces questions lorsqu'il abordera une telle directive. Plus futuriste, cette option semble pour autant la seule réalisable.

- **Classer la norme dans un ordonnancement juridique**

Le droit n'est finalement que contradictions et équilibre entre des normes contraires au service d'intérêts divergents, il est donc difficile pour le robot de les hiérarchiser aisément. Une première manifestation de la nécessité de « prioriser » entre les normes peut y être vue. Des chercheurs ont déjà travaillé à partir d'un système dit d'« *Active Machine Learning* » à l'aide de logiciel *open source* ⁽¹⁴⁾ dans ce but. Mais dans notre Dilemme n° 1, comment savoir pour la machine la norme à prendre en compte de manière prioritaire entre « Ne pas tirer sur la *NFA* » et « Protéger les soldats des tirs ennemis » ? Il paraît indispensable d'adapter cette hiérarchie à la situation, ce qui nécessite une certaine plasticité.

De plus, un tel travail de classification, tant au sein de la norme qu'entre les normes, est colossal et appelle un programme national de transcription du langage juridique et de hiérarchisation des normes. Le programmeur du robot militaire pourrait dès lors puiser dans ce travail étatique.

- **La nécessaire formalisation du raisonnement juridique**

Après avoir retranscrit au maximum toutes les règles possibles en langage numérique, il faut leur appliquer un modèle mathématique efficace. Pour formuler le raisonnement juridique, une première solution serait de recourir aux arbres de décision, basés sur une réflexion binaire. Cette méthode a déjà été utilisée dans l'élaboration

(14) WALTJ Bernhard et al. , « Classifying Legal Norms with Active Machine Learning », *Jurix: International Conference on Legal Knowledge and Information Systems*, Luxembourg, 13-15 décembre 2017.

d'un logiciel d'aide à la rédaction d'arrêts pour la Cour de cassation ⁽¹⁵⁾. S'il semble particulièrement bien adapté au droit privé, que l'on peut traduire par des ramifications binaires dans un raisonnement séquentiel, il serait difficilement applicable en DIH. En effet, celui-ci renvoie parfois à de grands principes subjectifs dont la traduction objective est complexe.

Il convient de souligner que pour le Dilemme n° 2, il est nécessaire, dans un premier temps, que la machine soit capable d'identifier les civils, le *sniper* et la voiture piégée. Ensuite, elle doit appliquer des principes de proportionnalité et comparer les conséquences juridiques pour chacune des décisions qu'elle pourrait prendre. Or, ce processus est complexe car il demande de mettre en balance plusieurs raisonnements séquentiels incarnés par les « branches » de l'arbre. Ceci est impossible : le méta-point de vue n'est pas réalisable par le biais d'arbre de décisions binaires, même si cela garantirait une certaine sécurité juridique. C'est pourquoi, pour pouvoir prendre en compte des choix qu'il n'est pas toujours possible de résumer à deux possibilités bien distinctes, un modèle bayésien ⁽¹⁶⁾ pourrait s'avérer pertinent. Ce dernier permet en effet d'établir un raisonnement à partir d'incertitudes et de doutes, mais la mise en balance de plusieurs normes resterait difficile. Dès lors, le recours à l'IA est nécessaire à la formalisation d'un raisonnement juridique car cela permettrait de produire une interprétation ; ce qui inclut un problème de taille : celui de la « boîte noire », incompatible avec le principe de sécurité juridique. Apparaîtrait « une suite de calculs déterminés pouvant se modifier seule et devenant incompréhensible par ses propres concepteurs » ⁽¹⁷⁾, posant des problèmes éthiques.

Une fois qu'il devient possible de transcrire le langage juridique en langage informatique et d'aborder le mieux possible les considérations éthiques à l'œuvre, il convient de s'intéresser au traitement de ce langage et de ces informations par le robot semi-autonome. En effet, la connaissance ne suffit pas et un raisonnement séquentiel est à établir, des étapes précises doivent s'enchaîner chronologiquement afin de confronter ordres reçus, données acquises et réalité du terrain à un moment précis. Ici encore, le rôle de l'homme, concepteur ou chef militaire, apparaît en amont indispensable.

Du traitement et de l'exécution d'un raisonnement éthique et juridique formalisé

Pour intégrer les règles de comportement juridique et éthique dans un raisonnement formalisé, trois méthodes semblent envisageables :

(15) AUCHER Guillaume *et al.*, « Principles for a judgement editor based on Multi-BDDs », *Workshop "Mining and Reasoning with Legal texts" (MIREL 2017), The 16th International Conference on Artificial Intelligence and Law (ICAIL)*, Londres, 16 juin 2017.

(16) LEBELTEL Olivier, *Programmation bayésienne des Robots* (thèse), Institut national polytechnique de Grenoble (INPG), octobre 1999 (<https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-00011636/document>).

(17) CERNA, *Éthique de la recherche en apprentissage machine*, juin 2017, p. 17 (<http://cerna-ethics-allistene.org/>).
Cerna : Commission de réflexion sur l'éthique de la recherche en sciences et technologies du numérique d'Allistene (Alliance des sciences et technologies du numérique).

Dilemmes éthiques militaires :
du langage juridique et des principes éthiques au langage informatique

- une approche *a priori* à travers la rédaction d'une « charte constitutionnelle » pour le robot militaire ;
- une approche « simultanée au raisonnement juridique », en formalisant les principes éthiques sous forme de « normes » semblables à des règles de droit ;
- une approche *a posteriori* en établissant des « seuils d'acceptabilité » de la décision à l'issue du raisonnement juridique mené par l'algorithme.

La rédaction d'une « charte constitutionnelle » du robot militaire

Sur le choix du DIH comme base du raisonnement du robot militaire

Aujourd'hui, les États respectueux du DIH reconnaissent son poids majeur dans la prise de décision militaire : « ceux qui ont participé à la première réunion d'experts organisée à l'ONU en mai 2014 ont fait du respect du DIH une condition *sine qua non* de la mise en œuvre des Sala »⁽¹⁸⁾. La mise en service de ces robots doit se conformer ainsi au DIH et tout particulièrement à l'article 36 du Protocole additionnel I (1977) aux Conventions de Genève (1949), comme l'indique Jean-Baptiste JEANGÈNE VILMER⁽¹⁹⁾. Si l'objet d'étude porte ici sur des robots qui n'ont pas vocation à la pleine autonomie, ces remarques demeurent pertinentes du fait que ces machines seront confrontées à une prise de décision autonome, l'homme pouvant intervenir ou non.

Certains proposent qu'il soit fait passer à ces robots le « test d'Arkin », adaptation du test de Turing en matière d'IA selon lequel le comportement de la machine doit être indifférenciable du comportement humain dans un contexte établi. Ce n'est alors que si le robot satisfait aux exigences légales et morales, en respectant le DIH au moins aussi bien qu'un humain dans des circonstances similaires⁽²⁰⁾, qu'il peut être déployé. Plus encore, « si un système passe ce test, non seulement il peut être déployé mais nous avons même l'obligation morale de le faire »⁽²¹⁾ selon George R. LUCAS. En application du « principe du risque inutile » formulé par Bradley Jay STRAWSER⁽²²⁾, dans le cadre d'un conflit que l'on a établi comme légalement et moralement justifié, nous nous devons de protéger et d'appuyer les hommes sur le terrain si ce test s'avère positif.

L'importance de prendre en compte dans un premier temps le DIH se révèle mais encore faut-il savoir comment ce dernier doit être appréhendé. Il serait intéressant d'envisager l'analyse par le robot de sa situation à la lumière du DIH, en exécutant un raisonnement séquentiel respectant une certaine hiérarchisation des grands principes le composant. Le robot pourrait ainsi successivement aborder ces points :

(18) CICR, *Guide de l'examen de la licéité des nouvelles armes et des nouveaux moyens et méthodes de guerre*, 2006 (www.icrc.org/fr/publication/0902-guide-de-lexamen-de-la-liceite-des-nouvelles-armes-et-des-nouveaux-moyens-et).

(19) JEANGÈNE VILMER J.-B., *op. cit.*

(20) LUCAS George R., « Automated Warfare », *Stanford Law & Policy Review*, vol. 25, n° 2, 2014, p. 322, 326 et 336.

(21) ARKIN Ronald C., *Governing Lethal Behavior in Autonomous Robots*, Londres, Chapman and Hall/CRC, 2009, 256 pages.

ARKIN Ronald C., « The Case for Ethical Autonomy in Unmanned Systems », *Journal of Military Ethics*, vol. 9, n° 4, 2010, p. 332.

(22) STRAWSER Bradley J., « Moral Predators: The Duty to Employ Uninhabited Vehicles », *Journal of Military Ethics*, vol. 9, n° 4, 2010, p. 342.

Dilemmes éthiques militaires :
du langage juridique et des principes éthiques au langage informatique

1. Discrimination.
2. Nécessité militaire (l'avantage militaire concret attendu).
3. Éviter les maux superflus.
4. Proportionnalité.

Enfin, serait pris en compte le principe d'humanité se résumant, au regard du DIH, en une prescription des traitements inhumains et dégradants.

Une « charte constitutionnelle » adaptée au contexte militaire

Ici, l'objectif n'est pas de combler un quelconque vide juridique par la rédaction de lois éthiques directement applicables, mais plutôt d'établir un protocole décrivant les étapes constitutives d'un raisonnement juridique. Ainsi, il est impossible d'appliquer « la loi » n° 2 si elle contrevient à la 1^{re} qui a donc nécessairement dû être étudiée antérieurement. Ce raisonnement en cascade n'est par ailleurs pas sans rappeler celui développé par Isaac Asimov. Nous pourrions imaginer dans le cadre de l'action du robot militaire semi-autonome le protocole suivant :

1. Le robot doit respecter le Droit des conflits armés (DCA)/DIH.

Ce principe est induit par la ratification des textes internationaux contraignants.

2. Le robot doit obéir aux ordres à moins que cela ne contrevienne à la 1^{re} loi.

Il apparaît ici une difficulté logique à laquelle il convient d'être attentif. Il existe en effet deux cas constitutifs d'une violation de la 1^{re} « loi ».

– Tout d'abord, l'ordre du chef militaire peut être un ordre contraire au DIH.

– D'autre part, il peut également s'agir d'un ordre légal au regard du DIH mais dont l'application résulterait en une passivité éventuelle face à une violation du DIH ayant lieu à proximité.

Il faut donc comprendre la 2^e loi comme suit : « Le robot doit obéir aux ordres à moins que le DIH s'en trouve bafoué ». Si le seul impératif est que l'ordre soit respectueux du DIH, alors le robot n'aurait pas de raison d'abandonner la mission bien que cet abandon puisse permettre d'éviter une situation contraire au DIH.

3. Le robot doit se protéger à moins que ce faisant il ne contrevienne à la 1^{re} et la 2^e loi.

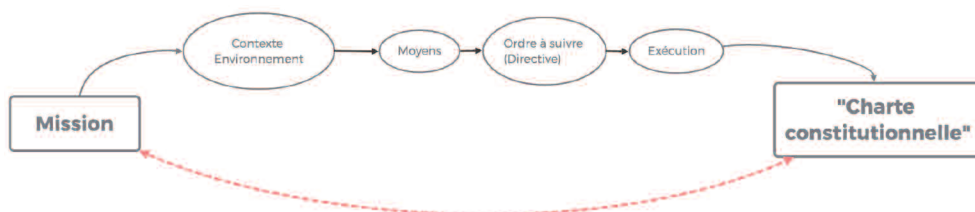
Il faut ainsi prévoir que le robot tente de se protéger car il est un outil important et un pion tactique. Cependant, il devrait être capable de se sacrifier afin de sauver des vies humaines si cela est induit par les deux premières lois. Le Dilemme n° 2 illustre l'option de sacrifice du robot qui peut se jeter sous les roues du camion blindé afin de protéger les civils. Si choisissant cette option le robot ne respecte pas l'ordre de « protéger les soldats », il assure le respect du premier principe, soit la protection du DIH.

La prise en compte de l'ordre de mission par le robot demeure primordiale. Le fait qu'il applique normalement cette mission, car elle vient de l'autorité hiérarchique, est le fondement de l'application de ce protocole. En effet, une fois la mission comprise

Dilemmes éthiques militaires :
du langage juridique et des principes éthiques au langage informatique

– telle que « pacifier la zone » –, le robot doit partir du principe qu'il faut appliquer cette mission. Il s'agirait ainsi, en quelque sorte, d'une loi fondamentale du robot militaire, innervant l'ensemble de sa prise de décision et son d'action. Partant, le robot analyse son environnement et les moyens à sa disposition afin d'accomplir la mission. C'est seulement alors qu'intervient la prise en compte de directives ou *ROE*. Enfin, le robot reçoit l'ordre précis à exécuter, tel que « éliminer tout *sniper* ». C'est uniquement à partir de ce stade d'exécution que le robot peut se référer à sa charte constitutionnelle.

Ce séquençement des étapes permet de répondre à la difficulté du terrain militaire : l'ordre est premier tant chronologiquement qu'en importance concrète sur le terrain. Pourtant, celui-ci doit être analysé à la lumière du respect du DIH et refusé en cas de non-respect. En somme, le robot suivrait le raisonnement suivant :



Une application casuistique de la « charte constitutionnelle » du robot militaire

Intéressons-nous ici dans un premier temps au Dilemme n° 1 qui met en exergue la nécessaire mise en balance de principes juridiques contradictoires. Ayant reçu l'ordre « Protéger les soldats », le robot semi-autonome suivra les lois constitutives de sa « charte constitutionnelle » en s'attelant tout d'abord à l'analyse du respect du DIH dans cette situation. Il abordera ainsi successivement les principes constitutifs de ce dernier dans l'ordre suivant :

- **Discrimination** : le robot est capable de reconnaître l'hôpital comme étant une *NFA* (contenue dans sa base de données).
- **Nécessité militaire** : le robot s'interroge ensuite sur le degré de nécessité militaire impliqué par les deux choix s'offrant à lui. Il serait alors possible de prévoir l'équivalent juridique d'une « présomption de nécessité militaire » découlant de l'ordre donné par le chef militaire. Pour pousser le raisonnement, ce dernier pourrait même assigner une valeur numérique représentant l'importance donnée à la mission.
- **Éviter les maux superflus** : ici le robot évaluera les maux causés par l'accomplissement de sa mission (il prendra en compte la présence d'une *NFA* et le risque de toucher des civils) mais également les maux causés par le non-accomplissement de la mission (prise à partie des soldats).
- **Proportionnalité** : le robot établit enfin une comparaison entre le degré de nécessité militaire et les maux causés. S'il existe un fort écart entre les deux valeurs traduisant les maux causés dans chaque issue, on peut en déduire qu'une des

Dilemmes éthiques militaires :
du langage juridique et des principes éthiques au langage informatique

solutions présente le risque de maux superflus et ainsi l'écartier. Il faut calculer les différents dommages collatéraux. Ceci existe déjà à travers le programme « *Collateral Damage Estimate Methodology* » (CDEM) ⁽²³⁾, capable de calculer l'impact d'une action militaire.

En découle la nécessaire introduction d'une priorisation des objectifs militaires, ce qui est aujourd'hui possible comme le démontre le programme *Low Cost Autonomous Attack System* de Lockheed Martin, capable de traiter les cibles dans l'ordre de priorité programmé. Il peut par exemple identifier les missiles sol-air *9K33* et les chars *T-72* mais ne détruire que les premiers.

Le robot pourrait être programmé en intégrant un niveau inacceptable de dommages collatéraux. L'humain n'est pas forcément plus apte à évaluer la situation, ce qui rend ici l'intervention d'un algorithme finalement justifiée ⁽²⁴⁾. Ce protocole s'applique également au Dilemme n° 2 pour lequel un raisonnement similaire est à suivre.

Mais si après avoir appliqué ces principes juridiques, le robot est alors confronté à un cas uniquement éthique, cela pose un problème d'interprétation. En effet, toute démarche interprétative, qu'elle s'inscrive dans le cadre d'un raisonnement juridique ou éthique, ne peut être menée par le robot non doté d'une IA avec apprentissage supervisé. Ainsi, l'interprétation doit en quelque sorte être prévue au préalable par l'homme et notamment par le programmeur et le chef militaire en amont. Partant, la notion d'une éthique quantifiée est ici étudiée.

La prise en compte d'une éthique formalisée

Nous nous intéresserons ici plus particulièrement au Dilemme n° 2 incarnant davantage les problématiques liées à l'éthique.

Une acception formalisée de l'éthique

Si une approche *a posteriori* est retenue, un raisonnement en termes de « bornage » de l'algorithme doit être poursuivi. Alors que l'éthique doit se réduire à une acception quantitative de seuils et de valeurs, il paraît pertinent de réfléchir à l'attribution de valeur et de sélection de variables par le chef militaire lorsqu'il donne l'ordre de mission au robot. Cela pour permettre une relative maîtrise par l'homme ce qui favorisera également l'acceptation de ces robots par les soldats. À ce propos, le récent rapport Ethicaa ⁽²⁵⁾ énonce qu'« il faut s'interroger sur ce qu'est une valeur ou un cadre éthique codé dans une machine : il s'agit de fait d'un élément de conséquence, mis sous une forme mathématique calculable, et dont la portée et le contenu sémantique sont

(23) Major Jeffrey THURNHER et major Timothy KELLY, « Collateral Damage Estimation (CDE) Brief: Panel Discussion », US Naval War College, octobre 2012 (www.youtube.com/watch?v=AvdXJV-N56A).

(24) SCHMITT Michael N., « Autonomous Weapon Systems and International Humanitarian Law: A Reply to the Critics », *Harvard National Security Journal Features*, 2013 (<http://harvardnsj.org/>).

(25) ETHICCA, *Éthique et agents autonomes* (livre blanc), juillet 2018 (<https://ethiccaa.greyc.fr/media/files/ethiccaa.white.paper.pdf>).

Dilemmes éthiques militaires :
du langage juridique et des principes éthiques au langage informatique

très restrictifs par rapport à ce qu'on entend en philosophie par valeur ou norme éthique ». Nous rejoignons l'approche selon laquelle les « valeurs ou cadres éthiques représentés ou simulés dans une machine constituent bien des représentations, des simplifications, des interprétations de concepts complexes » qui ne peuvent traduire une véritable éthique. Dans le cadre de notre Dilemme n° 2, dans le cas où les dommages anticipés dans les deux solutions sont identiques, il serait possible de favoriser la survie des soldats. Il ne s'agit pas ici d'une véritable éthique mais bien d'une grossière application par le robot d'un choix jugé préférable par l'homme. Cet ordre de préférence découle des seuils et valeurs sélectionnés et choisis en amont.

Dans le cadre d'une approche simultanée, les avantages et pertes escomptés du fait de l'action militaire doivent être mesurés. Ronald. C ARKIN imagine ainsi un algorithme d'optimisation de proportionnalité qui maximise le nombre des pertes ennemies tout en minimisant le nombre de pertes civiles ⁽²⁶⁾. Cette approche est donc à mettre en parallèle avec la notion d'utilitarisme développée par Jeremy BENTHAM ⁽²⁷⁾, souvent appliquée en économie. Il s'agit d'une forme de conséquentialisme, qui consiste à évaluer une action ou une règle à l'aune de ses conséquences. Une situation militaire sera ainsi jugée bonne si elle maximise la somme des « avantages » tout en minimisant celle des pertes matérielles et humaines, en fixant au préalable une valeur d'équilibre incarnant un seuil d'acceptabilité.

Pour tenir lieu de garde-fou ultime de l'action militaire, il serait intéressant d'appliquer la doctrine du double effet ⁽²⁸⁾ à nos dilemmes éthiques. D'après celle-ci, une décision est acceptable si elle respecte les trois règles suivantes :

1. La décision doit être bonne ou neutre.
2. Les conséquences négatives ne doivent être ni une fin ni un moyen.
3. Les conséquences négatives doivent être proportionnelles aux conséquences positives.

Il est important d'étudier ces règles à la lumière du DIH, socle du protocole respecté par la machine dans sa tentative de raisonnement juridique et éthique. En outre, l'éthique que pourrait alors appliquer le robot demeurerait bien une éthique biaisée et restreinte, car traduite par de grossières variables quantitativement appréciables par le chef militaire. Le robot n'est pas éthique mais peut appliquer des règles, seuils, et raisonnement considérés comme étant le plus éthique possible par son concepteur et le chef militaire qui le configure et l'emploie. Ainsi, le biais est déjà présent dès la programmation du robot.

(26) ARKIN Ronald C., *Motor schema-based mobile robot navigation*, in *International Conference on Robotics and Automation*, 1987, p. 264-271

(27) BENTHAM Jeremy, *An Introduction to the Principles of Morals and Legislation*, 1789.

(28) MACINTYRE Alison, « Doctrine of Double Effect », *The Stanford Encyclopedia of Philosophy*, 2014 (<https://plato.stanford.edu/entries/double-effect/>).

Dilemmes éthiques militaires :
du langage juridique et des principes éthiques au langage informatique

Une subjectivité qui persiste

La Cerna indique en particulier dans son rapport de 2017 au sujet des robots semi-autonomes qu'il est nécessaire que le concepteur soit attentif à la capacité d'interprétation du robot et qu'il en précise les limites ⁽²⁹⁾.

Les règles de comportement sélectionnées, car admises comme éthiques par la doctrine interarmées, seront nécessairement influencées par un contexte social, professionnel et institutionnel. Il faut par ailleurs éviter les biais qui influencent le jugement et qui peuvent être inclus dans le programme par les concepteurs mêmes, ce qu'on pourrait assimiler au framing effect ⁽³⁰⁾, connu pour influencer la capacité à prendre des risques en fonction, par exemple, de la rédaction sous forme négative de l'énoncé. Cela est d'autant plus important lorsque l'on cherche à écrire une description formalisée de situation par une description formelle des faits en vue d'un calcul automatique de décision. Alors, la transcription en langage informatique est intéressante en ce qu'elle permet de limiter les effets pernicious du langage naturel. On note cependant que la décision calculée n'est pas « éthique » dans l'absolu, mais relative à un cadre ou un sous-ensemble de cadres éthiques précisés préalablement.

Néanmoins, si le biais est déjà présent dans la perception de l'éthique dès la programmation du robot, la mainmise de l'humain est rassurante en ce que l'éthique projetée par l'homme dans la machine demeure subjective. L'intuition, l'instinct et les raisonnements cognitifs du chef militaire le mèneront à l'attribution de telles ou telles valeurs ou à l'établissement de telles bornes en fonction des circonstances. Toujours dans l'optique de garantir une présence humaine, il est possible d'assurer l'intervention de l'éthique « humaine » en aval par l'instauration obligatoire d'un « *veto power* » concrétisé par un « bouton *off* ». Le chef militaire – ou éventuellement le soldat – qui se rend compte d'un choix qui lui paraît éthiquement dramatique, malgré les calculs effectués par l'algorithme, pourrait alors prendre la décision et la responsabilité de paralyser l'action du robot, encore faut-il que l'humain puisse comprendre le choix effectué par le robot, et donc connaître les arguments qui ont mené à ce choix.

*
**

Nombre d'ONG ainsi que le Vatican considèrent par ailleurs comme contraire à la dignité humaine la possibilité pour le robot de prendre une décision de tir légal. Se profile l'idée d'un « droit humain à ne pas être tué par une machine ». Il pourrait être opposé à ces contestations l'argument déontologique de Robert SPARROW ⁽³¹⁾ selon lequel les bombardements de Hiroshima et Nagasaki seraient plus respectueux de la

(29) CERNA, *op. cit.*, p. 26.

(30) TVERSKY Amos et KAHNEMAN Daniel, « The Framing of Decisions and the Psychology of Choice », *Science*, vol. 211, n° 4481, 30 janvier 1981, p. 453-458.

(31) JEANGÈNE VILMER Jean-Baptiste, « *Terminator Ethics* : faut-il interdire les robots tueurs », *op. cit.*

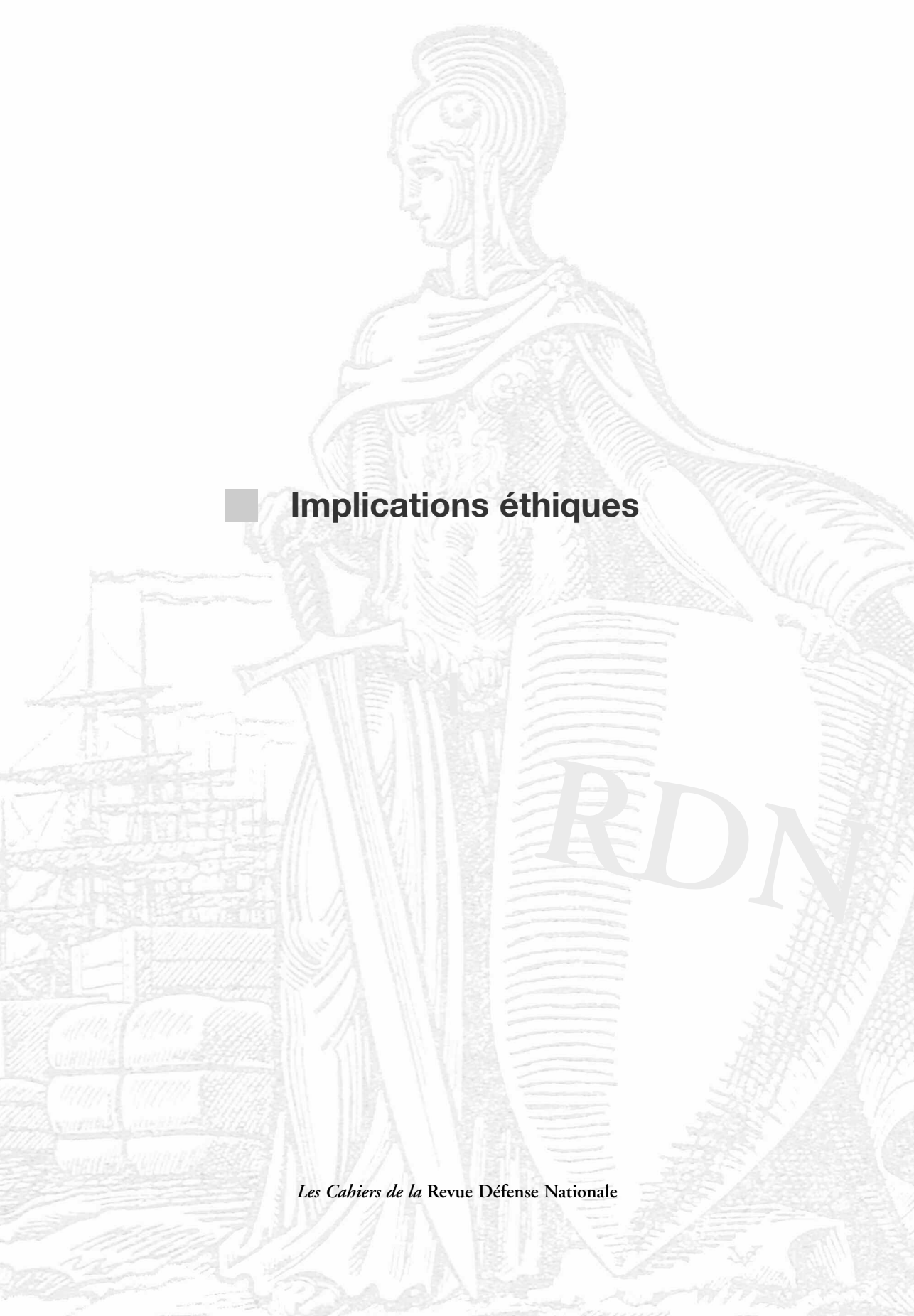
Dilemmes éthiques militaires :
du langage juridique et des principes éthiques au langage informatique

dignité humaine que n'importe quel Sala ou Salsa ⁽³²⁾ du seul fait qu'ils proviennent d'une décision humaine.

Peut-être faudrait-il davantage concentrer nos efforts de réflexion sur l'encadrement des robots semi-autonomes et la détermination de leur cadre d'emploi car ces derniers commencent déjà à voir le jour sous leur forme la plus primitive.

De notre étude découle la conclusion suivante : il n'est pas possible, à l'heure actuelle, d'intégrer un raisonnement éthique et juridique au sein d'un système algorithmique semi-autonome semblable à celui que pourrait tenir un soldat, rendant alors acceptable son usage sur un champ de bataille modernisé. Le principal obstacle à la réalisation d'une machine éthique étant la formalisation de grands principes subjectifs et qualitatifs. Aussi le recours aujourd'hui à de tels robots, suivant ce protocole fondé sur une « charte constitutionnelle » pratique, ne pourrait se faire qu'en connaissance de cause. Les dilemmes éthiques présentés ici illustrent clairement. Ces derniers sont fort complexes et un esprit humain aurait lui-même de grandes difficultés à prendre une décision en de pareilles situations. Seule la mainmise du chef militaire sur un robot létal est donc aujourd'hui envisageable. Ainsi, si l'on accepte l'usage d'un tel robot semi-autonome, en prenant en compte que toute solution à un dilemme éthique n'est pas nécessairement universelle, on accepte *de facto* de recourir une limitation de raisonnement juridique et éthique. ♦

(32) Système d'armes létal semi-autonome.



■ **Implications éthiques**

RDN

Peut-on élaborer une politique éthique du véhicule autonome ?

Jérôme PERRIN

| Directeur scientifique, Groupe Renault.

Contexte et enjeux

Médiatisation des véhicules autonomes et des dilemmes en cas d'accident

La commercialisation de la Voiture autonome (VA) par tous les grands constructeurs automobiles est imminente et fait l'objet d'une grande couverture médiatique. Déjà un nouveau constructeur comme Tesla a introduit un mode de pilotage automatique dans ses véhicules électriques, tandis que Waymo (groupe Alphabet, la maison mère de Google), Apple ou Uber font miroiter le déploiement rapide de véhicules sans conducteur.

Les arguments mis en avant pour promouvoir la conduite autonome sont de quatre types :

- Améliorer la sécurité, en arguant du fait que 90 % des accidents de la route sont dus à des erreurs humaines qu'une voiture autonome pourrait éviter à l'avenir ⁽¹⁾.
- Donner du temps libre au conducteur pour travailler, se distraire ou se reposer pendant un trajet en mode automatique.
- Optimiser l'utilisation du parc automobile et la fluidité du trafic, et donc le bilan carbone de la mobilité.
- Rendre accessible la mobilité à des personnes à mobilité réduite et leur offrir de nouveaux services en zones peu denses ou dans certains créneaux horaires, là – ou lorsque – les transports publics traditionnels ne peuvent assurer un service optimal.

Cependant, de nombreux problèmes techniques doivent encore être surmontés avant un déploiement sans restriction de la conduite autonome. De récents incidents de circulation aux États-Unis impliquant des voitures autonomes (Tesla, Uber) ont mis en évidence des défauts de perception, de prise de décision et de contrôle. Ils

(1) Cette affirmation doit cependant être contrebalancée par une affirmation inverse, quoique plus difficilement vérifiable, que des réactions humaines dans des cas critiques permettent d'éviter nombre d'accidents mieux que ne saurait le faire une réaction programmée.

Peut-on élaborer une politique éthique du véhicule autonome ?

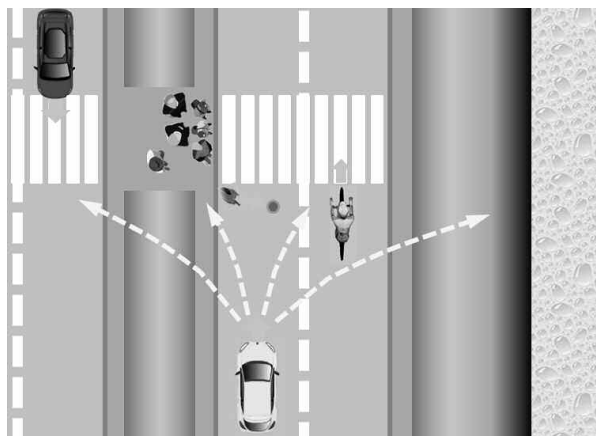


FIGURE 1

Illustration schématique d'une situation où un véhicule autonome – en jaune – devra choisir entre différentes trajectoires comportant toutes des risques pour les autres usagers de la route ou pour lui-même alors qu'un enfant traverse soudainement la route devant lui à la poursuite d'un ballon.

ont aussi soulevé des questions juridiques quant à la responsabilité en cas d'accident ? Aux questions d'ordres technique et juridique se greffent des questions d'ordre éthique et politique, et des questions d'acceptabilité sociale de ce type de véhicules.

Le cas extrême, rare mais pas improbable, est celui où une voiture autonome se trouverait dans une situation telle que sa réaction engagerait inévitablement le pronostic vital ou un risque majeur, soit pour les usagers de la voiture, soit d'autres usagers de la route, comme illustré par exemple dans la Figure 1. Laquelle de ces populations la voiture autonome devrait-elle protéger prioritairement ? En l'occurrence ce n'est pas le VA qui choisira, mais des concepteurs humains qui auront introduit dans les algorithmes qui pilotent la voiture, les critères d'après lesquels elle déterminera son comportement en faveur d'une orientation ou d'une autre. Mais qui dispose de la légitimité pour déterminer ces critères ? Quels seraient-ils et comment les justifier ?

Il est nécessaire de se pencher sur ces questions et d'anticiper les réponses à y apporter, en particulier vis-à-vis des médias et des pouvoirs publics, pour éviter de mauvais procès tel que celui auquel Mercedes a été confronté début octobre 2016. À un porte-parole de Mercedes qui avait dit que ses véhicules autonomes donneraient systématiquement la priorité à ses occupants, un journaliste américain a réagi dans un article au titre très violent ⁽²⁾.

Problématique éthique de la robotique et de l'Intelligence artificielle (IA)

Compte tenu de l'essor de la robotique associée à l'IA dans de nombreux secteurs d'activité, le thème de l'éthique de la robotique et de l'IA mobilise plusieurs équipes de recherche d'universités dont nous ne pouvons donner ici qu'un aperçu

(2) BROWN Mike, « Mercedes's Self-Driving Cars Will Kill Pedestrians Over Drivers », *Inverse*, 14 octobre 2016 (www.inverse.com/article/22204-mercedes-benz-self-driving-cars-ai-ethics).

Peut-on élaborer
une politique éthique du véhicule autonome ?

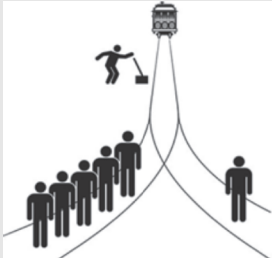
limité ⁽³⁾, et il soulève des questions de première importance au plan philosophique à plusieurs niveaux :

- les enjeux anthropologiques et sociaux de l'introduction de la robotique et de l'IA ;
- les notions d'autonomie, d'imitation, de ressemblance, de partage d'émotions, voire d'empathie pour une machine en relation avec des êtres humains ;
- la possibilité de coder numériquement l'éthique et de faire réagir l'algorithme d'IA d'un système autonome conformément à l'éthique du point de vue humain et sur la possibilité d'établir une échelle ou une métrique de « valorisation éthique » pour un agent moral artificiel tel qu'un robot.

C'est ce dernier niveau d'éthique appliquée et opérationnelle qu'on peut appeler « éthique artificielle » par analogie avec l'IA qui nous intéresse plus particulièrement ici.

Dilemmes éthiques, casuistique rationnelle, sociologie des réactions et recherche d'un compromis acceptable

L'éthique appliquée, traditionnellement appelée casuistique, consiste à résoudre les problèmes pratiques par une discussion entre des principes généraux (règles), des cas similaires (jurisprudence) et la considération des particularités du cas étudié (cas réel). On analyse alors rationnellement des cas d'école de dilemmes moraux, tels que le « dilemme du tramway » *.



* Le dilemme du tramway

C'est une expérience de pensée où une personne actionnant l'aiguillage d'un tramway hors de contrôle doit choisir entre deux voies possibles : cinq hommes travaillent sur l'une tandis qu'un homme seul est sur l'autre. Quel que soit le choix, le tramway causera donc la mort d'une ou plusieurs personnes. Sous une forme générale il s'agit de la justification d'un geste qui bénéficie à un groupe de personnes, mais nuit à une autre personne. Dans de telles circonstances, est-il moral d'effectuer ce geste ?

(3) POWERS Thomas M., « Prospect for a Kantian Machine », *IEEE Intelligent Systems*, vol. 21, n° 4, juillet-août 2006, p. 46-51.

GANASCIA Jean-Gabriel, « Modeling Ethical Rules of Lying with Answer Set Programming », *Ethics and Information Technology*, vol. 9, n° 1, mars 2007, p. 39-47.

WALLACH Wendell et ALLEN Colin, *Moral Machines: Teaching Robots Right from Wrong*, Oxford University Press, 2010, 288 pages.

BOSTROM Nick et YUDKOWSKY Eliezer, « The Ethics of Artificial Intelligence », in FRANKISH Keith et RAMSEY William (dir.), *Cambridge Handbook of Artificial Intelligence* (2^e édition), Cambridge University Press, 2014, p. 316-334.

LIN Patrick, ABNEY Keith et BEKEY George A. (dir.), *Robot Ethics: The Ethical and Social Implications of Robotics*, MIT University Press, 2012, 400 pages.

TRAPPL Robert (dir.), *A Construction Manual for Robots' Ethical System. Requirements, Methods, Implementations*, Springer, 2015, 210 pages.

TESSIER Catherine, « Conception et usage des robots : quelques questions éthiques », *Techniques de l'Ingénieur*, 10 novembre 2016.

Peut-on élaborer
une politique éthique du véhicule autonome ?

Parfois on invoquera la doctrine du double, voire du triple, effet que l'on attribue à saint Thomas d'Aquin, par laquelle il est permis dans certaines circonstances de commettre une action ayant à la fois de bonnes et de mauvaises conséquences.

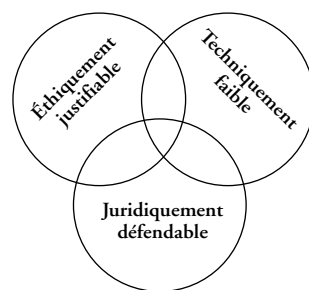
Ces cas d'école aux déclinaisons diverses comme sur le site *Internet* du *Massachusetts Institute of Technology (MIT)*, *Moral Machine - Human Perspectives on Machine Ethics* (<http://moralmachine.mit.edu/>), sont des modèles qui posent toujours des alternatives entre deux actions ayant des conséquences létales. Ils sont en général assez discriminants entre certains raisonnements de type utilitariste ou du double effet et peuvent éventuellement faire l'objet d'une programmation logique rationnelle pour des robots ⁽⁴⁾.

Mais le très large échantillon de réponses aux dilemmes posés par des VA sur *Moral Machine*, soit 40 millions de réponses dans 10 langues de la part de millions de personnes de 233 pays ou territoires ⁽⁵⁾, a montré des préférences éthiques globales essentiellement utilitaristes, c'est-à-dire minimisant le nombre de morts mais renonçant au suicide, ainsi que des variations éthiques liées à des traits culturels et institutionnels. Une telle photographie sociologique des réponses moyennes n'est donc pas nécessairement conforme à une programmation logique rationnelle, ce qui pose la question du fondement d'une éthique appliquée dans un contexte démocratique.

Les situations réelles sont cependant plus complexes et comportent des zones « grises » et du flou par rapport aux situations modèles que sont les dilemmes. Il y est davantage question de risques pris et éventuellement partagés pendant un temps court où il faut réagir à chaud. Dès lors, il convient de se pencher sur le problème du traitement par les algorithmes d'IA du robot d'un compromis équilibré entre ce qui est éthiquement justifiable, techniquement possible et légalement défendable (« défendable » et non « permis » : enfreindre le Code de la route n'est pas permis mais il est juridiquement défendable de le faire pour sauver une vie). Le diagramme de la Figure 2, illustre cette recherche d'un compromis équilibré.

FIGURE 2

La recherche d'un compromis entre les dimensions éthique, juridique et technique d'une décision à prendre dans un cas concret d'usage d'un robot et particulièrement d'un VA (d'après Ryan JENKINS ⁽⁶⁾).



(4) TESSIER C., « Conception et usage des robots : quelques questions éthiques », *ibid.*

BONNEMAINS Vincent, SAUREL Claire et TESSIER Catherine, « Embedded Ethics - Some Technical and Ethical Challenges », *Journal of Ethics and Information Technology*, vol. 20, n° 1, mars 2018, p. 41-58.

(5) AWAD Edmond, DSOUZA Sohan, KIM Richard, SCHULZ Jonathan, HENRICH Joseph, SHARIF Azim, BONNEFON Jean-François et RAHWAN Iyad, « The Moral machine experiment », *Nature*, 24 octobre 2018.

(6) JENKINS Ryan, « Autonomous Vehicles Ethics and Law: Toward and Overlapping Consensus », report New America Digital Industries Initiative, septembre 2016 (www.newamerica.org/), 27 pages.

Réflexions en cours sur l'éthique du véhicule autonome

Sur l'éthique du VA en particulier, les publications scientifiques et techniques dépassent largement la dizaine ⁽⁷⁾ et plusieurs pays ont déjà émis des recommandations dans des documents officiels.

Aux États-Unis, le ministère des Transports (*DoT*) et l'autorité fédérale sur la sécurité du trafic autoroutier (*NHTSA*) ont publié en 2016 un document ⁽⁸⁾ dont un paragraphe (§11 *Ethical Considerations*, p. 26) est consacré aux aspects éthiques. Il y est stipulé en particulier que « les algorithmes de résolution de situations conflictuelles [entre des objectifs de sécurité, de mobilité et de légalité] devront être développés de manière transparente à partir des demandes des autorités réglementaires fédérale et étatique, des conducteurs et des passagers et des usagers vulnérables de la route, en prenant en compte les conséquences des actions d'un véhicule hautement automatisé ».

Au niveau de l'Union européenne, le Parlement européen consacre plusieurs articles aux VA dans sa résolution du 16 février 2017 ⁽⁹⁾. En particulier, il « attire l'attention sur le fait que le délai de réaction du conducteur en cas de reprise de contrôle imprévue du véhicule revêt une importance capitale et demande, par conséquent, aux acteurs concernés de prévoir des valeurs réalistes qui seront déterminantes pour les questions relatives à la sécurité et à la responsabilité » et il « estime nécessaire d'envisager de modifier certains accords internationaux tels que la Convention de Vienne du 8 novembre 1968 sur la circulation routière et la Convention de La Haye du 4 mai 1971 sur la loi applicable en matière d'accidents de la circulation routière ». De plus un avis du Comité économique et social européen (CESE), organe consultatif de l'UE représentant les organisations de la société civile des États-membres, adopté en séance plénière le 5 juillet 2017 ⁽¹⁰⁾, souligne que « l'introduction et le déploiement

(7) JENKINS R., *ibid.*

GOODALL Noah Joseph, « Machine ethics and automated vehicles » in MEYER Gereon et BEIKER Sven (dir.), *Road Vehicle Automation*, Springer, 2014, p. 93-102 ; GOODALL N.J., « Ethical Decision Making During Automated Vehicle Crashes », *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, n° 2424, décembre 2014, *Transportation Research Board of the National Academies*, p. 58-65.

SANDBERG Anders et BRADSHAW-MARTIN Heather, « La Voiture Autonome et ses implications morales » (traduit de l'anglais par Mona GÉRARDIN-LAVERGE), *Multitudes*, vol. 2015/1, n° 58, p. 62-68 (www.cairn.info/).

HEVELKE Alexander et NIDA-RÜMELIN Julian, « Responsibility for Crashes of Autonomous Vehicles: an Ethical Analysis », *Science and Engineering Ethics*, vol. 21, n° 3, juin 2015, p. 619-630 (<https://link.springer.com/>).

LIN Patrick, « Why Ethics Matters for Autonomous Cars » & GERDES J. Christian et THORNTON Sarah M., « Implementable Ethics for Autonomous Vehicles » in MAURER Markus, GERDES J.C., LENZ Barbara et WINNER Hermann (dir.), *Autonomes Fahren - Technische, rechtliche und gesellschaftliche Aspekte*, Springer, 2015, p. 69-85 et p. 87-102 (<https://link.springer.com/content/pdf/10.1007%2F978-3-662-45854-9.pdf>).

BONNEFON Jean-François, SHARIEF Azim et RAHWAN Iyan, « The Social Dilemma of Autonomous Vehicles », *Science*, vol. 352, n° 6293, 24 juin 2016, p. 1573-1576.

THORNTON Sarah M., PAN Selina, ERLIEN Stephen M. et GERDES J. Christian, « Incorporating Ethical Considerations into Automated Vehicle Control », *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, vol. 18, n° 6, 2017, p. 1429-1439 (<https://ieeexplore.ieee.org/document/7588150>).

(8) US DEPARTMENT OF TRANSPORT (DoT) et NATIONAL HIGHWAY TRAFFIC SAFETY ADMINISTRATION (NHTSA), *Federal Automated Vehicles Policy—Accelerating the Next Revolution in Roadway Safety*, septembre 2016, 116 pages (www.transportation.gov/AV/federal-automated-vehicles-policy-september-2016).

(9) PARLEMENT EUROPÉEN, *Résolution contenant des recommandations à la Commission Européenne (2015/2103(INL))*, 16 février 2017 (www.europarl.europa.eu/).

(10) KYLÄ-HARAKKA-RIJOLANA Tellervo (rapporteur), *Les conséquences de la numérisation et de la robotisation des transports sur l'élaboration des politiques de l'UE*, CESE, avis d'initiative adopté le 5 juillet 2017 (www.eesc.europa.eu/).

Peut-on élaborer
une politique éthique du véhicule autonome ?

de transports sans pilote et autonomes soulèvent également la question des règles de circulation, et notamment celles ayant trait aux aspects éthiques », et qu'« il convient d'harmoniser les règles de circulation au sein du marché intérieur avec pour visée une harmonisation accrue au niveau international ».

En Allemagne, une Commission fédérale sur l'éthique de la conduite automatisée et connectée a été mise en place le 30 septembre 2016 par le ministère fédéral des Transports et des Infrastructures digitales (*BMVI*). Il s'agit d'une commission interdisciplinaire d'experts ayant pour mission d'« élaborer les principes directeurs éthiques nécessaires à la conduite automatisée et connectée ». Elle a publié un premier rapport édictant des « règles éthiques » assorti d'une bibliographie assez exhaustive des travaux académiques sur l'éthique du véhicule autonome ⁽¹¹⁾. Cinq des vingt règles portent spécifiquement sur les situations de dilemmes en cas d'accident inévitable de véhicules entièrement automatisés.

En France, le plan Nouvelle France Industrielle (NFI) sur la mobilité écologique et le véhicule autonome, ainsi que la Plateforme de la filière automobile et mobilité (PFA) travaillent déjà avec le ministère des Transports sur l'évolution du contexte juridique de la conduite automatisée en termes de responsabilité civile ou pénale. Quelques études portant sur les aspects éthiques des VA face à des dilemmes sont menées dans le cadre de recherches académiques :

- i) projet de l'Agence nationale de la recherche (ANR) Ethicaa ⁽¹²⁾,
- ii) travaux de Jean-François Bonnefon de la *Toulouse School of Economics* avec le *MIT* ⁽¹³⁾,
- iii) travaux du Laboratoire *ETHICS (Ethics on experiment, Transhumanism, Human Interactions, Care & Society)* de l'Université catholique de Lille ⁽¹⁴⁾,
- iv) projet ANR AVEthics sous la direction d'Ebru DOĞAN de l'Institut Vedecom (Institut du véhicule décarbonné et communicant et de sa mobilité) ⁽¹⁵⁾.

Parallèlement, la Commission de réflexion sur l'éthique de la recherche en sciences et technologies du numérique de l'alliance Allistene (Cerna), qui rassemble tous les organismes de publics de recherche spécialisés (INRIA, CNRS, CEA, Institut Mines-Telecom, Universités, Grandes écoles), a publié deux rapports sur l'éthique

(11) *BUNDESMINISTERIUM FÜR VERKEHR UND DIGITALE INFRASTRUKTUR (BMVI)*, « III. Ethische Regeln für den automatisierten und vernetzten Fahrzeugverkehr » [Règles éthiques pour la circulation des véhicules automatisés et connectés], *Automatisiertes und Vernetztes Fahren*, juin 2017 (www.bmvi.de/).

(12) BONNEMAINS V., SAUREL C. et TESSIER C., « Embedded Ethics - Some Technical and Ethical Challenges », *op. cit.*

(13) AWAD E., DSOUZA S., KIM R., SCHULZ J., HENRICH J., SHARIF A., BONNEFON J.-F. et RAHWAN I., « The Moral machine experiment », *op. cit.*

BONNEFON J.-F., SHARIF A. et RAHWAN I., « The Social Dilemma of Autonomous Vehicles », *op. cit.*

(14) DOAT David, ROMANIUC Rustam et VAILLANT Nicolas, « Quelle éthique pour la voiture autonome ? », *La Tribune*, 12 mars 2017 (www.latribune.fr/) ; 2100 : *Big Data, intelligence artificielle, transhumanisme. Prospective et éthique aux frontières de l'inconnu* (actes de colloque), Université catholique de Lille, 13-14 mars 2017, p. 45.

(15) DOĞAN Ebru, CHATILA Raja, CHAUVIER Stéphane, EVANS Katherine, HADJIXENOPHONTOS Petria et PERRIN Jérôme, « Ethics in the Design of Automated Vehicles: the AVEthics Project », *Proceedings of the workshop on Ethical Design of Intelligent Agents (EDIA) in the European Conference on Artificial Intelligence*, 31 août 2016.

Peut-on élaborer
une politique éthique du véhicule autonome ?

de la recherche en robotique ⁽¹⁶⁾ et sur l'éthique de la recherche en apprentissage-machine ⁽¹⁷⁾ en mentionnant le cas des VA.

Enfin, au plan international, l'*Institute for Electrical and Electronics Engineers (IEEE)* a lancé en 2015 une « *Global Initiative for Ethical Considerations in Artificial Intelligence and Autonomous Systems* ». Un document de travail évolutif a été mis en ligne et plusieurs propositions de standards sont en chantier avec des groupes de travail ouverts dont trois propositions (*P7000*, *P7001* et *P7007*) sont pertinentes pour les véhicules autonomes ⁽¹⁸⁾.

Éthique et statut juridique des robots autonomes

Bien que l'éthique vise une justification des actes et de leurs intentions alors que le droit vise une permission ou une sanction des actes eux-mêmes, il faut articuler l'une et l'autre. À ce propos, certains juristes veulent conférer une personnalité juridique aux robots ce qui suscite une intense polémique.

Ainsi, le rapport du Parlement européen du 16 février 2017 sur la mise en place de règles de droit civil relatives à la robotique et l'IA propose « la création d'une personnalité juridique spécifique aux robots », laquelle impliquerait que les robots pourraient être tenus pour civilement responsables des dommages qu'ils causeraient. Cela permettrait de considérer les robots autonomes les plus sophistiqués « comme des personnes électroniques dotées de droits et de devoirs bien précis, y compris celui de réparer tout dommage causé à un tiers ». Le rapport considère comme une personne électronique « tout robot qui prend des décisions autonomes de manière intelligente ou qui interagit de manière indépendante avec des tiers ». Il s'agirait ensuite de mettre en place un « régime d'assurance obligatoire en vertu duquel, les fabricants ou les propriétaires de robots seraient tenus de contracter une police d'assurance couvrant les dommages potentiels causés par les robots ».

Mais dans son avis sur l'IA du 31 mai 2017 ⁽¹⁹⁾ le CESE s'oppose formellement à la mise en place d'une forme de personnalité juridique pour les robots ou l'IA pour deux principales raisons. Le CESE pointe d'abord, le « risque moral inacceptable » inhérent à une telle démarche. « Si cette proposition se concrétise, les effets correctifs préventifs découlant du droit de la responsabilité civile disparaîtront dès lors que le fabricant n'assumera plus le risque de responsabilité, celui-ci ayant été transféré au robot (ou au système d'IA) ». Autrement dit, sachant qu'ils ne seraient pas tenus pour

(16) CERNA, *Éthique de la recherche en robotique*, novembre 2014, 63 pages (http://cerna-ethics-allistene.org/digitalAssets/38/38704_Avis_robotique_livret.pdf).

(17) CERNA, *Éthique de la recherche en apprentissage-machine* (édition provisoire), juin 2017, 33 pages (<http://cerna-ethics-allistene.org/>).

(18) INSTITUTE FOR ELECTRICAL AND ELECTRONICS ENGINEERS (IEEE), *Ethically Aligned Design (v1, December 2016)* ; *P7000 - Model Process for Addressing Ethical Concerns During System Design* ; *P7001 - Transparency of Autonomous Systems* ; *P7007 - Ontological Standard for Ethically Driven Robotics and Automation Systems* (<https://standards.ieee.org/industry-connections/ec/autonomous-systems.html>).

(19) MULLER Catelijne (rapporteur) : *L'intelligence artificielle – Les retombées de l'intelligence artificielle pour le marché unique (numérique), la production, la consommation, l'emploi et la société*, adopté le 31 mai 2017, CESE (www.eesc.europa.eu/fr/our-work/opinions-information-reports/opinions/lintelligence-artificielle).

responsables en cas d'incidents, les fabricants pourraient prendre plus de risques. Le CESE craint, en outre, « le risque d'utilisation impropre et d'abus d'une telle forme juridique » si les incidents dus à une mauvaise utilisation peuvent être systématiquement imputés à l'IA ou au robot intelligent par son propriétaire.

Pistes pour l'élaboration d'une politique éthique du véhicule autonome

On analyse ici les caractéristiques propres des véhicules autonomes, en fonction de leurs usages dans leur environnement et leur écosystème, dans le but de construire une politique éthique du véhicule autonome qui soit à la fois pertinente, pragmatique, cohérente et articulée avec son volet juridique et réglementaire, dans un contexte français, européen et international.

Les véhicules autonomes sont des robots particuliers

Tout d'abord, contrairement aux robots spécialisés dans d'autres secteurs d'application (aéronautique, défense, chirurgie, production industrielle, surveillance), les véhicules autonomes ne sont pas utilisés par des experts mais par des non-spécialistes.

De plus, ils sont immergés dans un environnement ouvert (routes, villes) et de plus en plus complexe, en interaction avec de nombreux autres agents, qu'il s'agisse des autres véhicules (voitures, bus, véhicules utilitaires ou industriels, automatisés ou non) et de leurs occupants, de personnes aux moyens de locomotion plus « doux » mais aussi plus vulnérables (piétons, cyclistes), d'animaux, de végétation, d'obstacles naturels, d'objets divers et d'infrastructures sur ou le long des voies de circulation.

Par ailleurs, toutes les parties prenantes de l'écosystème de la mobilité sont concernées par l'usage des véhicules autonomes : conducteurs et usagers des véhicules, autres utilisateurs de la route, constructeurs automobiles, compagnies d'assurances, exploitants de flottes de transport public, gestionnaires d'infrastructures, autorités locales et autorités réglementaires, etc.

Enfin, les êtres humains sont présents à la fois à l'extérieur et à l'intérieur du véhicule autonome robotisé, de sorte qu'est remise en question la 3^e « loi de la robotique » d'Asimov * dans la mesure où celle-ci induit que le robot doit se sacrifier en dernière instance en cas de risque légal pour un être humain. En effet, le robot-véhicule a lui-même « charge d'âme » puisqu'il emporte en son sein des personnes qui lui confient leur sécurité.

Perception, décision, action et IA des véhicules autonomes

Un véhicule autonome peut être caractérisé par quatre champs fonctionnels dans un environnement routier dynamique et un contexte comportant d'autres agents parfois imprévisibles dans des conditions engendrant des incidents :

- perception et localisation dans l'environnement routier dynamique par de multiples capteurs ;

Peut-on élaborer une politique éthique du véhicule autonome ?

* Les trois lois de la robotique ⁽²⁰⁾

Formulées par l'écrivain de science-fiction Isaac ASIMOV, ce sont des règles auxquelles tous les robots qui apparaissent dans ses romans doivent obéir :

1. Un robot ne peut porter atteinte à un être humain, ni, en restant passif, permettre qu'un être humain soit exposé au danger.
2. Un robot doit obéir aux ordres qui lui sont donnés par un être humain, sauf si de tels ordres entrent en conflit avec la première loi.
3. Un robot doit protéger son existence tant que cette protection n'entre pas en conflit avec la première ou la deuxième loi.

- compréhension de la scène, reconnaissance et valorisation des objets et agents observés par des algorithmes d'apprentissage ;
- décision et planification de trajectoire et de vitesse instruites par des règles codées ou apprises ;
- action et contrôle dans l'environnement routier dynamique par des actionneurs et des algorithmes de pilotage.

Ces champs fonctionnels dépendent évidemment l'un de l'autre. Si la perception est mauvaise et entraîne un défaut de reconnaissance et d'identification d'agents sur la route, la décision prise par le véhicule pourra être jugée contraire aux principes éthiques à cause de ce défaut de perception. À l'autre bout de la chaîne fonctionnelle, une défaillance des actionneurs et du contrôle dans l'environnement dynamique rencontré pourra entraîner une action non conforme à la décision, fut-elle prise selon un principe éthique.

En ce qui concerne le type d'algorithmes développés et mis en œuvre au sein de l'IA du véhicule dans les champs de la perception et de la décision, il convient, sans rentrer dans le détail, de distinguer au premier abord les méthodes déterministes, dont la chaîne causale peut être retracée, des méthodes d'apprentissage-machine dont la performance évolue et s'améliore en fonction des données d'apprentissage. Ces dernières ont récemment fait des progrès spectaculaires dus tant à la croissance des puissances de calcul et à la capacité de traiter des données massives d'apprentissage, qu'aux méthodes algorithmiques

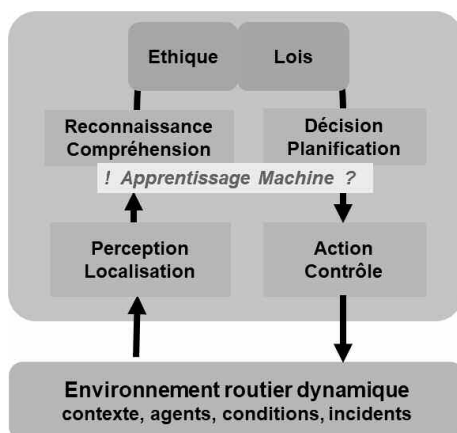


FIGURE 3

Diagramme fonctionnel pour un véhicule autonome et positionnement de la question sur le rôle de l'apprentissage-machine dans les algorithmes d'IA.

(20) HEUDIN Jean-Claude, *Les 3 lois de la robotique. Faut-il avoir peur des robots ?*, Science-eBook, 2014, 130 pages.

mis en œuvre utilisant des réseaux de neurones multicouches. Parmi les méthodes d'apprentissage-machine, on distingue :

- L'**apprentissage supervisé** où les données utilisées sont « annotées » préalablement par des « experts ».
- L'**apprentissage non-supervisé** où aucun expert n'est requis pour annoter les données de sorte que l'algorithme découvre par lui-même la structure des données.
- Et l'**apprentissage par renforcement** dont le but est d'apprendre, à partir d'expériences, ce qu'il convient de faire dans différentes situations.

Quant à l'apprentissage profond, il désigne la mise en œuvre de réseaux de neurones multicouches, récurrents ou convolutifs, qui augmentent considérablement la performance de l'apprentissage ⁽²¹⁾.

Dans le champ de la perception des véhicules autonomes, les méthodes d'apprentissage-machine supervisé et profond sont devenues incontournables. Ce sont elles qui ont fait le succès de sociétés comme MobilEye dans le domaine de la perception par caméra.

Dans le champ de la décision, en revanche, l'alternative entre méthodes déterministes et méthodes par apprentissage est encore ouverte car il en va de la traçabilité et de l'explicabilité de la décision prise, et donc de la recherche de la responsabilité en cas d'accident. De ce point de vue, les méthodes déterministes doivent être privilégiées *a priori*. Néanmoins, on pourrait imaginer que le véhicule apprenne à réagir « éthiquement » au mieux en exploitant des algorithmes d'apprentissage supervisé ou par renforcement entraînés sur une base de données de décisions prises dans des situations simulées de dilemmes. Mais cela supposerait que ces données soient « annotées » du point de vue éthique par des experts, et cela renvoie *in fine* aux principes éthiques adoptés et à la sélection des experts.

Des réponses éthiques en fonction du contexte d'usage et du temps de réaction

La première réponse éthique à apporter aux risques que comporte la conduite autonome est de garantir que la sécurité des occupants du véhicule et des passagers dans les conditions d'usage autorisées sera améliorée par rapport à une conduite manuelle. C'est la raison pour laquelle l'introduction des véhicules autonomes se fera progressivement en fonction :

- du niveau d'automatisation du véhicule ⁽²²⁾ (Figure 4),
- de la vitesse maximale du véhicule,
- de la complexité de l'environnement et du degré d'ouverture des voies de circulation.

(21) CERNA, Éthique de la recherche en apprentissage-machine, *op. cit.*

(22) Selon la classification officielle proposée par la *Society of Automotive Engineers (SAE)* dans le standard international SAE J3016 : *Taxonomy and Definitions for Terms Related to Driving Automation Systems for On-Road Motor Vehicles* (http://standards.sae.org/j3016_201609/) qui a été adopté par l'Organisation internationale des constructeurs automobiles (OICA).

Peut-on élaborer
une politique éthique du véhicule autonome ?

En effet, c'est la combinaison de ces paramètres et éléments de contexte qui déterminera le niveau de risque accidentel associé à l'usage des véhicules autonomes. De plus, la prise de décision du véhicule autonome et sa réponse en termes de planification de trajectoire et de contrôle dépendront du temps restant avant la collision, c'est-à-dire du temps alloué à la réaction.

Niveau	Nom	Contrôle volant, accélération / décélération...	Surveillance de l'environnement de conduite	Reprise de la conduite dynamique si besoin	Capacité du système (situations de conduite)
0	Aucune automatisations	Conducteur	Conducteur	Conducteur	Toutes les situations
1	Assistance à la conduite	Conducteur + assistance	Conducteur	Conducteur	Quelques situations
2	Automatisation partielle	Système	Conducteur	Conducteur	Quelques situations
Le système de conduite automatisé surveille l'environnement de conduite					
3	Automatisation conditionnelle	Système	Système	Conducteur	Quelques situations
4	Automatisation élevée	Système	Système	Système	Quelques situations
5	Automatisation complète	Système	Système	Système	Toutes les situations

FIGURE 4 : Définition des niveaux d'automatisation des VA selon le standard international SAE J3016

La Figure 5 illustre la criticité de la prise de décision en fonction des trois paramètres que nous avons inventoriés.

À très faible vitesse (< 30 km/h), devant une scène potentiellement accidentogène mais sans risque léthal, et avec un temps avant la collision de plusieurs secondes, la réaction la plus sûre sera sans doute de respecter le Code de la route, ralentir et freiner, par une prise de décision selon une méthode déterministe. Dans ce cas, il n'y a pas à proprement parler de dilemme éthique : il s'agit simplement de bien conduire comme le ferait un conducteur agissant rationnellement. Autrement dit, la sécurité l'emporte sur les considérations éthiques.

En revanche, dans une situation d'urgence à vitesse élevée, où le temps de réaction est trop court et la situation trop complexe pour se réduire à un simple cas d'école susceptible d'être traité selon une programmation logique rationnelle, un algorithme de prise de décision rapide combinant perception, valorisation éthique des agents et des obstacles (selon une échelle et une métrique définies *a priori*), et analyse des risques sera nécessaire pour réagir et adapter en temps réel la trajectoire et vitesse du véhicule. La question proprement éthique concernant l'algorithme portera alors sur

la valorisation éthique des agents et des obstacles, et sur l'acceptabilité du risque pour les occupants du véhicule comme pour les agents extérieurs.

À propos de la notion de valorisation ou de métrique éthique, il convient ici de mentionner que parmi les vingt règles proposées par la Commission allemande sur l'éthique de la conduite automatisée et connectée ⁽²³⁾, la règle n° 9 stipule que « lors d'un risque d'accident, il est interdit de trancher selon des caractéristiques personnelles ». Autrement dit, la programmation de la décision du VA ne devrait pas distinguer entre un enfant, une personne âgée, un homme ou une femme même si ses capacités de perception et d'apprentissage lui permettent de les reconnaître. C'est un point qui peut mériter discussion.

Des outils de simulation numérique

La complexité des cas d'usage et des dilemmes possibles, et l'impossibilité de tester les réponses des véhicules dans des situations réelles, compte tenu de leur dangerosité, suppose de recourir à des mises en scène et à des tests des algorithmes par simulation numérique dans ce que l'on appelle des « jeux sérieux » (*serious games*), notion qui englobe tous les jeux vidéo qui s'écartent du seul divertissement.

Or, on peut constater des progrès majeurs dans la qualité de la simulation d'environnements dynamiques dans les jeux vidéo et les simulateurs de conduite. On commence aussi à produire des modules spécifiques de modélisation et de simulation de fonctions d'un véhicule automatisé. Il peut s'agir de la perception par un capteur (radars, lidars, etc.) ou du contrôle de véhicule : suivi de marquage ou de voie, régulation de vitesse, évitement d'obstacle, ou changement de voie. Cependant, on ne dispose pas encore d'un environnement complet de modélisation à même de simuler le comportement d'un véhicule totalement autonome, c'est-à-dire entièrement robotisé, dans un environnement dynamique complexe en interaction avec divers agents, de manière la plus réaliste possible.

Pour ce qui concerne le véhicule autonome, il s'agit, comme indiqué au §2.2, de développer des algorithmes constituant un sous-module d'éthique artificielle dans le champ fonctionnel de la décision, et de l'intégrer dans un environnement logiciel couvrant les divers champs de modélisation :

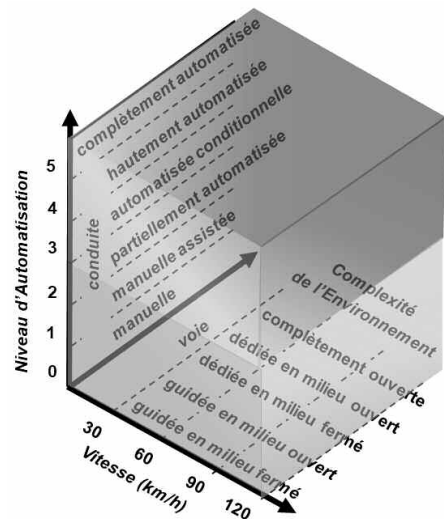


FIGURE 5 : Illustration de la criticité des algorithmes de décision éthique pour un VA en fonction du niveau d'automatisation (≥ 3), de la vitesse et de la complexité de l'environnement

(23) BMVI, *Automatisiertes und Vernetztes Fahren*, op. cit.

Peut-on élaborer
une politique éthique du véhicule autonome ?

- environnement routier dynamique avec ses agents générant des incidents,
- perception et localisation,
- reconnaissance et compréhension,
- décision, instruite par les aspects éthique et juridique, et planification,
- action et contrôle.

Une fois mis au point, un tel outil pourra servir de test des réactions du véhicule en fonction du type d'algorithme de prise décision éthique, des paramètres de la valorisation éthique des agents et des obstacles, et des seuils de risques acceptables. Il pourra aussi servir d'outil d'aide à la décision pour des non-spécialistes amenés à juger du bien-fondé et de l'acceptabilité de ces algorithmes en visualisant les scènes et les conséquences de tel ou tel choix technique. Il pourra aussi être utilisé comme moyen de formation des ingénieurs et concepteurs d'algorithmes au sein des entreprises.

Éthique artificielle des VA et niveaux de responsabilité

Construire une politique éthique du VA acceptable et justifiable socialement, défendable juridiquement et techniquement pertinente (cf. §1.3) suppose de travailler à différents niveaux : philosophie, intelligence artificielle, droit, psychologie sociale et chaque niveau doit mobiliser les acteurs responsables pertinents.

- Les **constructeurs et équipementiers automobiles** sont responsables de la qualité de la perception, de la prise de décision et du contrôle du VA. Ils ont la charge de mettre au point et valider les algorithmes d'éthique artificielle dans l'IA des véhicules et de fournir, le cas échéant, une traçabilité de la décision prise par le véhicule (d'où la question importante de l'alternative entre méthodes déterministes et méthodes d'apprentissage, cf. §2.2). Mais ceci suppose que ces algorithmes soient construits selon des normes et des standards à définir et certifiés par des organismes indépendants.

- Les **utilisateurs ou les exploitants des véhicules** sont responsables du respect des conditions dans lesquelles les véhicules peuvent être opérés en mode automatique. Si ces conditions sont respectées, les utilisateurs ne sont pas responsables de la prise de décision du véhicule autonome face à un dilemme éthique. Néanmoins la question a été posée de savoir si le profil éthique de l'IA du véhicule ne pourrait pas être ajusté parmi différentes options plus ou moins égoïstes ou altruistes ⁽²⁴⁾. Dans ce cas, la responsabilité de l'utilisateur ou de l'exploitant du VA serait évidemment engagée en cas d'accident. Mais on peut aussi estimer que le simple fait de prendre le risque d'utiliser ou opérer un véhicule en mode automatique implique une responsabilité par rapport à la probabilité résiduelle d'accident ⁽²⁵⁾. Quoi qu'il en soit, il convient sans

(24) JENKINS R., « Autonomous Vehicles Ethics and Law: Toward and Overlapping Consensus », *op. cit.*

(25) HEVELKE A. et NIDA-RÜMELIN J., « Responsibility for Crashes of Autonomous Vehicles: an Ethical Analysis », *op. cit.*

Peut-on élaborer
une politique éthique du véhicule autonome ?

doute comme le propose Ryan JENKINS ⁽²⁶⁾ d'établir un plancher éthique commun et de l'assortir d'un principe de subsidiarité ⁽²⁷⁾ quant à son application régionale.

• **Les parties prenantes de l'écosystème de la mobilité** : constructeurs et équipementiers automobiles, usagers et exploitants des VA, autres usagers de la route, gestionnaires d'infrastructures, compagnies d'assurances, collectivités territoriales, autorités réglementaires, etc., sont responsables de la validation *a priori* et *a posteriori* des réponses éthiques à apporter à des dilemmes. Certaines des orientations prises pourront dépendre du contexte culturel et régional selon le principe de subsidiarité. Il s'agira alors d'articuler spécifications techniques internationales et adaptations locales.

Le tableau de la Figure 6 reprend les responsabilités des acteurs à chaque niveau, les alternatives et les questions posées quant à la prise de décision du VA.

Acteur	Responsabilité	Alternative	Question posée	Besoin
Constructeur du VA	Conformité technique Traçabilité/explicabilité de la prise de décision	Approche déterministe : logique formelle et métrique éthique des obstacles et des agents Apprentissage machine des réactions éthiques : entraînement de l'algorithme sur un corpus de scènes et de réactions simulées.	Comment traiter les situations dynamiques complexes en dehors des dilemmes connus ? Comment garantir le caractère éthique des données et de l'entraînement ?	Définir des standards et des normes et des procédures de certification des algorithmes d'IA
Utilisateur/exploitant	Usage approprié du VA en conformité avec la réglementation et les spécifications	Liberté de sélectionner le « profil éthique » du VA => responsabilité de l'utilisateur Unicité du profil éthique du VA par construction => responsabilité du constructeur	Comment prendre en compte les spécificités régionales, culturelles ou religieuses sans renoncer à l'universalité de l'éthique?	Établir un plancher éthique commun et un principe de subsidiarité
Écosystème de la mobilité	Définition et validation du profil éthique du VA acceptable par toutes les parties prenantes de l'écosystème de la mobilité	Débat entre éthiques déontologistes, conséquentialistes ou des vertus Approche procédurale de construction d'un consensus	Comment minimiser le pire dommage qui pourrait arriver aux usagers de la route les plus vulnérables ? Comment fournir une information pertinente à des non-spécialistes en robotique et IA ?	Disposer d'outils communs de représentation et de simulation pour des jeux sérieux et des tests de VA

FIGURE 6 : Niveaux de responsabilité, alternatives techniques et éthiques et questions posées pour construire une politique éthique du VA

(26) JENKINS R., « Autonomous Vehicles Ethics and Law: Toward and Overlapping Consensus », *op. cit.*

(27) Le principe de subsidiarité stipule qu'une responsabilité doit être prise par le plus petit niveau d'autorité publique compétent pour résoudre le problème. Ce principe qui trouve son origine dans la doctrine sociale de l'Église catholique est une règle de répartition des compétences entre l'Union européenne et ses États-membres. En l'occurrence pour une politique éthique du VA, le niveau européen ou international s'impose quant aux principes méta-éthiques et aux méthodes de construction des algorithmes d'IA, mais le niveau local est plus pertinent quant à la fréquence d'occurrence de certains dilemmes, ou bien la valorisation éthique de dispositifs culturels ou religieux, voire de certains agents (on pense ici par exemple aux vaches sacrées en Inde).

Peut-on élaborer une politique éthique du véhicule autonome ?

Mobiliser ces acteurs et mettre en place un processus adapté de discussion, de validation et de certification des algorithmes suppose de constituer des comités techniques et éthiques *ad hoc*, en garantissant leur expertise et leur représentativité, et en mettant à leur disposition des outils partagés d'aide à la décision.

Recommandations et propositions

Fédérer l'écosystème de la mobilité en France sur l'éthique du VA

Le plan NFI sur le Véhicule autonome et la PFA ont déjà validé la proposition de créer un groupe de travail pour l'élaboration d'une « politique éthique du véhicule autonome ». C'est un bon point de départ mais il faudrait y associer des instances représentatives des autres usagers de la route, des gestionnaires d'infrastructures, des compagnies d'assurances, des collectivités territoriales et des autorités réglementaires pour impliquer tout l'écosystème de la mobilité. Le plan NFI et l'institut Vedecom sont certainement des cadres propices à cette ouverture.

Il faudrait aussi évaluer la pertinence de solliciter les avis d'une commission ou d'un comité national d'éthique comprenant des personnalités qualifiées de la société civile, à l'instar de la Commission fédérale sur l'éthique de la conduite automatisée et connectée constituée en Allemagne ⁽²⁸⁾. Ce comité pourrait d'ailleurs constituer un groupe de travail sectoriel, aux côtés d'autres comités sectoriels pour la médecine, la défense ou encore d'autres champs d'application, au sein d'un futur comité national d'éthique qui couvrirait le champ du numérique, de la robotique et de l'IA conformément aux recommandations du rapport de Cédric VILLANI ⁽²⁹⁾.

Partager des travaux de recherche

Plusieurs sujets de recherche académique et des travaux de développement scientifique et technique concernant l'éthique du véhicule autonome pourraient et devraient être partagés entre tous les acteurs de l'écosystème de la mobilité. Il s'agit en particulier des recherches en sciences humaines et sociales (philosophie, psychologie, sociologie...), de recherches en IA sur les méthodes déterministes ou d'apprentissage, et, de manière très concrète, du développement d'un outil de simulation numérique pour tester par jeu sérieux les réactions de véhicules autonomes face à des dilemmes. Ceci afin de constituer un corpus de travaux pour alimenter le groupe de travail qui pourrait élaborer des propositions de normes et de standards.

Articuler éthique, droit et réglementation du VA

Bien que l'éthique ne se réduise pas à la question juridique de la responsabilité, il est indispensable de faire dialoguer entre eux le groupe de travail sur la politique

(28) *BMVI, Automatisiertes und Vernetztes Fahren, op. cit.*

(29) VILLANI Cédric (dir.), *Donner un sens à l'intelligence artificielle : pour une stratégie nationale et européenne*, mars 2018, rapport de mission parlementaire confiée par le Premier ministre Édouard Philippe, p. 22 (www.ladocumentationfrancaise.fr/var/storage/rapports-publics/184000159.pdf).

Peut-on élaborer
une politique éthique du véhicule autonome ?

éthique du VA, en cours de constitution, et les groupes de travail déjà en fonction depuis quelques années sur les questions juridiques, en particulier au sein du CSTA (Comité de standardisation technique automobile) de la PFA. Il s'agit d'élaborer des directives et un cadre réglementaire pour la robotique et l'IA appliquées à l'automobile.

Promouvoir une éthique de la robotique et de l'IA dans l'entreprise

Dans quasiment toutes les grandes entreprises et les organismes publics de recherche, des codes ou des chartes de déontologie ou d'éthique sont maintenant soumis aux employés qui doivent s'engager à les respecter. Il faudrait compléter cette démarche par des formations à l'éthique de la robotique et de l'IA, par des règles internes de comportement et par des possibilités de recours pour les chercheurs, les ingénieurs et opérateurs en prise avec des problématiques éthiques de développement ou d'utilisation de robots et d'algorithmes d'IA, et plus particulièrement de VA. L'IEEE recommande d'ailleurs que cette fonction soit assumée au plus haut niveau : « *Companies need to create roles for senior level marketers, ethicists or lawyers who can pragmatically implement ethically aligned design* »⁽³⁰⁾ (p. 41).

Être force de proposition en Europe et au niveau international

Les travaux menés au niveau français devraient être relayés par des discussions et des propositions à l'échelle européenne et internationale. Plusieurs canaux peuvent être utilisés parallèlement :

- Échanges bilatéraux entre le plan NFI sur le VA et ses homologues nationaux (Allemagne, Royaume-Uni, Italie, Pays-Bas, Espagne, Suède...).
- Projets collaboratifs européens et plateformes ERTRAC (www.ertrac.org) et ERTICO (www.ertico.com).
- *Trilateral Automation in Road Transportation Working Group (EU-USA-Japan ITS Cooperation)*⁽³¹⁾.
- Groupes de travail de l'IEEE sur les propositions de standards⁽³²⁾.

*
**

Le schéma de la Figure 7 essaie de synthétiser les différents enjeux éthiques, juridiques et techniques de la problématique de construction d'une politique éthique du VA en soulignant la dimension collective de sa construction et de son acceptation. L'expérience récente des comités consultatifs d'éthique sur les questions de bioéthique montre que c'est une tâche complexe mais néanmoins indispensable.

(30) IEEE, *Ethically Aligned Design (v1, December 2016)*, op. cit.

(31) Ce groupe de travail « *Trilateral Automation in Road Transportation Working Group* » sous les auspices de la « *EU-US-JPN ITS Cooperation* » se réunit tous les six mois lors de conférences internationales en Europe, aux États-Unis ou au Japon. Il est piloté pour le Japon par le MLIT (*Ministry of Land, Infrastructure, Transport and Tourism*), pour l'Europe par la Commission européenne et l'agence ERTICO-ITS Europe, et pour les États-Unis par le DoT (*Department of Transport*).

(32) IEEE, *Ethically Aligned Design (v1, December 2016)*, op. cit.

Peut-on élaborer
une politique éthique du véhicule autonome ?

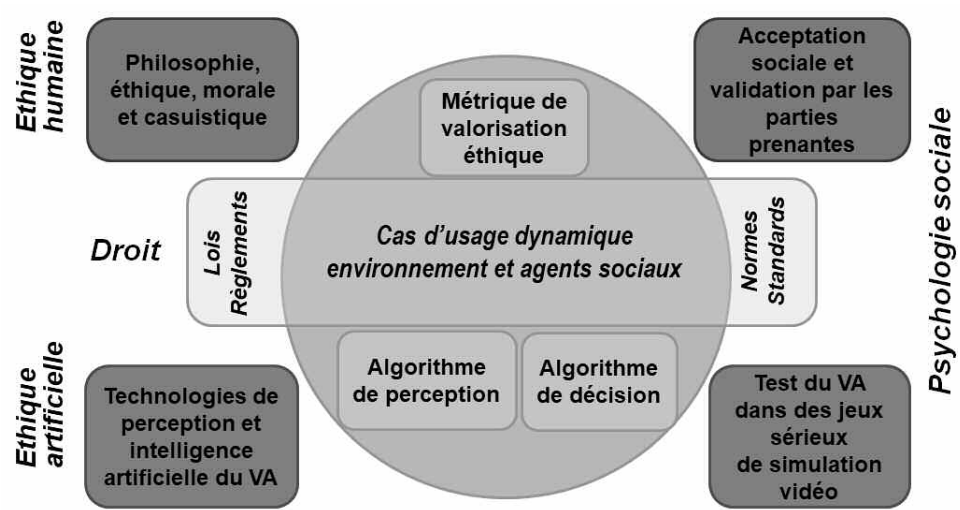


FIGURE 7 : Schéma récapitulatif de la problématique d'une politique éthique du véhicule autonome

Formaliser et mettre en œuvre des cadres éthiques dans un système robotisé

Approche technique et questionnements

Catherine TESSIER *, Vincent BONNEMAINS */** et Claire SAUREL *

* Département traitement de l'information et systèmes de l'Office national d'études et de recherches aérospatiales (Onera/DTIS), Université de Toulouse.

** Institut supérieur de l'aéronautique et de l'Espace (ISAE-SUPAERO), Université de Toulouse.

De nombreux systèmes robotisés équipés de fonctions de calcul de décisions ⁽¹⁾ sont imaginés pour être mis en œuvre dans des contextes où les décisions calculées mettent en jeu des considérations éthiques. Par exemple, un robot d'assistance à domicile doit pouvoir réaliser ses fonctions d'assistance tout en respectant la vie privée de l'utilisateur ; un robot de recherche et sauvetage doit être capable de « hiérarchiser » les victimes ; un véhicule autonome doit préserver l'intégrité de ses passagers ainsi que celle des autres usagers de la route. Dans le domaine militaire, de tels contextes sont multiples et il est nécessaire de se poser la question de l'intégration de considérations éthiques dans des robots qui seront conçus pour être intégrés aux forces, pour remplacer ou aider l'homme.

L'objectif de l'intégration de considérations éthiques parmi les connaissances utilisées par les algorithmes de calcul de décisions est de fournir des éléments de jugement éthique des décisions possibles et d'explication de ces jugements à destination des opérateurs ou utilisateurs du robot. De manière classique en philosophie, le jugement d'une décision peut porter sur l'**agent** qui mettra en œuvre cette décision (éthique des vertus), sur l'**action** résultant de la décision selon qu'elle est en accord ou non avec certains principes (éthique déontologique) ou bien sur les **conséquences** de la mise en œuvre de la décision (éthique conséquentialiste).

En nous appuyant sur une situation de dilemme, nous donnerons des éléments de formalisme de différents cadres éthiques, en mettant en évidence les choix qui sont à effectuer par le concepteur. Puis, nous analysons les sources de subjectivité et les biais de modélisation inhérents à la démarche. Enfin, nous posons des questions plus générales sur la démarche elle-même de programmation de l'« éthique » dans un robot.

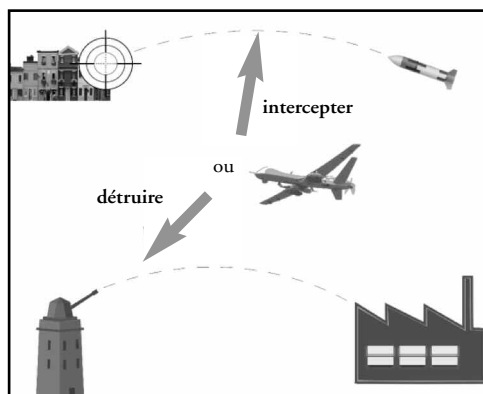
(1) TESSIER Catherine, « Autonomie : enjeux techniques et perspectives » in DOARÉ Ronan, DANET Didier et BOISBOISSEL (DE) Gérard (dir.), *Drones et killer robots : faut-il les interdire ?*, p. 65-77.

Expérience de pensée et formalisation des notions

Imaginons l'expérience de pensée suivante – voir Figure 1 ci-dessous (cet exemple ainsi que le formalisme détaillé ont été publiés dans notre article « *Embedded Ethics—Some Technical and Ethical Challenges* »⁽²⁾ ; voir également « *Machines autonomes “éthiques” : questions techniques et éthiques* »⁽³⁾ pour un autre exemple et des propos en français) : dans le cadre d'un conflit, on sait par renseignement qu'une tourelle ennemie lance-missiles automatisée est programmée pour cibler une usine de munitions amie, de très haute importance stratégique. Un drone autonome armé ami a pour objectif de détruire cette tourelle. Or, avant que le drone n'ait atteint son objectif, un missile ennemi cible un hangar de vivres situé à proximité de civils. Les algorithmes embarqués dans le drone calculent que deux décisions sont possibles :

1. Le drone intercepte la trajectoire du missile.
2. Le drone poursuit son objectif de destruction de la tourelle.

Figure 1 (images pixabay)



On peut remarquer qu'aucune des deux décisions possibles n'est satisfaisante, dans la mesure où il y aura toujours un effet négatif :

- si le drone intercepte la trajectoire du missile, il sera détruit ;
- si le drone poursuit son objectif, le missile va détruire le hangar et blesser des civils.

C'est ce qu'on appelle une situation de dilemme. Comment alors concevoir le calcul qui déterminerait l'action à effectuer par le drone et quelles seraient ses limites ?

N.B. : les paragraphes qui suivent sont adaptés de notre article « Mettre l'éthique dans l'algorithme ? » publié sur *Binaire* (blog du journal *Le Monde*) le 12 juin 2018⁽⁴⁾.

(2) BONNEMAINS Vincent, SAUREL Claire et TESSIER Catherine, « *Embedded Ethics - Some Technical and Ethical Challenges* », *Journal of Ethics and Information Technology*, vol. 20, n° 1, mars 2018, p. 41-58.

(3) BONNEMAINS Vincent, SAUREL Claire et TESSIER Catherine, « *Machines autonomes “éthiques” : questions techniques et éthiques* », *Revue française d'éthique appliquée (RFEA)*, vol. 2018/1, n° 5, mai 2018, p. 34-46.

L'approche conséquentialiste

Le jugement des décisions possibles se ferait selon un cadre conséquentialiste, qui suppose de comparer entre elles les conséquences des actions résultant des décisions : l'action jugée acceptable est celle dont les conséquences sont préférées aux conséquences de l'autre action.

Pour ce faire il faut calculer les conséquences des actions possibles, le caractère positif ou négatif des conséquences, et les préférences entre ces conséquences.

Les conséquences de chaque action

On se pose ici la question de la détermination de ces conséquences : considère-t-on les conséquences « immédiates », les conséquences de ces conséquences, ou bien plus loin encore ? De plus, les conséquences pour quelles personnes, et pour quels objets, considère-t-on ? Ensuite, comment prendre en compte les incertitudes sur les conséquences ?

Le concepteur de l'algorithme doit donc faire des choix. Par exemple, il peut poser que les conséquences de l'action « **Intercepter** » sont : {**Drone détruit, Civils indemnes, But non atteint, Usine amie menacée**} et les conséquences de l'action « **Poursuite objectif** » sont : {**Drone indemne, Civils blessés, But poursuivi, Usine amie indemne**}.

Le caractère positif ou négatif d'une conséquence

Si le concepteur choisit par exemple d'établir le jugement selon un utilitarisme positif (le plus grand bien pour le plus grand nombre), les conséquences des actions possibles doivent être qualifiées de « bonnes » (positives) ou « mauvaises » (négatives). Il s'agit d'un jugement de valeur, qui peut dépendre des valeurs promues par la société, la culture, la doctrine ou bien du contexte particulier dans lequel l'action doit être décidée.

Par exemple, on peut considérer la qualification suivante des conséquences :

- Conséquences positives : Drone indemne, Civils indemnes, But poursuivi, Usine amie indemne.
- Conséquences négatives : Drone détruit, Civils blessés, But non atteint, Usine amie menacée.

Les préférences entre les ensembles de conséquences

Comment comparer les deux ensembles de conséquences, dont on constate d'une part, qu'ils comportent tous deux des conséquences positives et négatives, et d'autre part, que ces conséquences concernent des domaines différents : des personnes et des choses ? Faut-il poser des préférences absolues (par exemple, toujours privilégier

(4) TESSIER Catherine, BONNEMAINS Vincent et SAUREL Claire, « Mettre l'éthique dans l'algorithme ? », *Binaire (blog du Monde)*, 12 juin 2018 (<http://binaire.blog.lemonde.fr/2018/06/12/mettre-lethique-dans-lalgorithme/>).

les personnes par rapport aux choses) ou bien susceptibles d'être adaptées selon le contexte ? Ensuite, comment réaliser l'agrégation de préférences élémentaires (entre deux conséquences) pour obtenir une relation de préférence entre deux ensembles de conséquences ?

On peut choisir par exemple de considérer séparément les conséquences positives et les conséquences négatives de chaque action et préférer l'ensemble {Civils indemnes} à l'ensemble {Drone indemne, But poursuivi, Usine amie indemne} et l'ensemble {Drone détruit, But non atteint, Usine amie menacée} à l'ensemble {Civils blessés}.

Compte tenu de ces choix, dont on constate qu'ils sont empreints de subjectivité, le point de vue conséquentialiste préconiserait l'action « Interceptor », puisque ses conséquences (du moins celles qui sont considérées) sont préférées (au sens de la relation de préférence considérée) à celle de l'action « Poursuite objectif ».

L'approche déontologique

Le jugement des décisions possibles se ferait selon un cadre déontologique, qui suppose de juger de la conformité de chaque action possible (par exemple à des principes moraux, une doctrine, un règlement) : une action est jugée acceptable si elle est conforme.

Quelles connaissances utiliser pour calculer un tel jugement ? Une action doit-elle être considérée conforme ou non à des valeurs dans l'absolu ou bien être jugée en fonction du contexte ? Quelles références le concepteur doit-il considérer ? Si on prend un exemple routier, franchir une ligne continue n'est pas conforme au code de la route sauf dans certaines circonstances (par exemple : pour doubler un cycliste sur une route limitée à 50 km/h si la visibilité le permet).

Dans notre exemple et sans information de contexte, on peut choisir de qualifier les deux actions « Interceptor » et « Poursuite objectif » comme conformes dans l'absolu. Le point de vue déontologique ne pourrait alors pas discriminer l'action à réaliser.

La Doctrine du double effet

Selon la Doctrine du double effet, ou DDE, une décision est acceptable si elle respecte trois règles :

1. L'action résultant de la décision doit être conforme à un référentiel moral.
2. Les conséquences négatives ne doivent être ni une fin ni un moyen (elles ne doivent donc pas être souhaitées, ce sont des dommages collatéraux).
3. Les conséquences négatives doivent être proportionnelles aux conséquences positives.

La règle 1 relève du cadre déontologique, donc seules les décisions acceptables selon ce cadre (moyennant les informations de contexte) sont à considérer. Dans notre

exemple, nous avons supposé que les deux actions « Interceptor » et « Poursuite objectif » sont conformes, et donc respectent la règle 1.

En ce qui concerne la règle 2 et la décision d'« Interceptor », c'est le fait négatif {**Drone détruit**} (le sacrifice du drone) qui permet d'obtenir le fait positif {**Civils indemnes**} : la règle 2 n'est donc pas respectée pour cette décision (détruire le drone est une conséquence négative utilisée comme moyen).

Pour la décision de « Poursuite objectif », aucun fait négatif n'est utilisé pour obtenir les conséquences positives. La règle 2 est donc respectée.

La règle 3 introduit la notion de proportionnalité. En ce qui concerne la décision d'« Interceptor », il faut étudier si l'on considère l'ensemble des conséquences jugées négatives {**Drone détruit, But non atteint, Usine amie menacée**} proportionnel à {**Civils indemnes**} ; et pour la décision de « Poursuite objectif », la conséquence {**Civils blessés**} proportionnelle à l'ensemble des conséquences jugées positives {**Drone indemne, But poursuivi, Usine amie indemne**}.

Deux questions sont soulevées ici : l'appréciation, en contexte, de la proportionnalité ; et la manière de définir un critère d'agrégation permettant de calculer une proportionnalité entre ensembles de faits, qui nécessite en outre que des règles de proportionnalité entre faits individuels soient données à l'algorithme.

Hierarchie de valeurs

Le concepteur pourrait également s'affranchir des notions d'action et de conséquence et considérer uniquement des valeurs morales. L'algorithme consisterait alors à choisir quelles valeurs morales privilégier dans la situation considérée, ce qui revient de manière duale à programmer la possibilité de dérogation aux valeurs. Voudrait-on par exemple, pour une voiture autonome, programmer explicitement qu'une infraction au code de la route est envisageable ?

Dans notre exemple, on pourrait choisir de considérer des valeurs morales telles que la **Non atteinte aux personnes**, la **Protection des personnes**, la **Non atteinte aux biens** ou la **Protection des biens**. Comment alors hiérarchiser ces valeurs selon le contexte, c'est-à-dire choisir les valeurs à respecter au détriment d'autres valeurs qui pourraient être transgressées ?

Subjectivité et biais

Nous relevons ici, sans exhaustivité, quelques éléments de modélisation des connaissances qui sont entachés de subjectivité et de biais. Cependant, il est important de noter que toute activité de modélisation de connaissances ou de conception d'algorithmes est colorée par la façon de voir du concepteur. Il est utopique d'envisager une conception qui serait « neutre ». De plus, le domaine d'application porte également ses propres valeurs, que l'on va retrouver dans les connaissances mises en œuvre.

Les faits

Les faits que peut considérer un algorithme de calcul de décisions sont issus de données provenant de capteurs conçus et calibrés par l'homme, ou de systèmes de communication. Les algorithmes d'interprétation qui permettent d'élaborer les faits à partir des données brutes sont également conçus par l'homme. Ces traitements sont en général motivés par l'objectif – on identifie dans les données ce dont on a besoin. Par conséquent, les faits élaborés et sélectionnés sont ceux qui sont considérés comme pertinents *a priori*, éventuellement au détriment d'autres faits. Il s'agit de subjectivité intrinsèque à l'activité de modélisation.

Les jugements de valeurs

Qu'est-ce qu'un fait positif ? Selon quelles références ? Dans quelle mesure un tel fait pourrait-il être considéré différemment selon le contexte de décision ? Dans le même ordre d'idée, comment et par qui les préférences entre conséquences sont-elles établies ?

Par exemple, préfère-t-on toujours des conséquences qui satisfont la **Protection des personnes** plutôt que la **Protection des biens**, quelle que soit l'amplitude de ces conséquences ? Il s'agit de subjectivité liée aux connaissances et exigences propres au domaine d'application.

Les conséquences

Nous avons déjà évoqué plus haut la question de savoir quelles conséquences sont à considérer, des conséquences « directes » de l'action issue de la décision aux conséquences indirectes. Cette question relève du problème de **Causalité** : quels sont les faits causés par une action ?

Un autre problème lié au précédent est celui du « Monde fermé » : les conséquences pour qui (pour toute personne ou seulement un sous-ensemble, et lequel ?) et pour quoi (pour tout bien matériel ou seulement un sous-ensemble, et lequel ?) envisage-t-on ? Comment délimite-t-on le **monde** que l'on considère dans la modélisation ? Il s'agit de subjectivité intrinsèque à l'activité de modélisation.

Enfin, un dernier problème est celui de la **Responsabilité** : le robot dispose-t-il des connaissances nécessaires pour envisager « toutes » les conséquences de la décision calculée ?

Questionnements plus généraux

Les tentatives de modélisation de considérations éthiques dans le cadre d'une expérience de pensée simple illustrent le fait que la conception d'algorithmes dits « éthiques » doit s'accompagner de questionnements, par exemple :

- La démarche de modélisation doit-elle être calquée sur les considérations éthiques ou les valeurs morales de l'humain, et si oui, de quel humain ? N'a-t-on pas des attentes différentes vis-à-vis d'un algorithme ? ⁽⁵⁾
- Un humain peut choisir de ne pas agir de façon « morale », doit-on ou peut-on transposer ce type d'attitude dans un algorithme ?
- Quel impact un algorithme d'aide à la décision comprenant des considérations éthiques a-t-il sur l'opérateur humain ? Comment le jugement de l'opérateur est-il influencé par les propositions (jugements calculés et arguments les soutenant) de la machine ?
- Dans quelle mesure est-il possible de mathématiser et de programmer des considérations éthiques ou des valeurs morales dans un système robotisé ?
Par exemple, en quoi les principes du Droit international humanitaire (DIH) – principes d'humanité, de discrimination, de proportionnalité –, la doctrine nationale et les règles d'engagement peuvent-ils, comme le prétend Ronald C. ARKIN ⁽⁶⁾, ou non, être « programmés » ?
- Une « éthique » fondée sur un calcul relève-t-elle de l'éthique ? ⁽⁷⁾

À propos de cette dernière question, « Il faut s'interroger sur ce qu'est une "valeur" ou un "cadre éthique" codé dans une machine : il s'agit de fait d'un élément de connaissance, mis sous une forme mathématique calculable, et dont la portée et le contenu sémantique sont très restrictifs par rapport à ce qu'on entend en philosophie par valeur ou cadre éthique. Il faut donc être prudent dans l'utilisation des vocables. Les "valeurs" ou "cadres éthiques" représentés et simulés dans une machine constituent bien des représentations, des simplifications, des interprétations de concepts complexes – tout comme le sont les "émotions" que l'on peut faire simuler à un robot : en aucun cas la machine ne sera "morale" ou "éthique". » ⁽⁸⁾. ♦

(5) MALLE Bertram F., SCHEUTZ Matthias, ARNOLD Thomas, VOIKLIS John et CUSIMANO Corey, « *Sacrifice One For the Good of Many? People Apply Different Moral Norms to Human and Robot Agents* », *Proceedings of the 10th annual ACM/IEEE International Conference on Human-Robot Interaction*, mars 2015, p. 117-124.

(6) ARKIN Ronald C., *Governing Lethal Behavior: Embedding Ethics in a Hybrid Deliberative/Reactive Robot Architecture*, Technical Report GIT-GVU-07-11, Georgia Institute of Technology, 2011, 117 pages.

(7) HUNYADI Mark, « *Artificial Moral Agents, really?* » [intervention en français, support en anglais], *4th Workshop of the Anthropomorphic Action Factory*, Wording Robotics, LAAS-CNRS, Toulouse, 2017.

(8) ETHICAA, *Éthique et Agents Autonomes*, Livre blanc du projet ANR-13-CORD-0006 EthicAA, juillet 2018, 49 pages.

Les problématiques de l'évaluation et de la certification des systèmes robotiques autonomes

Agnès DELABORDE

Ingénieur de recherche en évaluation des systèmes d'intelligence artificielle et robotiques au Laboratoire national de métrologie et d'essais, Trappes (78).

Face à la complexité croissante des systèmes autonomes et aux inquiétudes légitimes que ces évolutions engendrent, l'acceptation de la robotique dans notre société repose sur un désir général de transparence et de contrôle sur les comportements du robot. Les organismes de certification et d'essais doivent faire face à un développement rapide de ces nouvelles technologies, et il existe un besoin nettement identifié de proposer un cadre formel et rigoureux pour l'évaluation de ces dispositifs.

Pour clarifier le discours, nous ferons tout d'abord le point sur les principes de la certification ainsi que sur les objectifs et méthodes liés à l'évaluation. Nous nous focaliserons ensuite sur les méthodes d'évaluation des systèmes robotisés. Ce tour d'horizon nous permettra enfin d'analyser la façon dont l'éthique peut être traitée du point de vue de l'évaluateur indépendant, et ce que les systèmes éthiques « *by design* » impliqueraient dans la réalisation d'une évaluation.

Évaluation, certifications : principes

Certification

Nous sommes tous en droit d'attendre qu'un produit mis sur le marché réponde à certaines exigences en termes de sécurité, de performance ou de qualité. Quel que soit le type d'exigence, le fabricant a à sa charge d'apporter la preuve que son produit y répond, autrement dit que celui-ci est conforme à un certain cahier des charges. Pour attester de cette conformité, le fabricant devra suivre des procédures adaptées selon le type d'exigence concerné. Il s'agira de certification volontaire ou réglementaire, ce qui signifie dans le premier cas que le fabricant engage la procédure de son propre chef afin de valoriser son produit, alors qu'il y est tenu par la loi dans le second cas. Selon l'exigence, et également selon les moyens dont dispose le fabricant, il pourra s'agir d'une procédure d'auto-certification ou de certification par un organisme tiers.

Un État peut exiger que le produit réponde à certaines exigences avant d'en autoriser la commercialisation sur son territoire. C'est le cas par exemple du marquage CE, qui garantit que le produit est conforme aux législations de l'Union européenne.

Cette conformité est évaluée au regard des différentes directives s'appliquant au produit. Les exigences sont en très grande majorité relatives à la sécurité du produit, car la démarche de marquage CE vise principalement la protection du citoyen, sa sécurité et sa santé. Selon la directive applicable et les exigences réglementaires, le fabricant peut procéder à une auto-certification, ce qui signifie qu'il a procédé aux essais et validations nécessaires permettant de déclarer, sous sa propre responsabilité, que son produit est conforme aux spécifications requises. Par exemple, le marquage CE d'un robot, dont les formalités obligatoires sont définies par la directive machine (Directive européenne 2006/42/CE), nécessite que le fabricant établisse un dossier technique incluant notamment un descriptif de la machine et ses commandes, les normes appliquées et l'analyse de risque. Le fabricant rédige une déclaration CE de conformité et procède au marquage CE de son robot suivant des spécifications précises. Les documents doivent pouvoir être mis à disposition de toute autorité désirant vérifier la validité de la déclaration CE de conformité. Lorsque le processus d'auto-certification n'est pas autorisé, le fabricant se tourne vers un organisme accrédité par les pouvoirs publics pour accorder la certification.

Nous notons que la démarche de certification suppose qu'un ensemble de critères essentiels soient réunis : les spécifications de la certification (les critères de conformité) s'appuient sur un référentiel qui peut concerner tant les procédés de fabrication que les spécificités du produit ; ce référentiel peut être défini par un organisme rigoureux et indépendant, par exemple régi par un pouvoir public et en concertation avec les parties intéressées volontaires (selon le principe de normalisation par exemple) ; l'adéquation du produit à ces spécifications doit être validée par un organisme tiers agréé, ou pouvoir être vérifiée sur demande d'une autorité dans le cas de l'auto-certification.

Évaluation

Comme nous l'avons précédemment décrit, la certification peut nécessiter une évaluation de certaines caractéristiques du produit *via* des essais. Les essais réalisés sur un produit peuvent être effectués en interne par le fabricant ou sous-traités à un organisme tiers indépendant. La norme ISO 17025 est la référence pour les établissements accrédités pour réaliser des essais. La norme définit notamment les exigences relatives à la confidentialité et à l'impartialité de ces laboratoires, ainsi que les exigences en termes de structure et de ressource. Elle précise par exemple les besoins en termes d'étalement des équipements et de processus qualité.

L'évaluation n'a d'autre finalité que de montrer le niveau d'adéquation entre les spécificités d'un produit et les spécificités d'un référentiel ; notons qu'à eux seuls, les résultats d'évaluation peuvent ne pas être suffisants pour valider la conformité du produit.

Le fabricant se livre à une évaluation de son produit dans différents cas. Tout d'abord, s'il a l'objectif de prétendre à une certification de son produit. Ensuite, le fabricant peut également se livrer à une évaluation s'il désire estimer les performances, la qualité ou la fiabilité de son produit. À cet effet, le fabricant peut, par exemple,

vouloir soumettre son produit à des essais afin de déterminer le comportement de son produit face à l'épreuve du temps, des utilisations répétées, ou encore s'assurer de son intégrité en conditions de transport. Ces essais n'ont pas nécessairement pour finalité d'apporter une preuve directe de qualité du produit à l'acheteur (ce qui serait par exemple apporté par un label dans le cadre d'un processus plus large), mais permettent aussi au fabricant de mieux maîtriser les éventuelles faiblesses de ses produits identifiées à l'analyse de risques, qui n'auraient pas pu être mitigés lors de la conception, et qui entraîneraient à plus long terme des problèmes de sécurité ou une perte de satisfaction du client.

Sur le principe, la réalisation d'une évaluation nécessite de sélectionner un échantillon à tester, de définir une méthode d'essai et des métriques d'évaluation, de disposer de moyens d'essais et d'un référentiel.

La sélection du produit qui sera soumis au test, appelé échantillon, s'appuie sur des méthodes d'échantillonnage statistique, qui peuvent varier selon le type de produit. La méthode d'essai définit la façon dont celui-ci doit être réalisé, à savoir, par exemple, la durée d'exposition, les fréquences de répétition, et les conditions de mise en œuvre générales de l'essai. Cette méthode est soit définie par une norme, soit proposée par le laboratoire pratiquant l'essai, en concertation avec le fabricant. L'essai est réalisé sur un banc de test existant, ou grâce à des moyens d'essai développés spécifiquement pour ce test ; les instruments de mesure liés à l'essai sont étalonnés.

Un point essentiel à prendre en compte par le fabricant réside dans le caractère potentiellement destructif de l'essai. Dans le cas de tests destructifs – c'est-à-dire où la procédure de test peut endommager, ou endommager invariablement, le produit –, le coût du produit ou son unicité peuvent notamment avoir une influence sur l'échantillonnage praticable. En effet, s'il est envisageable de réaliser des tests destructifs sur des objets bon marché produits en grande série, ceci est tout à fait inenvisageable sur des prototypes uniques ou des produits en édition limitée. Dans ce contexte, la nature des tests à réaliser doit être adaptée afin de limiter, voire éliminer, le risque de dégradation de l'objet.

L'évaluation nécessite de définir et d'appliquer des métriques permettant d'effectuer la comparaison entre les caractéristiques du produit et celles de la référence. Cette référence représente une valeur dite « vraie », une valeur à atteindre. Elle pourra être, par exemple, les caractéristiques propres à un produit intègre et l'évaluation visera à déterminer si l'échantillon testé présente les mêmes caractéristiques que ce produit intègre. Elle peut également être un comportement optimal à atteindre face à une situation, représentatif de la performance du produit.

Les méthodes et moyens d'essai peuvent présenter peu de variations d'un produit à l'autre lorsqu'il s'agit, par exemple, d'une même gamme. Toutefois, il doit être envisagé pour chaque nouveau produit à tester de juger la pertinence d'appliquer une méthode d'essai existante, ou d'en mettre au point une nouvelle.

Cas du robot

Référentiels

Au sein de l'Union européenne, la commercialisation d'un robot s'appuie sur une vérification de conformité du dispositif à un certain nombre de directives émises par la Commission européenne.

En premier lieu, la directive machine 2006/42/CE impose des exigences générales en termes de sécurité des machines, et renvoie vers les normes harmonisées proposant des méthodes et recommandations susceptibles de pouvoir répondre aux exigences de la directive. Tout type de robot est concerné par cette directive.

Outre cela, la fonction du robot, son contexte d'utilisation, ses capteurs et la nature de ses effecteurs allongent la liste des directives applicables. Nous noterons par exemple la directive basse tension pour le matériel électrique ou la directive pour la compatibilité électromagnétique des équipements. Un système destiné à l'utilisation en contexte privé, collectant et traitant des informations au domicile de l'utilisateur, sera notamment soumis aux exigences de la directive sur la protection des données à caractère personnel. La certification d'un robot requiert donc que tous ces éléments, tant mécaniques, électroniques ou logiciels, soit conformes aux exigences réglementaires.

Évaluation

Un robot dont les comportements sont dirigés par automate pourra présenter moins de difficulté en termes d'évaluation et certification qu'un robot à l'autre extrémité du continuum de l'autonomie, tel qu'un robot dit « adaptatif » apprenant de son environnement en continu. Nous trouvons par exemple les robots à automate dans l'industrie, qui représentent une partie du cheptel de systèmes automatisés actuellement en place dans les usines. L'évaluation de ces systèmes à automate ne constitue pas – généralement – de défi majeur, car leurs domaines d'intervention sont limités, de même que le nombre et la complexité de leurs capteurs.

Dans le cas d'un robot dirigé par une Intelligence artificielle (IA), nous savons tout d'abord que la complexité de ses algorithmes, voire même ses capacités à enrichir de façon autonome sa base de connaissances, compliquent l'approche traditionnelle du test en mise en situation, car les comportements du robot peuvent ne pas être bornables : il n'est pas aisé d'anticiper si le test prévu couvre bien toutes les possibilités de comportements sélectionnables par le système.

De plus, la richesse des capteurs présents sur le robot – fusion de différents types de données capturées, capacité des capteurs intelligents à réaliser un premier traitement local des informations – complexifie la modélisation de l'environnement de test nécessaire.

Il est vital de vérifier si l'IA du robot peut être détournée de son usage initial, volontairement ou involontairement. La presse a relayé par exemple en 2016 un fait divers concernant un système de dialogue autonome ayant tenu sur Twitter des propos racistes et politiquement engagés (M. TUAL, 2016). Au contact des usagers, le

système avait enrichi sa base et ses propos n'étaient que l'écho des informations glanées dans son environnement de déploiement. Il est alors aisé d'imaginer les conséquences dramatiques du détournement d'un Système d'armes létal autonome (Sala). L'anticipation des dérives d'un système d'IA est complexe car cela nécessiterait d'identifier tous les scénarios d'attaque volontaire, ainsi que les scénarios de détournements involontaires. Au vu de la complexité des IA et de l'environnement humain, il semble plus adéquat de recourir à des méthodes de cybersécurité plutôt qu'à tester une gamme quasiment infinie de scénarios : il s'agirait donc de prévoir, au sein du système, des solutions de mitigation en cas d'attaque identifiée, telle que l'interruption automatique de fonctionnalités critiques (par exemple, désactivation des armes, mise hors-service du robot), ou le lancement d'une alerte afin d'inviter un opérateur allié humain à reprendre le contrôle.

Il convient également de maîtriser les facteurs d'influence intervenant dans l'évaluation, qu'il s'agisse d'une évaluation ayant trait à la sécurité, à la performance ou à la qualité du robot. Par exemple, l'évaluation de la sécurité d'un robot armé devra s'appuyer sur l'identification préalable des facteurs pouvant mettre en péril la sécurité des alliés dans son environnement, tels que le poids du robot, sa stabilité, sa vitesse de déplacement, la présence d'effecteurs coupants. Afin de proposer des résultats d'évaluations explicables et de réaliser une évaluation contrôlée, l'évaluateur doit donc disposer de facteurs impérativement caractérisables, mesurables et quantifiables. La complexité de l'évaluation sera liée au nombre de facteurs identifiés et également aux possibilités d'objectivation de ces facteurs.

En effet, certains facteurs sont difficilement maîtrisables, par exemple s'ils reposent sur un modèle physique complexe, ou s'ils sont de nature subjective. Prenons le cas de la satisfaction éprouvée par un utilisateur lors de l'utilisation d'un robot. Dans ce contexte, la satisfaction est considérée comme un facteur ayant une influence sur l'évaluation de la qualité du robot. Toutefois, ce facteur n'est pas mesurable au sens métrologique du terme : en effet, il est nécessaire de s'appuyer sur différents indicateurs, ceux-ci mesurables, afin d'estimer (et non mesurer) la satisfaction, tels que la fréquence d'interaction avec le robot ou la durée d'utilisation. Notons que l'identification des indicateurs représente souvent un enjeu de recherche en lui-même.

La tâche d'évaluation de nouvelles technologies de plus en plus intelligentes et connectées au monde qui les entoure nécessite une adaptation constante du protocole d'évaluation, qu'il s'agisse des moyens d'essai, des références, des méthodes et métriques, afin de réaliser une évaluation toujours répétable et reproductible.

Boîte noire, boîte blanche

Si le fabricant d'un système (robot, logiciel...) met à la disposition de l'évaluateur son code source, ou tout du moins s'il laisse une certaine maîtrise sur les entrées et sorties des différentes briques technologiques du système et indique les procédés algorithmiques qu'il a appliqués, l'évaluateur a la possibilité de réaliser un essai de type « boîte blanche ». Ce cas de figure peut se présenter, d'une part lorsque le fabricant cherche une validation modulaire de son système, et ce à toute étape de la conception,

par exemple dans un contexte de recherche scientifique. Enfin, le fabricant peut y être tenu par la réglementation ; c'est le cas par exemple des systèmes de caisse, dont le processus de certification exige une totale transparence quant au comportement du système.

Ainsi, sauf contexte de recherche ou systèmes critiques (santé, finances, etc.), il est rarement possible d'effectuer des tests en maîtrisant la totalité de la chaîne de traitement de l'information au sein du dispositif. De nombreuses évaluations sont réalisées en « boîte noire », ce qui signifie que l'évaluateur peut uniquement maîtriser l'environnement de test, c'est-à-dire les stimuli à faire parvenir au système, et observer les comportements en sortie du système. Dans cet esprit, nous pouvons citer les travaux du *National Institute of Standards and Technology (NIST)* ⁽¹⁾ lors de leurs campagnes d'évaluation (A. JACOFF et al., 2017), les compétitions organisées dans le cadre de la RoboCup, comme les évaluations de robots sociaux en contexte domestique (L. IOCCHI *et al.*, 2015) ou les travaux menés au cours d'une collaboration LNE (Laboratoire national de métrologie et d'essais) et LAAS (Laboratoire d'analyse et d'architecture des systèmes, CNRS) sur l'évaluation de l'impact des conditions climatiques sur la marche bipède d'un robot (O. STASSE *et al.*, 2018).

Se pose généralement la question de la pertinence des informations soumises au système lors du test : sont-elles représentatives du phénomène que l'on souhaite évaluer ? Sont-elles représentatives des capacités du système ? Ou sont-elles au contraire hors du champ de compétences du système et une évaluation en ces termes n'a alors plus de sens ? Répondre à ces questions n'est pas aisé, voire parfois impossible, lorsque le système est évalué en « boîte noire ». Il est alors possible, *a minima*, de s'appuyer sur les rapports d'analyse de risque réalisés par le fabricant (si disponibles) afin de déterminer les conditions d'évaluation, et d'étudier les actions réalisées par le système en fonction de différents jeux de stimuli d'entrée.

Les Sala entrent naturellement dans la catégorie des systèmes critiques : les dommages que peut entraîner un système peu performant et peu sécurisé pourraient être dramatiques, tant d'un point de vue militaire, diplomatique ou humain. Il semble alors évident que ces systèmes doivent être évalués en « boîte blanche », afin de faciliter la tâche d'évaluation. Dans ce cas de figure, cette évaluation doit être menée par un tiers indépendant, permettant ainsi de garantir l'impartialité de l'évaluation. Il semble également essentiel qu'une certification soit imposée par la réglementation, afin de garantir que le système est performant et sûr.

Évaluation de l'éthique en robotique

Éthique « by design »

Au vu de toutes les remarques précédentes, nous comprenons que les choix de conception ne concernent l'évaluateur que si ce dernier dispose d'informations relatives à ces choix, c'est-à-dire dans le cadre d'une évaluation en « boîte blanche », ou

(1) Agence du département du Commerce des États-Unis.

tout au moins s'il est possible d'interroger le fabricant quant aux principes ayant dirigé la conception.

Dans le cas d'une évaluation en « boîte noire », l'évaluation de l'éthique du robot ne s'appuiera que sur la validation de la nature éthique de ses comportements. Dans ce contexte, les méthodes utilisées pour l'implémentation du système n'auront aucun impact sur le protocole d'évaluation, puisque l'évaluateur ne dispose pas des informations liées à la conception. En effet, qu'il s'agisse d'un moteur de décision ne produisant que des comportements éthiques, ou que le système se « censure » lorsque certains comportements non-éthiques risquent d'être émis, l'évaluateur ne pourra pas observer la mécanique interne et ne statuera que sur ce qu'il observe.

Référentiels éthiques

Comme nous l'avons vu, tant la certification que l'évaluation nécessitent de disposer de références – des valeurs « vraies » – auxquelles l'évaluateur peut comparer les comportements du système. Ces références peuvent être définies par les pouvoirs publics (normes, directives, textes de loi), mais elles peuvent également être élaborées en concertation avec le fabricant, qui connaît les performances ou le niveau de qualité optimal que doit atteindre son système. Toutefois, lorsqu'il s'agit d'aspects éthiques et juridiques, les exigences d'un fabricant seul et de ses acheteurs ne peuvent prévaloir pour garantir l'acceptabilité du dispositif dans la société, ni sa légalité.

Juger de l'éthique d'un système nécessite de s'appuyer sur des références, qui viseraient par exemple à affirmer que dans telle situation le système doit se comporter de telle façon ; ou que confronté à un choix entre « A » et « B », le système devra plutôt choisir « B ».

De quelles références l'évaluateur peut-il s'inspirer afin d'évaluer l'éthique d'un système ? Existe-t-il un référentiel éthique ?

Nous trouvons tout d'abord un grand nombre de communications scientifiques ou de vulgarisation (presse, littérature, etc.) traitant de ce qu'un robot doit, peut, ne peut pas faire. Les premières traitent principalement de recherches exploratoires ou de prises de position, tandis que les secondes visent le grand public. Ces communications sont plutôt de nature à informer, alerter ou initier une réflexion, mais ne peuvent pas constituer des références par manque de cadre rigoureux.

D'autre part, de nombreux rapports émis par les pouvoirs publics ou des fédérations fournissent des recommandations d'ordre général sur les comportements optimaux tant de la part des concepteurs que des systèmes développés. Il s'agira de recommandations ayant trait à la sécurité, la transparence ou à l'explicabilité des systèmes. Citons par exemple, à l'échelle nationale ou européenne, le rapport de la commission française Cerna sur l'éthique de la recherche en robotique ⁽²⁾ (R. CHATILA *et al.*, 2014), les différents rapports de l'office parlementaire d'évaluation des choix

(2) « Commission de réflexion sur l'éthique de la recherche en sciences et technologies du numérique d'Allistene », Allistene étant l'Alliance des sciences et technologies du numérique.

scientifiques et technologiques, tel que (C. DE GANAY et D. GILLOT, 2017), ou encore le rapport du Parlement européen au sujet de la régulation de la robotique (M. DELVAUX, 2016). Ces rapports ne fournissent pas des consignes précises quant à une démarche d'évaluation méthodique mais des directions à suivre.

Les projets de recherche scientifique peuvent également constituer une source d'information pour l'évaluateur. Par exemple, le *Livre blanc* rédigé à l'issue du projet ETHICAA sur l'éthique des agents autonomes (F. BALBO et al., 2018) émet des recommandations aux chercheurs et développeurs dans la conception de leurs systèmes, et propose des approches permettant de qualifier les systèmes éthiques. Ces approches nécessitent toutefois des recherches supplémentaires afin de déterminer un cadre formel.

Comme évoqué précédemment, l'évaluateur a également à sa disposition un cadre normatif et réglementaire en matière de robotique, traitement des données, intelligence artificielle, susceptible de le diriger efficacement dans la mise en œuvre de l'évaluation. Ces recommandations et exigences traitent de questions liées à la sécurité, mais fixent également un cadre fiable et protecteur du citoyen comme dans le cas de la loi pour une République numérique, ou de l'article 36 « Armes nouvelles » du Protocole additionnel I (1977) aux Conventions de Genève de 1949. Ces textes ne fournissent cependant pas de consignes précises quant aux méthodes d'évaluation.

Il semble évident qu'il n'est pas du ressort de l'évaluateur indépendant et impartial de déterminer le référentiel éthique des Sala, car ces réflexions doivent être portées par différents acteurs de la société et amener à consensus. L'évaluateur peut cependant apporter son expertise dans l'élaboration de protocoles et de règles objectives, et dans la détermination de facteurs mesurables.

Peut-on évaluer si un Sala est éthique ?

Nous devons nous interroger en premier lieu s'il est possible d'évaluer, de façon rigoureuse, que le Sala se comporte « de façon éthique ». Au vu des référentiels actuellement à notre disposition, nous ne pouvons vraisemblablement pas estimer qu'un robot est éthique en nous appuyant sur une méthode d'évaluation rigoureuse et objective. Il existe un nombre important de recommandations et d'exigences qui sont suffisamment détaillées quant aux méthodes de validation des systèmes robotisés, et qui permettraient d'affirmer que le système répond à ces exigences. Toutefois, comme nous l'avons vu précédemment, ces références utilisables ne sont pas directement éthiques, mais de nature plutôt réglementaire, visant *in fine* le bien-être et la sécurité des biens et personnes. De plus, les capacités croissantes dont disposent les systèmes pour réagir à leur environnement complexifient d'autant le processus d'évaluation et de nombreuses clés nous manquent encore pour tester rigoureusement les aspects les plus complexes.

*

**

Au vu de l'engouement médiatique et des craintes associées à l'éthique de la robotique (perte de contrôle, singularité technologique, remplacement de l'être humain, etc.), souvent légitimes mais parfois mal documentées, il serait, à notre sens, indélicat d'affirmer que nous sommes en mesure de réaliser une évaluation de l'éthique avec la même rigueur et objectivité qu'une évaluation, par exemple, de sécurité ou de performance.

L'effort général en matière de définition de l'éthique de la robotique, et de l'intelligence artificielle en général, amène à des travaux extrêmement prometteurs. Nous observons que ces impulsions permettent aux pouvoirs publics de dresser les contours d'un cadre réglementaire s'affinant au gré de la compréhension générale des limites et des implications de la robotisation.

Nous avons vu que le processus d'évaluation est particulièrement complexe, et qu'il nécessite de s'appuyer sur une grande rigueur méthodologique et de disposer de référentiels objectifs. Face à des systèmes de plus en plus complexes, en interaction avec un environnement dynamique et difficilement modélisable, le travail de recherche en évaluation est mené de concert avec les chercheurs, concepteurs et développeurs de tous horizons, mais également avec les organismes de normalisation et les pouvoirs publics. C'est cette synergie des connaissances qui permettra de définir un cadre structuré pour le robot dans notre société.

Les problématiques de l'évaluation et de la certification des systèmes robotiques autonomes

Éléments de bibliographie

ASSOCIATION FRANÇAISE DE NORMALISATION (AFNOR) : *Exigences générales concernant la compétence des laboratoires d'étalonnages et d'essais (NF EN ISO/IEC 17025)*, décembre 2017 (www.iso.org/standard/66912.html).

BALBO Flavien, BERREBY Fiona, BOISSIER Olivier et al., *Éthique et agents autonomes (Livre blanc)*, Ethicaa, juillet 2018 (<https://ethicaa.greyc.fr/media/files/ethicaa.white.paper.pdf>).

CHATILA Raja, DAUCHET Max, DEVILLERS Laurence, GANASCIA Jean-Gabriel, GRINBAUM Alexei et TESSIER Catherine, *Éthique de la recherche en robotique (rapport de recherche)*, CERNA-ALLISTENE, novembre 2014 (http://cerna-ethics-allistene.org/digitalAssets/38/38704_Avis_robotique_livret.pdf).

GANAY (de) Claude et GILLOT Dominique, *Pour une intelligence artificielle maîtrisée, utile et démystifiée (rapport d'information n° 4594 de l'Assemblée nationale / n° 464 du Sénat)*, Office parlementaire d'évaluation des choix scientifiques et technologiques, 15 mars 2017 (www.senat.fr/notice-rapport/2016/r16-464-1-notice.html).

DELVAUX Mary, *Rapport contenant des recommandations à la Commission concernant des règles de droit civil sur la robotique (2015/2103(INL))*, Commission des affaires juridiques, Parlement européen, PE582. 443v01-00, 27 janvier 2017 (www.europarl.europa.eu).

IOCCHI Luca, HOLZ Dirk, RUIZ-DEL-SOLAR Javier, SUGIURA Komei et VAN DER ZANT Tijn, « RoboCup@ Home: Analysis and results of evolving competitions for domestic and service robots », *Artificial Intelligence* n° 229, p. 258-281.

JACOFF Adam S., CANDELL Richard, DOWNS Anthony J., HUANG Hui-Min, KIMBLE Kenneth E., SAIDI Kamel S. et VIRTIS Ann M., « Applying Measurement Science to Evaluate Ground, Aerial, and Aquatic Robots », *The 15th IEEE International Symposium on Safety, Security, and Rescue Robotics 2017 (SSRR 2017)*, 11-13 octobre 2017, p. 131-132 (https://ws680.nist.gov/publication/get_pdf.cfm?pub_id=924305).

Loi n° 2016-1321 du 7 octobre 2016 pour une République numérique, JORF n° 0235 du 8 octobre 2016, texte n° 1 (www.legifrance.gouv.fr/eli/loi/2016/10/7/ECFI1524250L/jo).

PARLEMENT ET CONSEIL EUROPÉENS, *Directive 95/46/CE du 24 octobre 1995 relative à la protection des personnes physiques à l'égard du traitement des données à caractère personnel et à la libre circulation de ces données*, Journal officiel n° L 281 du 23 novembre 1995, p. 0031-0050 (<https://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CELEX:31995L0046:fr:HTML>).

PARLEMENT ET CONSEIL EUROPÉENS, *Directive 2006/42/CE du 17 mai 2006 relative aux machines et modifiant la directive 95/16/CE (refonte)*, Journal officiel n° L157/24 du 9 juin 2006 (<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FR/TXT/HTML/?uri=CELEX:32006L0042>).

PARLEMENT ET CONSEIL EUROPÉENS, *Directive 2014/30/UE du 26 février 2014 relative à l'harmonisation des législations des États membres concernant la compatibilité électromagnétique (refonte)*, Journal officiel n° L96/79 du 29 mars 2014 (<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FR/TXT/?uri=celex%3A32014L0030>).

PARLEMENT ET CONSEIL EUROPÉENS, *Directive 2014/35/UE du Parlement européen et du Conseil du 26 février 2014 relative à l'harmonisation des législations des États membres concernant la mise à disposition sur le marché du matériel électrique destiné à être employé dans certaines limites de tension*, Journal officiel n° L96/357 du 29 août 2014 (<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/fr/TXT/?uri=CELEX:32014L0035>).

STASSE Olivier, GIRAUD-ESCLASSE Kévin, BROUSSE Édouard, NAVEAU Maximilien, REGNIER Rémi, AVRIN Guillaume et SOUÈRES Philipppes, *Benchmarking the HRP-2 humanoid robot during locomotion*, Rapport LAAS n° 18212, 2018.

TUAL Morgane, « À peine lancée, une intelligence artificielle de Microsoft dérape sur Twitter », *Le Monde*, 24 mars 2016 (www.lemonde.fr/).

Éthique et machines autonomes : esquisse d'un discernement

Dominique LAMBERT

Professeur, Académie royale de Belgique (classe des sciences), Université de Namur (Département de philosophie), Chercheur associé au Centre de recherche des Écoles de Saint-Cyr Coëtquidan (CREC).

Une réflexion sur le sens effectif de l'autonomie : de l'autonomie absolue à l'autonomie finalisée

De nombreuses discussions ont eu lieu ces derniers temps sur la définition de l'autonomie des machines. Ceci est dû largement au fait que le concept d'autonomie est très ambigu. Que signifie le qualificatif « autonome » dans l'acronyme *Lethal Autonomous Weapons System (LAWS)*. Sous ce dernier, se cachent des réalités très différentes ⁽¹⁾. Si on le considère naïvement ou étymologiquement, il caractérise des systèmes qui ont leur propre loi de fonctionnement, c'est-à-dire qui peuvent effectuer une série de tâches par elles-mêmes, sans l'être humain. Beaucoup de systèmes automatiques, préprogrammés pour réaliser des tâches définies à l'avance, répondent à cette définition. Mais la notion d'autonomie recouvre aussi le cas de systèmes qui, sans la médiation d'un sujet humain, pourraient apprendre par eux-mêmes, forger des outils de classification ou des concepts nouveaux, se reprogrammer ou prendre l'initiative d'actions. L'autonomie est ici poussée à un point tel que peuvent disparaître les liens entre les comportements de la machine et les intentions ou projets des décideurs humains. Entre les systèmes automatiques, dont les comportements sont complètement prédictibles et les machines totalement autonomes dont les actions échappent à la prédiction et à la maîtrise des humains, on peut trouver un grand nombre de systèmes intermédiaires où les machines, douées de larges degrés d'initiatives, sont néanmoins supervisées par l'humain qui, à un certain moment, peut en reprendre le contrôle.

Il faut admettre avec lucidité et réalisme qu'un système totalement autonome n'est absolument pas souhaitable. L'autonomie absolue des machines conduirait à des situations où des humains mettraient en œuvre des systèmes censés réaliser certaines tâches, mais qui pourraient, à certains moments et sans qu'ils ne l'aient ni voulu ni

(1) Pour une discussion concernant la définition de l'autonomie des robots militaires, nous renvoyons à LAMBERT Dominique, *The Humanization of Robots and the Robotization of the Human Person. Ethical Perspectives on Lethal Autonomous Weapons Systems and Augmented Soldiers (with a selection of texts from the Church's engagement on Lethal Autonomous Weapon Systems)*, Genève, The Caritas in Veritate Foundation Working Papers, 2017, 97 pages (<https://fciv.org/downloads/WP9-Book.pdf>).

prédit, manifester des comportements contradictoires vis-à-vis de ces tâches et des buts qu'ils leur avaient prescrits.

Remarquons que cela ne signifie nullement que l'on doive refuser tous les systèmes capables de prendre certaines initiatives (déterminer un plan de vol, effectuer certaines actions défensives, etc.). Ce qui est crucial, dans le choix de tels systèmes, c'est la **cohérence**. Ces initiatives doivent rester homogènes aux finalités globales prescrites par les autorités responsables. Pensons, par exemple, à un système permettant de reprendre les commandes et de piloter un avion dont le pilote serait privé de ses moyens. Il serait tout à fait légitime, car tout à fait cohérent vis-à-vis des finalités humaines, d'admettre des prises d'initiatives issues d'une machine autonome de pilotage. Pensons aussi à des systèmes autonomes **de défense**, placés dans des zones bien déterminées où il est clairement établi qu'il n'y a pas de non-combattants, et de nature à faire face (grâce à des « initiatives ») à des attaques massives et saturantes par des essaims de robots par exemple. Dans ces deux cas, on reste en accord avec des finalités humaines prescrites et avec les normes légales (dans la mesure où l'on respecte les règles du droit international humanitaire) et morales (dans la mesure où il s'agit d'actions qui ont comme finalité le respect de la vie et de la dignité des personnes par exemple).

Nous voyons donc que l'autonomie absolue n'est pas un but à atteindre, mais que, par ailleurs, l'autonomie peut très bien rester au service de finalités prescrites par l'humain. Parfois même, l'autonomie sera la garantie de l'exécution correcte et fiable de buts fixés par des autorités légitimes. Pensons, par exemple, à des systèmes autonomes corrigeant la sûreté de certaines machines de microchirurgie. Ici, on augmente le contrôle et la précision d'un geste crucial et vital en déléguant les initiatives à un système autonome.

La référence à l'autonomie totale des machines est un leurre sémantique. Elle ne peut être voulue et recherchée pour elle-même, ce serait de l'inconscience et de l'inconsistance. Il vaudrait mieux parler d'**autonomie finalisée**, c'est-à-dire de la caractéristique de systèmes dont les degrés de liberté sont au service, non de la machine, mais des finalités prescrites par le décideur et d'un contrôle global plus précis de l'agent humain. Si nous voulons vraiment caractériser légalement ou éthiquement les *LAWS* par exemple, il serait intéressant de dire que ces systèmes ne sont pas acceptables si leur autonomie n'est pas finalisée. On rejoint ici l'idée du contrôle humain **significatif** mais en insistant que ce contrôle doit aussi porter sur la référence concrète et le contrôle efficace des finalités (légales et morales) déterminées *a priori* par l'autorité légitime.

Une algorithmique éthique ?

Lorsque nous posons des questions éthiques à propos de systèmes possédant des capacités d'Intelligence artificielle (IA), ou à propos de robots doués d'une autonomie finalisée, il nous faut distinguer deux types de questions.

D'une part, nous devons nous poser la question de savoir si, ce que nous écrivons dans les algorithmes, reste, au niveau des contenus mais aussi de l'intention, compatible avec l'éthique que nous promouvons. Nous parlons alors d'une algorithmique

éthique. Dans ce premier cas, par exemple, le fait de ne pas tenir compte ou de minimiser, intentionnellement, dans un algorithme d'un certain type, des risques importants pour les civils, serait une faute légale et éthique. **L'écriture même d'un algorithme présente une charge éthique** : ce que l'on y écrit ou ce que l'on n'y écrit pas possède un impact moral. Un algorithme n'est jamais neutre et l'oubli de certains biais qui président à sa constitution peut être une faute éthique majeure.

Nous avons évoqué ci-dessus l'idée d'une autonomie **finalisée**. Une algorithmique **éthique** est justement celle qui commence à inscrire dans ses lignes de codes un rapport à une finalité. Certaines finalités pourraient se révéler dangereuses pour l'humain c'est évident, mais une première condition d'éthicité, une contrainte minimale de moralité, est le refus de laisser une machine en dehors des cadres d'un projet fixé par l'humain. L'algorithmique est éthique à la double condition de subordonner ses codes à un projet humain et de constituer ce dernier à la lumière de normes morales précises. Ainsi donc, opter pour une machine auto-programmable ou auto-apprenante sans supervision humaine est déjà un parti pris éthique important. C'est l'inscription *a priori* d'un retrait de l'humain, ce qui n'est pas neutre d'un point de vue éthique et juridique.

D'autre part, nous pouvons nous demander s'il serait possible de traduire des exigences éthiques dans et par un algorithme. Nous parlons alors de la question de la possibilité d'une **éthique algorithmique** ⁽²⁾. Ici, le « regard » éthique ou le « contrôle » moral serait le fait non pas d'un humain mais d'un logiciel. Nous allons montrer que ceci n'est pas entièrement satisfaisant et que nous ne pouvons entièrement accepter l'introduction de « moral machines » ⁽³⁾.

Une éthique algorithmique ?

Il est pensable de programmer un système de telle manière qu'il contrôle la satisfaction de certaines règles. Mais la question de l'implémentation de l'éthique ne signifie pas seulement celle de règles plus ou moins complexes. Pourquoi ?

❶ Parce que l'**évaluation éthique** repose d'abord sur trois éléments majeurs : une appréciation de l'**objet** d'un acte ou d'une action, une prise en compte des éléments du contexte et enfin une appréhension de l'**intention** sous-jacente. Quels sont les éléments à prendre en compte dans un contexte complexe, inédit ? Quels sont les éléments signifiants et ceux qui ne le sont pas ? Comment évaluer une intention cachée, ambiguë ? ❷ Ensuite parce que la **décision éthique** demande que l'on reconnaisse, dans un contexte particulier, quelle règle générale va s'appliquer. Il faut effectuer une qualification des faits avant de leur appliquer la règle ou la loi. Ceci demande une interprétation assez fine.

(2) Nous nous permettons de renvoyer ici à notre article : LAMBERT Dominique, « Une éthique ne peut être qu'humaine ! Réflexion sur les limites des *moral machines* » in DOARÉ Ronan, DANET Didier et BOISBOISSEL (DE) Gérard (dir.), *Drones et killer robots. Faut-il les interdire ?* (préface de Renaud CHAMPION), Presses universitaires de Rennes, 2015, pp. 227-240.

(3) WALLACH Wendell et ALLEN Colin, *Moral Machines: Teaching Robots Right from Wrong*, Oxford University Press, 2008, 288 pages. ARKIN Ronald C., *Governing Lethal Behavior in Autonomous Robots*, CRC Press, 2009, 256 pages.

Dans ces deux cas, reconnaissance des éléments essentiels pour l'évaluation de la moralité d'un acte ❶ et qualification des faits ❷, il faut savoir « lire entre les lignes » et reconnaître ce qui n'est pas donné immédiatement dans le contenu apparent d'une situation ou dans les contours de la loi universelle. Il faut un **travail d'interprétation** qui est, pour une bonne part, intuitif et créatif, sans être arbitraire (il s'agit de faire de « l'interpolation » entre des données et non pas d'inventer sans contrôle des informations). Il n'est pas simple de programmer une machine pour faire ce genre de travail, surtout lorsqu'on est confronté à des situations inédites. On peut songer à des machines qui inventent de nouvelles règles, qui sortent des ensembles de règles connues, mais la complexité et le caractère inédit des situations imposent parfois que l'on puisse sortir (sans « règles de sortie de règles » !) de tout ensemble existant de règles « classiques », pour pouvoir sauver et faire fonctionner l'esprit général des règles et celui des lois. Dans de nombreuses situations, les machines dotées d'algorithmes implémentant des règles éthiques ou juridiques seront performantes et nécessaires ⁽⁴⁾, mais il existera toujours des situations dans lesquelles l'inédit forcera à inventer une solution, à créer de toutes pièces une manière de résoudre un problème éthique. Le propre de l'humain n'est certainement pas à situer dans la vitesse de raisonnement ni dans le volume d'informations à traiter, caractéristiques où les machines le dépassent allègrement. Le propre de l'humain réside dans cette capacité locale de produire un écart créateur, une rupture radicale qui, d'une certaine manière, permet de sortir d'une impasse. On oublie trop souvent, en droit ou en éthique, que la décision requiert quelque chose de l'ordre de la créativité. Celle-ci est tout autre chose qu'une production aléatoire ou débridée, mais une sorte de production d'une nouveauté qui, sans nier le cadre ancien, le déborde avec une cohérence nouvelle. Le raisonnement juridique, on le sait, est tout autre chose qu'une sorte de déduction mécanique et rigide à partir d'axiomes, comme l'ont montré les débats déjà anciens sur la possibilité d'une formalisation adéquate du raisonnement juridique par un système logique déterminé (la logique déontique par exemple) ⁽⁵⁾.

Le problème posé par l'idée d'une implémentation adéquate de l'éthique dans des programmes informatiques provient aussi des degrés de liberté laissés par le choix des normes, conditionné par le type de philosophie morale que l'on veut promouvoir. Or, toutes les éthiques ne sont pas « algorithmisables » de la même manière. En effet, les éthiques utilitaristes, fondées sur des principes de maximisation ou de minimisation de certaines fonctions ou grandeurs mesurables, se prêtent plus aisément que d'autres à l'écriture de programmes que celles basées sur des valeurs qualitatives (et difficilement quantifiables) par exemple. Opter pour une éthique radicalement algorithmique pourrait revenir implicitement à ne plus admettre que l'utilitarisme comme philosophie, ce qui est partial.

(4) Cf. DELMAS-MARTY Mireille, « La justice entre le robot et le roseau » in CHANGEUX Jean-Pierre (dir.), *L'Homme artificiel*, Odile Jacob, 2007, p. 246.

(5) PERELMAN Chaïm et OLBRECHTS-TYTECA Lucie, *Traité de l'Argumentation, la nouvelle rhétorique vol. I. et vol. II.*, Puf, 1958, 350 et 384 pages. Cf. KALINOWSKI Georges, *La logique des normes*, Puf, 1972, 218 pages. Les objections de Perelman à la réduction du raisonnement juridique à une telle logique ont été présentées, entre autres, lors du 14^e Congrès international de Philosophie à Vienne en septembre 1968 : *Akten des XIV Internationalen Kongress für Philosophie, t. II*, Vienne, Herder, 1968, p. 269-311.

On pourrait aussi « éduquer » éthiquement les machines. L'apprentissage par des machines a fait des progrès surprenant ces dernières années ⁽⁶⁾, et l'on pourrait utiliser ces techniques pour conférer aux robots des normes de comportement. Mais on sait que l'éducation dépend du milieu dans lequel elle est conférée et des superviseurs qui s'en chargent. Le choix de ces derniers, des contenus ou des temps d'apprentissage, ne peut être laissé à la machine, car elle n'a pas de véritables critères de discernement ou de moyens d'en justifier la pertinence. Ultimement, c'est une personne ou un groupe qui devra décider de la « bonne » éducation. Nous sommes de nouveau renvoyés à un choix humain crucial et à la responsabilité d'une personne ou d'une société. On pourrait aussi penser que la tendance à confier systématiquement des responsabilités morales à des machines conduira à désengager l'humain de ses responsabilités. Peut-être verra-t-on se développer des mentalités qui se soumettent de manière non-critique aux « décisions » morales des machines en perdant tout sens de leur devoir éthique propre.

La question essentielle de la responsabilité

Un robot doté d'IA pourrait être dans de nombreuses situations une aide puissante à la décision juridique ou éthique. On peut songer à des systèmes qui alertent les décideurs sur des conséquences néfastes de certaines de leurs actions en termes légaux ou de normes morales. Des algorithmes d'aide à la décision ou de contrôle éthiques sont, me semble-t-il, tout à fait importants. Mais, il ne faut jamais oublier que seul l'humain peut et doit répondre de ses actes. Dans les dilemmes classiques, les machines ne font souvent pas mieux que les humains et inversement ! Mais, la grande différence entre les premières et les seconds, c'est le fait que ces derniers prennent une responsabilité et acceptent de rendre compte de leurs actions. Ils sont, en effet, les **sujets** de leurs actions, alors que les **choses** ne peuvent jamais être dites ni sujets, ni responsables de leurs comportements. Dans les dilemmes, dans ces situations où hommes et machines sont, pour un temps qui se doit d'être très court, perdus, le sujet humain finit par trancher, en acceptant les conséquences de sa décision et en prenant sur lui tous les effets de son choix.

Il ne suffit donc pas qu'un « algorithme éthique » soit placé dans une machine pour que le problème moral de l'utilisation d'un robot autonome, armé ou non, soit réglé. Il faut encore savoir comment on peut remonter à un sujet responsable (celui qui a décidé de l'utilisation du robot autonome, celui qui a écrit l'algorithme éthique, etc.). Aujourd'hui, l'un des dangers de l'usage de la robotique et des techniques d'IA est l'usage potentiellement déviant des technologies comme écran à l'identification des responsables. La technologie et les réseaux complexes d'interactions hommes-machines peuvent donner l'impression que la responsabilité des acteurs est diluée ou même a disparu mais il n'en est rien ! Il y a toujours un ou plusieurs acteurs qui ont décidé de mettre en œuvre une technologie donnée et de l'autonomiser. Néanmoins, les

(6) LECUN Yann, « L'apprentissage profond : une révolution en intelligence artificielle », leçon inaugurale Amphithéâtre Marguerite de Navarre - Marcelin Berthelot, Collège de France, 4 février 2016 (www.college-de-france.fr/site/yann-lecun/inaugural-lecture-2016-02-04-18h00.htm).

possibilités de masquer ou de diluer les chaînes de responsabilité ont augmenté avec la sophistication technologique et la complexité des réseaux ⁽⁷⁾.

On pourrait se demander ce qui fonde notre insistance sur cette notion de responsabilité ? La réponse à cette question tient dans **un principe de cohérence humaine**. Si nous agissons en tant qu'humains, c'est pour bâtir une société, une économie, une politique, structurées par une vision déterminée de l'homme. Nos actions révèlent ce que nous sommes et ce que nous voulons. Notre humanité prend sens et se construit dans des actes que nous décidons, dont nous assumons les effets pour réaliser ce que nous croyons, individuellement ou socialement, important. Notre humanité passe et se dit par des actes dont nous répondons. C'est en les posant et en en répondant que l'humanité se construit. Parfois cette humanité se construit dans des parcours linéaires où tout semble facile à construire et à décider. D'autre fois, la grandeur de l'humain se voit dans un risque pris dans l'incertitude des situations ⁽⁸⁾, mais dans la conscience de certaines valeurs. Le droit comme l'éthique demandent un sujet responsable, car sa disparition signifierait l'évanescence de la cohérence et du contenu proprement humains de notre existence.

La fascination pour la vitesse et l'efficacité des machines autonomes dans l'exécution de certaines tâches pourrait conduire à une sorte de démission progressive de l'humain. Ces tâches se vidant alors de leur contenu réel. On le voit dans le risque des transactions financières à très haute fréquence qui conduisent à une économie vidée de sa substance ⁽⁹⁾.

Il est important de **revenir au sens** des activités. Ce qui donne sens, ce sont les finalités et les décisions humaines. L'enjeu majeur d'une réflexion sur l'utilisation des machines autonomes repose sur le choix ou non de sauvegarder le lien au sens profond des actions. Au fond, c'est le rapport ultime à des sujets responsables (capables de répondre de leurs actes et de leurs choix) qui est le chemin du sens, de la signification.

Critères pour un discernement éthique ?

Le choix d'une autonomie finalisée et responsable

Esquissons, à présent, les quelques critères éthiques d'évaluation de l'usage des robots autonomes que nous avons tenté de mettre en évidence.

Il est certain, comme nous l'avons dit que l'autonomie, entendue en un sens absolu, est exclue. Nul ne voudrait d'une machine qui ne réalise pas, ou qui redéfinit, les finalités prescrites par une autorité responsable, politique ou militaire. Mais, par contre, l'autonomie n'est pas exclue radicalement, car elle peut servir les finalités

(7) Nous renvoyons ici, pour ce qui est du monde financier où des problèmes similaires se posent, à l'ouvrage de Xavier THUNIS, *Responsabilité du banquier et automatisation des paiements*, Presses universitaires de Namur, 1996, 362 pages : « L'interposition d'un objet technique complexe change profondément les termes dans lesquels la responsabilité du banquier doit être posée et résolue » (p. 301).

(8) DESPORTES Vincent, *Décider dans l'incertitude* (2^e édition), Economica, 2015, 240 pages.

(9) Cf. par exemple : COOPER Ricky, DAVIS Michael et VAN VLIET Ben, « The Mysterious Ethics of High-Frequency Trading », *Business Ethics Quarterly*, vol. 26 n° 1, janvier 2016, p. 1-22.

humaines. Elle peut même être, dans certains cas, un gage de sécurité accrue. Ce qu'il nous faut, c'est assurer que les robots restent, dans leurs modes autonomes ou non, dans les cadres fixés par des intentions humaines précises (et bien entendu moralement et légalement défendables). Nous avons proposé de parler, dans ce cas, d'une autonomie **finalisée**. Bien entendu les finalités elles-mêmes doivent, à leur tour, faire l'objet d'un discernement. C'est ce double discernement qui doit caractériser une première évaluation de l'usage des robots autonomes.

L'analyse effective de cette autonomie **finalisée** doit être envisagée au niveau des contenus des algorithmes, mais aussi au niveau des intentions qui commandent ce qui y est écrit et ce qui n'y est pas écrit. L'approche éthique sera donc attentive également à ce qui reste oublié, à ce qui aurait pu être écrit mais qui ne l'est effectivement pas ! C'est à ces conditions que l'algorithmique sera dite « éthique ».

Nous pouvons et devons, vu la complexité des situations, penser à une éthique assistée par des machines douées éventuellement d'autonomie (c'est-à-dire de degrés de liberté importants). Cependant, une **éthique** seulement **algorithmique**, n'est pas ultimement satisfaisante, car la décision éthique n'est pas une simple application automatique de règles. Elle demande en outre une **créativité** qui permet, à certains moments cruciaux, de résoudre des problèmes en sortant (sans règles prédéterminées) des systèmes de règles pour en sauver l'esprit (et la compréhension de l'esprit des règles n'est pas facilement « algorithmisable »). L'écriture de ces algorithmes éthiques possède, quant à elle, une charge éthique. Car, décider de réduire l'éthique à des algorithmes est moralement lourd de sens, de même que le choix, souvent non explicitement justifié, du type d'éthique que l'on cherche à inscrire dans les lignes de code.

L'usage de machines pouvant opérer largement sans humains doit être enfin et surtout évalué à l'aune de la **responsabilité humaine**. La question centrale est : « Qui est responsable ? », c'est-à-dire « qui doit répondre et donner sens à l'action entreprise avec ce genre de machines ? ». Voilà une question centrale pour le discernement. Là où disparaissent et se brouillent, sous des écrans technologiques, les chaînes de responsabilité, les risques sont grands de voir se commettre des exactions. Un des critères de discernement pourrait donc être celui de la recherche d'un usage **finalisé** et **responsable** de l'autonomie. Mais au fond, ces deux qualificatifs « finalisé » et « responsable » traduisent la même exigence de maintien du lien de l'action avec la volonté humaine.

On ne pourrait alors, suivant ce critère, mettre en action un système technologique doué d'autonomie que dans la mesure où il resterait cohérent avec les finalités humaines. Une condition nécessaire de cette **cohérence anthropologique** serait assurée chaque fois que l'on serait en mesure d'identifier clairement la personne susceptible de répondre (responsabilité vient du verbe latin *respondere* !) de l'utilisation de la machine (en explicitant ses intentions) et d'en assumer les conséquences. Le défi éthique se fait ici technologique et organisationnel : comme maintenir, dans une procédure concrète de déploiement de machines douées d'autonomie, un rapport clair à une autorité responsable et à une exigence de conformité à des finalités fondées juridiquement et éthiquement. ♦

Trouvez le Sala ! (1)

La campagne internationale contre les « robots tueurs » : une décennie et déjà trois histoires

Éric GERMAIN

Membre de la Cerna (2). Il s'exprime ici à titre personnel et ses propos n'engagent ni la Direction générale des relations internationales et de la stratégie (DGRIS) pour laquelle il travaille, ni le ministère des Armées.

La campagne internationale contre les « robots tueurs » commence à véritablement intéresser les médias français (3) après la publication fin juillet 2015 d'une lettre ouverte. Elle est signée par d'éminentes personnalités du monde scientifique, au premier rang desquelles l'astrophysicien Stephen Hawking, et plusieurs patrons-stars de la Silicon Valley.

Si beaucoup de nos concitoyens découvrent alors ce nouveau sujet d'anxiété collective, un débat était déjà engagé depuis plusieurs années. En France, les Armées sont le premier acteur public à s'interroger sur les enjeux sociétaux nés des progrès du numérique et de la robotique et, sur le plan international, le ministère de la Défense – aujourd'hui ministère des Armées – a joué un rôle pionnier en lançant l'ouverture d'un nouveau chapitre du dialogue international de maîtrise des armements.

Cette généalogie du débat éthique, juridique et sociétal soulevé par la perspective de futurs Systèmes d'armes létaux autonomes (Sala) mérite d'être rappelée. Elle permet de mieux comprendre le travail mené ces cinq dernières années au sein de la Convention pour certaines armes classiques (CCAC) hébergée par l'Office des Nations unies à Genève. Elle éclaire surtout la stratégie de quelques industriels philanthropes qui opèrent avec cette campagne humanitaire un « jeu de bonneteau » où la focalisation autour des applications militaires de l'Intelligence artificielle (IA) permet opportunément de fixer l'anxiété des opinions publiques.

Nous proposons ici un essai d'anatomie d'une mobilisation internationale suivie, de l'intérieur, depuis près de dix ans.

(1) En référence au jeu de dupes du bonneteau, dont le nom en anglais est *Find the Lady*, « Trouvez la Dame », car il se joue traditionnellement avec trois cartes : les rois de pique et de trèfle, et la reine de cœur.

(2) Commission de réflexion sur l'éthique de la recherche en sciences et technologies du numérique d'Allistene (l'Alliance qui regroupe l'INRIA, le CNRS, la CPU, la CDEFI, le CEA, etc.).

(3) En quelques semaines, cette pétition a suscité près de 200 articles dans la seule presse française et plus de 2 500 dans les médias anglophones selon un recensement effectué par Didier Danet au Centre de recherches des Écoles de Saint-Cyr Coëtquidan (CREC Saint-Cyr).

2009-2012 : l'ICRAC, une prise de conscience encore limitée au monde universitaire

2009 représente une année clef dans la prise de conscience internationale des enjeux inédits posés par les usages militaires des nouvelles technologies de la robotique et du numérique. En France, la « robotique autonome à usage militaire » est l'un des sujets qui motive la proposition de création d'un comité d'éthique en Sciences et Technologies du numérique ⁽⁴⁾. Du côté américain, trois ouvrages parus en 2008-2009 éveillent les consciences : *Wired for War: The Robotics Revolution and Conflict in the 21st Century*, le best-seller de Peter W. SINGER ; *Governing Lethal Behavior in Autonomous Robots* de Ronald C. ARKIN ; et, sur un éventail plus large, *Moral Machines: Teaching Robots Right from Wrong* coécrit par Wendell WALLACH et Colin ALLEN ⁽⁵⁾.

Si cette prise de conscience s'exprime surtout aux États-Unis, c'est que ce pays est le premier (avec Israël ⁽⁶⁾) à avoir massivement investi dans les technologies dites *unmanned* (sans homme à bord) et cela, dans des proportions assez spectaculaires. Comme le rappelait Peter W. Singer (p. 32), aucun système robotisé n'est déployé au moment de l'entrée des troupes américaines en Irak en 2003, mais ils sont 150 dès l'année suivante pour atteindre, en 2008, une capacité de plus de 7 000 drones aériens et plus de 12 000 robots terrestres.

La plupart de ces systèmes ne sont alors pas armés et, quand ils le sont, l'ouverture du feu reste du ressort d'un opérateur humain qui agit à distance. Cependant, en mai 2009, le document de planification des évolutions capacitaires de la technologie des drones publié par l'Armée de l'air américaine affiche parmi ses dix perspectives majeures celle de passer d'un contrôle direct du système, *man in the loop*, à un contrôle supervisé, *man on the loop* ⁽⁷⁾. L'*US Air Force* annonce que, d'ici quelques décennies, les drones aériens seront capables de cibler et d'ouvrir le feu sur des combattants sans que cette action soit décidée par un opérateur humain. Par ailleurs, le document évoque des capacités futures de vitesse (hypersonique), de furtivité ou de saturation (essaims de drones) propres à exciter les imaginations. Le rapport prospectif de l'*US Air Force* suscite des inquiétudes d'autant plus vives qu'il est publié le jour même où le directeur de la *CIA*, Leon Panetta, s'exprime pour vanter le rôle des drones armés dans la guerre contre le terrorisme ⁽⁸⁾. Pour la première fois, la *CIA* assume pleinement cette guerre clandestine menée avec une technologie robotisée en affirmant que les frappes de drones sont la seule solution efficace, « *the only game in town* », pour combattre *Al-Qaïda* au Pakistan et ailleurs.

(4) *Rapport sur la création d'un comité d'éthique en Sciences et Technologies du Numérique*, INRIA, mai 2009, 31 pages (www.cnrs.fr/comets/IMG/pdf/03-inriastn.pdf), cf. p. 15, point 2.3.2. Ce rapport aboutira à la création de la Cerna par Allistene.

(5) Respectivement publiés par Penguin (2009, 400 pages), Chapman and Hall/CRC (2009, 256 pages) et Oxford University Press (2008, 288 pages).

(6) Lors de la guerre du Kippour de 1973, les forces armées israéliennes sont les premières à utiliser des drones aériens dans des missions offensives épuisant le feu des batteries antiaériennes égyptiennes ; KENT ALLEN et WILLIAMS James G. (dir.), *Encyclopedia of Computer Science and Technology*, vol. 29, n° 14, 1993, p. 310.

(7) *United States Air Force Unmanned Aircraft Systems Flight Plan 2009-2047*, Headquarters, US Air Force, Washington, 18 mai 2009, 82 pages (www.govexec.com/pdfs/072309kp1.pdf), p. 14.

(8) BENSON Pam, « US airstrikes in Pakistan called 'very effective' », *CNN*, 18 avril 2009 (<http://edition.cnn.com/2009/POLITICS/05/18/cia.pakistan.airstrikes/>).

Cette approche décomplexée et validée par le président Obama ⁽⁹⁾ entraîne, dès l'année suivante, un usage clandestin de drones armés d'une ampleur absolument inédite. Cette « guerre des drones » est soutenue par une grande majorité de l'électorat américain, démocrate comme républicain ⁽¹⁰⁾. Même si certaines ONG qualifient ces systèmes d'armes de « drones tueurs », l'opinion publique semble rassurée par un usage télé-opéré maintenant toujours un être humain pour déclencher le tir, dans une chaîne de commandement validée au plus haut niveau de l'État ⁽¹¹⁾. Le discours rassurant l'opinion publique sur la présence pérenne de l'« homme dans la boucle » est cependant mis à mal au début de l'été 2010 par l'annonce du déploiement au bord de la zone démilitarisée entre les deux Corée d'un robot garde-frontière *SGR-A1* capable d'ouvrir le feu de manière automatisée sur tout individu repéré par son système de « tracking » ⁽¹²⁾. Pour certains, l'apparition de ce « robot sentinelle » ouvrant le feu sans supervision humaine démontre que la problématique n'est plus l'évolution lointaine d'un *man in the loop* à un *man on the loop*, mais que nous serions déjà à l'étape du *man out of the loop* ! La perspective d'un « homme en dehors de la boucle décisionnelle » d'une arme létale ne relevant plus du débat prospectif, il devenait donc urgent de prendre des mesures immédiates pour contrôler, voire enrayer, le développement de ces « robots tueurs ».

En cette « année-zéro des guerres robotisées » ⁽¹³⁾, l'*International Committee for Robot Arms Control (ICRAC)* organise à Berlin, du 20 au 22 septembre 2010, une réunion internationale devant réfléchir à la mise en place d'un « contrôle des armements pour les robots, télé-opérés et autonomes » ⁽¹⁴⁾. Plusieurs grands pays participent en envoyant des observateurs travaillant au sein des institutions de défense – l'éthicien américain Edward Barrett ⁽¹⁵⁾ ou moi-même – ou des experts de *think tanks* liés aux administrations, à l'exemple du *Royal United Services Institute (RUSI)* de Londres pour Elizabeth Quintana ou encore du Centre pour le contrôle des armements de Moscou dans le cas d'Eugene Miasnikov. Les principales voix du débat public outre-Atlantique sont également présentes (Ronald C. Arkin, Wendell Wallach, Colin Allen). On note aussi la participation d'acteurs religieux comme l'Institut pour la religion et la paix de l'aumônerie militaire autrichienne ⁽¹⁶⁾ ou encore le *Rowntree Charitable Trust*, une

(9) Dans un discours prononcé le 25 mars 2010, le Conseiller juridique du département d'État Harold KOH justifie la politique d'exécutions ciblées par drones et étend aux activités clandestines d'une agence civile de renseignement le concept de *Pre-Emptive Self Defense* de la *Global War on Terror* lancée par George W. Bush.

(10) MICAH Zenko, « U.S. Public Opinion on Drone Strikes », *Council on Foreign Relations*, 18 mars 2013 (www.cfr.org/blog/us-public-opinion-drone-strikes).

(11) Barack Obama s'est appuyé sur le *Patriot Act* pour conduire cette politique d'« exécutions ciblées » d'individus dont la liste lui est soumise lors d'une réunion hebdomadaire (*Terror Tuesdays*) ; BECKER Jo et SHANE Scott, « Secret 'Kill List' Proves a Test of Obama's Principles and Will », *New York Times*, 29 mai 2012 (www.nytimes.com/).

(12) RABIROFF Jon, « Machine gun-toting robots deployed on DMZ », *Stars and Stripes*, 12 juillet 2010 (www.stripes.com/news/pacific/korea/machine-gun-toting-robots-deployed-on-dmz-1.110809).

(13) GERMAIN Éric, « 2010 : année zéro des guerres robotisées », *Revue Défense Nationale*, n° 740, mai 2011, p. 119-121 et, en anglais, « Outlook for Change in the International Legal Framework for the Use of Military Robotics », in DANET Didier, *Robots on the Battlefield*, Combat Studies Institute Press, Fort Leavenworth, 2013, p. 67-71 (www.law.upenn.edu/live/files/3882-hagerott-cyber-robots-history-and-warpdf).

(14) « Arms Control for Robots—Limiting Armed Tele-Operated and Autonomous Systems ».

(15) Edward T. Barrett, directeur de recherche au sein du *Stockdale Center for Ethical Leadership* de l'École navale d'Annapolis avait organisé cette même année (22-23 avril 2010) une conférence sur le thème « New Warriors & New Weapons: The Ethical Ramifications of Emerging Technologies ».

(16) Mandaté par l'Église catholique en 2009, l'*Institut für Religion und Frieden* a conduit une vaste étude sur les enjeux juridiques et éthiques des armes robotisées dirigée par Gerard Dabringer présent à Berlin.

fondation du mouvement Quaker dont l'aide financière permet à l'ICRAC d'organiser cette manifestation ⁽¹⁷⁾.

Si l'inquiétude face à l'accélération des développements technologiques est partagée par l'ensemble des participants, en revanche la réponse à y apporter fait l'objet d'un vrai débat. Faut-il se mobiliser pour demander un moratoire sur les armes « autonomes » ? Celui-ci doit-il porter sur la recherche ou seulement sur les développements ? Comment prendre en compte le caractère éminemment dual des technologies en cause, le cas du robot sentinelle sud-coréen développé par une société connue pour ses télévisions et téléphones portables – Samsung – n'illustre-t-il pas cette difficulté ? Enfin, une interdiction est-elle pragmatiquement envisageable ?

Avec l'intervention de son conseiller médical, le D^r Mark Steinbeck, la division juridique du Comité international de la Croix Rouge (CICR) montre aux participants toute la complexité d'un régime de contrôle pour des armes robotisées dont les règles d'engagement et les effets attendus sont encore très incertains. L'ICRAC, fondé un an auparavant par quatre chercheurs ⁽¹⁸⁾, oriente les débats vers deux options ⁽¹⁹⁾ : le moratoire ou l'interdiction totale, la seconde réunissant finalement la majorité des suffrages.

Outre le lancement formel de la campagne « *Arms Control for Robots* », une matinée de discussion avec des membres du *Bundestag* a sans doute contribué à renforcer l'intérêt des partis de gauche allemands pour ce sujet. Cela aura un impact important à partir de la fin de 2013 lorsque les sociaux-démocrates (SPD) et Les Verts mettront l'engagement pour l'interdiction des armements autonomes au cœur des accords de « grande coalition » des cabinets Merkel III et Merkel IV.

Néanmoins, sur le moment, l'impact médiatique de cet événement est objectivement très faible tout comme l'intérêt que cette campagne internationale suscite dans ses deux premières années d'existence. Les grandes ONG spécialisées dans les questions de désarmement suivent cette initiative, mais sans s'y impliquer ⁽²⁰⁾. Dans un premier temps, la campagne de l'ICRAC n'a aucune influence sur la communication des armées américaines qui, pour la première fois en 2011, affiche des modèles de drones terrestres et aériens armés sur la couverture de sa *Feuille de route* bisannuelle consacrée à la robotique militaire ⁽²¹⁾.

(17) Dans la deuxième phase du mouvement, on trouvera aussi un rôle important de PAX, la branche néerlandaise oecuménique de l'ONG *Pax Christi* tout comme, au sein de la CCAC, l'action discrète mais influente de Mission du Saint-Siège aux Nations unies.

(18) L'ICRAC est créée au Royaume-Uni en septembre 2009 par le roboticien britannique Noel Sharkey, le physicien allemand Jürgen Altmann et deux philosophes américain et australien Peter Asaro et Robert Sparrow.

(19) Le professeur Ronald C. ARKIN propose une troisième voie dans l'article collectif écrit dans les semaines suivant la réunion de Berlin. Nous revenons en conclusion sur cet article paru en 2011 dans la *Columbia Science and Technology Law Review*.

(20) Joanne Mariner, la directrice du programme « Terrorisme et Contre-terrorisme » au sein de *Human Rights Watch*, a participé à la réunion de Berlin de septembre 2010.

(21) *Unmanned Systems Roadmap FY2011-2036*, document publié depuis 2007 par le ministère de la Défense américain (<https://info.publicintelligence.net/DoD-UAS-2011-2036.pdf>). Le choix de mettre des matériels robotisés armés en couverture est repris pour l'édition suivante de 2013 (<https://info.publicintelligence.net/DoD-UnmannedRoadmap-2013.pdf>).

Le faible impact initial de la campagne de l'*ICRAC* peut être mis sur le compte d'au moins deux facteurs. D'une part, elle rencontre des problématiques internes liées à la capacité financière très modeste de l'*ICRAC* et au manque de professionnalisme de ses membres qui présentent plutôt un profil de chercheurs et d'universitaires, plus enclins à utiliser la raison que l'émotion dans leur argumentaire. Or, une campagne médiatique de désarmement en appelle d'abord à l'émotion de l'opinion publique (amplifier le sentiment de dégoût, de réprobation morale spontanée, ce que la Prix Nobel de la paix 1997 Jody Williams qualifie de « *yuck* effect » ou « effet "beurk" »). Pour y arriver, il faut souvent simplifier la problématique et user d'une vérité sélective, voire approximative, deux critères compliqués à mettre en œuvre pour un esprit scientifique, même pour servir une cause juste. La seconde raison de la faible mobilisation internationale des premières années tient aussi à un « positionnement » trop futuriste, appelant à une mobilisation contre des armes qui n'existent pas encore. À cela s'ajoute un monde militant pacifiste qui, dans ces années, est surtout mobilisé par l'espoir que suscitent les discours du président Barack Obama annonçant l'engagement de l'Amérique pour « un monde sans armes nucléaires »⁽²²⁾.

Cependant, l'actualité scientifique va relancer l'intérêt médiatique puis associatif. En février 2011, le programme informatique Watson remporte le jeu Jeopardy et certains de ses concepteurs chez IBM évoquent la réalisation du test de Turing (la capacité de conversation en langage naturel entre l'homme et la machine), seuil qui permettrait d'entrevoir la création d'une « IA forte ». La perspective angoissante d'une machine dotée d'une forme de conscience d'elle-même capable de surpasser l'homme relance l'intérêt médiatique. Il permet à Noel Sharkey d'entamer à la fin de l'année 2011 le rapprochement de l'*ICRAC* avec plusieurs grandes ONG, dont *Human Rights Watch* (*HRW*). Tout au long de l'année 2012, il réussit à convaincre des militants aguerris des processus d'Ottawa et d'Oslo (pour l'interdiction des mines antipersonnel et des armes à sous-munitions) de rejoindre cette nouvelle cause contre les « robots tueurs ».

2013-2015 : *HRW*, Christof Heyns et l'introduction du débat par la France à la CCAC

La seconde étape de professionnalisation de la campagne *Stop Killer Robots* se prépare tout au long de 2012 avec le soutien apporté en mars par l'initiative britannique *Article 36*⁽²³⁾ et son fondateur Richard Moyes qui organise le plan stratégique d'un projet de coalition d'ONG scellé en octobre à New York sous le pilotage de *HRW*. Un mois plus tard, *HRW* publie un rapport intitulé *Losing Humanity—the case against Killer Robots*, un document d'une cinquantaine de pages dont le roboticien Noel

(22) Le 4 avril 2009, le président Obama annonce à Prague : « *America's commitment to seek the peace and security of a world without nuclear weapons* » alimentant une dynamique qui se poursuit jusqu'à son message du 27 avril 2015, lors de la Conférence de révision du Traité de non-prolifération nucléaire (TNP), où il rappelle la phrase prononcée à Berlin en 2013 : « *so long as nuclear weapons exist we are not truly safe* ».

(23) BOLTON Matthew, NASH Thomas et MOYES Richard, « Ban autonomous armed robots », 5 mars 2012 (www.article36.org/statements/ban-autonomous-armed-robots/). Fondée quelques mois auparavant par Richard Moyes et Thomas Nash, le nom de cette ONG fait explicitement référence à l'article n° 36 intitulé « Armes nouvelles » du 1^{er} Protocole additionnel (PA I) aux Conventions de Genève (1949) signé en 1977.

Sharkey, le fondateur de l'ICRAC est le principal conseiller technique. HRW reprend la même stratégie adoptée vingt ans auparavant lorsqu'elle s'était appuyée sur l'expertise de l'ONG *Physicians for Human Rights* pour rédiger le rapport *Landmines in Cambodia—The Coward's War* de 1991 qui précéda le lancement de campagne internationale contre les mines antipersonnel.

Alors que le rapport *Losing Humanity* est mis en ligne le 19 novembre, par une heureuse coïncidence le Pentagone publie, à peine 48 heures après, sa toute première doctrine sur l'autonomie des systèmes d'armes⁽²⁴⁾. L'un des officiers auteurs de ce texte, Paul Scharre, rejoint dès l'année suivante un *think tank* de Washington, le *Center for a New American Security* (CNAS) pour continuer à travailler sur cette thématique.

On peut imaginer que le département de la Défense américain avait quelque idée de la réflexion menée au sein des bureaux new-yorkais de HRW, comme de celle conduite aux Nations unies par Christof Heyns, le Rapporteur spécial sur les exécutions extrajudiciaires. Ce dernier présente son rapport au Conseil des droits de l'homme de l'ONU le 9 avril 2013⁽²⁵⁾. Il s'inquiète de la perspective de développement et de prolifération d'armes nouvelles appelées LARs pour « *Lethal autonomous robotics/robots* », reprenant à son compte une inquiétude déjà exprimée par son prédécesseur (Philip Alston) dans son rapport de 2010. Mais le juriste sud-africain va plus loin en « engageant les États à imposer des moratoriums nationaux sur certaines activités relatives au LARs ».

HRW convie à Londres les 22 et 23 avril 2013 une trentaine d'ONG susceptibles d'être intéressées par ce nouveau sujet de maîtrise des armements. Elle souhaite les convaincre de l'intérêt du sujet et bâtir une stratégie de campagne. Les médias et les représentants institutionnels ne sont pas conviés mais, à l'invitation de l'ICRAC et du Mouvement Pugwash, nous y avons assisté. Pour la seconde fois, la campagne contre les « robots tueurs » est lancée mais, cette fois-ci, avec une approche beaucoup plus stratégique.

Outre-Manche comme outre-Atlantique, il est courant de parler de *philantropy industry* pour qualifier l'activité d'ONG humanitaires qui affichent un professionnalisme assumé et même revendiqué tant dans la gestion des capitaux dont elles disposent que pour les méthodes de *marketing*, de *lobbying* ou de *social influencing* qu'elles peuvent adopter. L'ONG *Human Rights Watch* fait partie de cette catégorie et c'est sans abus de langage que l'on peut qualifier d'« OPA amicale » sa prise de contrôle de la campagne initialement conduite par l'ICRAC. L'arrivée de cette ONG répond au choix stratégique de son bureau new-yorkais car HRW avait raté la mobilisation sur les « drones tueurs » (peut-être en raison de sa proximité avec l'Administration Obama⁽²⁶⁾) et se

(24) DEPARTMENT OF DEFENSE, *Directive n° 3000.09 « Autonomy in Weapon Systems »*, 21 novembre 2012 (<https://cryptome.org/dodi/dodd-3000-09.pdf>) ; ce document avait été précédé par un travail amont du DoD DEFENSE SCIENCE BOARD, *The Role of Autonomy in DoD Systems*, Task Force Report, juillet 2012.

(25) HEYNS Christof, Report of the Special Rapporteur on extrajudicial, summary or arbitrary executions, 09 avril 2013, United Nations General Assembly, 22 pages, (www.ohchr.org/) cf. p. 7, point n° 35.

(26) L'un des cadres de HRW, Tom Malinowski, est nommé en avril 2014 au poste de Secrétaire d'État-adjoint pour la démocratie et les droits de l'Homme.

trouvait distancée parmi les ONG du désarmement. En s'investissant dans un sujet de désarmement « futuriste », *HRW* inversait cette erreur de positionnement en ringardisant à son tour la mobilisation contre les drones présentés comme « la "Ford modèle T" des nouvelles technologies de guerre » ⁽²⁷⁾.

Le fait de parler d'un système d'armes qui n'existe pas et pour lequel on ne peut donc pas présenter d'image de « robot tueur », et encore moins de ses victimes, semblait freiner l'intérêt médiatique nécessaire pour créer une mobilisation populaire. Pourtant, *HRW* réussit le tour de force de transformer ce handicap en atout. Comme le déclare Steve Goose, le directeur de la division Armes de *HRW*, devant les ONG réunies à Londres, dans ce nouveau type de campagne « sans survivants, sans victimes et sans visuels », il est inutile de dépenser de l'énergie et de l'argent pour présenter les dangers de cette technologie, l'expression de « robots tueurs » renvoyant chacun à un imaginaire anxiogène, nourri par des décennies de cinéma hollywoodien.

Sauver l'humanité d'un futur à la *Terminator* par l'adoption d'un *Pre-Emptive Ban* (une « interdiction préventive ») est une proposition difficilement critiquable. Pour autant aiguillonne-t-elle la mobilisation publique vers les applications les plus immédiatement préoccupantes de ces technologies ? On pouvait répondre par la négative en 2013 ⁽²⁸⁾ et les cinq années suivantes nous ont plutôt confortées dans ce sentiment. Pour autant, le sujet de futurs systèmes d'armes « autonomes » dans leurs fonctions de ciblage et d'ouverture de feu présente-t-il des enjeux éthiques essentiels que les militaires ont le devoir de se poser ? La réponse est incontestablement positive.

La perspective de disposer de robots sans émotions (sans peur, sans haine ou sans fatigue) qui, programmés pour respecter les Conventions de Genève, seraient déployés en lieu et place de soldats nous semble susciter davantage l'intérêt de civils que de militaires. On aurait tort d'y voir une simple réaction « corporatiste » de soldats craignant que leur métier ne soit un jour confié à des machines. Ils comprennent mieux que d'autres qu'un être humain qui accepte sous l'uniforme de son pays de donner la mort, mais aussi le risque de la recevoir, n'a rien à voir d'un point de vue éthique avec une « machine » qui (à ce jour) ne fait pas un choix, mais calcule un choix. Or, une décision potentiellement létale reposant sur un calcul statistique peut être vue comme portant atteinte à la dignité humaine.

Avant même que la campagne *Stop Killer Robots* ne soit relancée à Londres, une sénatrice française avait posé une question écrite au ministre de la Défense pour connaître la doctrine française en matière d'armes totalement autonomes également surnommées « robots tueurs » ⁽²⁹⁾. Dans sa réponse publiée le 25 juillet 2013, Jean-Yves Le Drian affirme que « les enjeux éthiques, juridiques et sociétaux que pose la robotique dans ses usages militaires, mais également civils, sont discutés très en amont

(27) Interview de Jody WILLIAMS à *Time* le 15 mars 2013 diffusée sur *YouTube* (www.youtube.com/), cf. 3'35.

(28) GERMAIN Éric, « La campagne contre les "robots tueurs" se trompe-t-elle de cible ? », *Le Monde*, 24 juin 2013 (www.lemonde.fr/) et aussi GUIBERT Nathalie, « Le spectre des robots tueurs », *Le Monde*, 18 juin 2013 (www.lemonde.fr/).

(29) GARRIAUD-MAYLAM Joëlle (Sénatrice UMP des Français établis hors de France), Question écrite n° 4498 au ministère de la Défense sur les armes totalement autonomes soumise le 07 février 2013, réponse publiée le 25 juillet 2013 (www.nossenateurs.fr/question/14/04498).

Trouvez le Sala !

La campagne internationale contre les « robots tueurs » : une décennie et déjà trois histoires

et de manière critique et responsable au sein du ministère de la Défense ». Il ajoute que « si ces questions venaient à être portées dans une enceinte multilatérale, la France privilégierait le cadre onusien de la Convention sur certaines armes classiques, adoptée à Genève le 10 octobre 1980 par la Conférence des Nations unies, qui vise à réduire les souffrances humaines en établissant un cadre normatif permettant de mieux contrôler l'utilisation de certains matériels spécifiques ».

Le ministre indique ici clairement son souhait de voir le sujet porté dans une enceinte universelle de discussion. Après quelques échanges avec le ministère des Affaires étrangères, il est effectivement apparu que seule une approche multilatérale permet d'envisager une réponse effective à des problématiques éthiques et sociétales globales et que la Convention de 1980 sur certaines armes classiques (CCAC ou *CCW* en anglais) représente le cadre le plus légitime pour cela.

La France, prenant la présidence annuelle de la CCAC à l'automne 2013, c'est donc assez naturellement que notre représentant permanent auprès de la Conférence du désarmement à Genève organise le 3 septembre un premier séminaire sur les enjeux de futures armes autonomes. En novembre 2013, lors de l'assemblée générale annuelle de la CCAC, il propose à ses homologues de mettre ce nouveau sujet à l'ordre du jour. La première étape est d'ouvrir un dialogue informel, ouvert aux experts, afin de permettre aux États parties au traité de se faire une idée du périmètre du sujet et de ses enjeux. Il est décidé de ne pas parler de « robots létaux autonomes » mais de « systèmes d'armes létaux autonomes » (Sala ou *LAWS* en anglais) afin de ne pas stigmatiser une discipline technologique particulière (la robotique), d'autant plus que le sujet clef de l'autonomie relève davantage du domaine du numérique que de la robotique. Fin 2013, les *LARs* deviennent des *LAWS* !

Le mandat adopté en novembre 2013 précise que « sous l'autorité du président, une réunion informelle d'experts de quatre jours se tiendra du 13 au 16 mai 2014 afin de discuter des questions relatives aux technologies émergentes liées aux systèmes d'armes létaux autonomes ». En lançant le sujet à la CCAC, la France partage le point de vue du CICR qui, dans le rapport de sa 31^e Conférence internationale, précise que le passage d'un système d'armes « automatisé » à un système d'armes « autonome » signifie deux choses : « une capacité d'apprentissage et d'adaptation » et une « intelligence artificielle »⁽³⁰⁾.

La réunion d'experts de 2014 permet de commencer un débat ouvert à une grande variété de points de vue. L'objectif initial est de comprendre ce que pourrait être un Sala, un exercice prospectif délicat dans la mesure où il faut analyser les progrès technologiques les plus récents pour extrapoler une ou plusieurs évolutions possibles. Il s'agit bien évidemment d'une réflexion assez technique, dont la complexité ne satisfait ni les ONG, ni les États soucieux de générer une couverture médiatique importante.

(30) ICRC, *Report of the 31st International Conference of the Red Cross and Red Crescent*, octobre 2011, p. 39 (www.icrc.org/). Une définition reprise par LAWAND Kathleen, « Fully autonomous weapon systems », 25 novembre 2013 (www.icrc.org/eng/resources/documents/statement/2013/09-03-autonomous-weapons.htm).

Dans les mois qui suivent cette première réunion d'experts à la CCAC, le ministère des Affaires étrangères allemand finance ⁽³¹⁾ des travaux de recherche susceptibles d'encadrer les débats de la prochaine présidence allemande de la CCAC. Mais cette recherche d'expertise se fait majoritairement auprès de militants de la campagne pilotée par *HRW* qui souhaitent abandonner la distinction autonomie/automatisme pour ne parler que de « niveaux d'autonomie » dont l'« autonomie totale » sera le degré ultime ⁽³²⁾. L'ambassadeur d'Allemagne qui succède à la présidence française reprend à son compte le concept de « contrôle humain significatif » que l'ONG Article 36 avait proposé dès le lancement de la campagne contre les « robots tueurs » ⁽³³⁾. Cette notion de *Meaningful Human Control (MHC)* appliquée aux « fonctions critiques » de ciblage et d'ouverture du feu des armements permet de sortir du cadre du mandat initial (celui des systèmes autonomes). Le *MHC* peut concerner tout type d'armement automatisé car l'appréciation d'un contrôle « significatif » est suffisamment subjective pour concerner *a priori* n'importe quel système d'armes moderne.

Sans surprise, les deux réunions d'experts sur les Sala de 2014 et de 2015 sont marquées par un raidissement des positions entre des pays investis de longue date dans les campagnes de désarmement et les grandes puissances militaires très hostiles à s'engager dans des mesures contraignantes fondées sur une appréciation subjective. Pour une majorité de pays, un Sala demeure encore une abstraction qui reste à définir ou, du moins à caractériser (dire, notamment, ce que ne serait pas un Sala).

La couverture médiatique de ces débats prend aussi une orientation moins technique et plus politique. En 2010, le choix de tout organisateur d'une conférence qui aurait voulu confronter un « pro » et un « anti » Sala se serait naturellement porté sur deux roboticiens : Noel Sharkey et Ronald C. Arkin. À partir de 2014, il ne s'agit plus de roboticiens, mais d'intellectuels davantage rodés aux arcanes de la communication stratégique avec, par exemple, l'universitaire américaine Heather Roff face à Paul Scharre, ancien officier du Pentagone désormais responsable de l'*Ethical Autonomy Project* ⁽³⁴⁾ au sein du *CNAS*, un *think tank* de Washington.

De l'été 2015 à l'été 2018 : le tandem Stuart Russel/Elon Musk et la création du groupe gouvernemental d'experts à la CCAC

La troisième époque de la campagne internationale contre les Sala est marquée par l'entrée en scène d'un éminent professeur en intelligence artificielle, Stuart Russel,

(31) Un financement direct par une subvention à l'Institut des Nations unies pour la recherche sur le désarmement (*UNIDIR*) puis, à partir de 2017, par une aide indirecte à l'*IPRAWN (International Panel on the Regulation of Autonomous Weapons)* mis en place par la *Stiftung Wissenschaft und Politik (SWP)*.

(32) À l'exemple de la réflexion menée dans le domaine de l'automobile par la *Society of Automotive Engineers* proposant six degrés d'autonomie ; REESE Hope, « Autonomous driving levels 0 to 5 », *TechRepublic*, 20 janvier 2016 (www.techrepublic.com/article/autonomous-driving-levels-0-to-5-understanding-the-differences/).

(33) ARTICLE 36, « Killer Robots: UK Government Policy on Fully Autonomous Weapons », avril 2013 (www.article36.org/wp-content/uploads/2013/04/Policy_Paper1.pdf).

(34) Un projet rendu possible grâce à une généreuse donation de la *John D. and Catherine T. MacArthur Foundation* qui a financé le programme *20YY Warfare Initiative* dirigé par Paul Scharre. Au même moment, le *CNAS (Center for a New American Security)* accueille Robert Work qui sera le « père » de la *Third Offset Strategy* annoncée fin 2014.

La campagne internationale contre les « robots tueurs » : une décennie et déjà trois histoires

d'un industriel visionnaire, Elon Musk, et par la médiatisation apportée par le parrainage du physicien Stephen Hawking.

Le *Future of Life Institute (FLI)* voit le jour en mars 2014, mais c'est en janvier 2015 que cette association prend une dimension internationale avec l'organisation à Puerto Rico de la conférence « L'avenir de l'IA : opportunités et défis ». Elle réunit du 2 au 5 janvier 2015 des scientifiques de renom, mais aussi des grands patrons de l'industrie du numérique dont Luke Nosek (PayPal), Elon Musk (SpaceX et Tesla Motors), Demis Hassabis (Google Deepmind) et Jaan Tallinn (Skype). Plusieurs spécialistes en communication stratégique sont invités comme Charina Choi, alors chargée de définir la « Vision et stratégie IA » de Google, ou Steve Crossan, un ancien cadre de l'ONG *Amnesty International* ayant rejoint Google en 2005 pour y monter des projets philanthropiques d'« impact social »⁽³⁵⁾.

Il n'y a pas eu de couverture médiatique de cette réunion, car « afin de faciliter des discussions candides et constructives, aucun média n'était présent »⁽³⁶⁾. Le sujet des Sala y a été vraisemblablement abordé par l'éthicien Wendell Wallach et surtout par la politologue Heather Roff Perkins, très impliquée la campagne *Stop Killer Robots*. Dans une *interview* donnée à son université de retour de cette conférence, elle déclare : « Je suis intervenue pour dire : voici le type d'armes que nous avons actuellement et voici ce vers quoi (le département de la Défense) dit qu'il se dirige pour les 20 ou 30 prochaines années »⁽³⁷⁾. Le 15 janvier 2015, Elon Musk annonce un don de 10 millions de dollars au *FLI* qui permet d'envisager une véritable action d'influence à l'échelle mondiale et d'orienter stratégiquement ses activités vers l'objectif de « développer des visions optimistes du futur »⁽³⁸⁾. Pour atteindre cet objectif de « faire aimer l'IA à ceux qui en ont peur », il s'agit désormais de fixer une peur générique sur un seul objet : l'IA militaire et son incarnation objectivement la plus anxiogène, le Sala.

Les universitaires qui alimentent la réflexion intellectuelle de la campagne *Stop Killer Robots* de *HRW* bénéficient directement de cette manne financière offerte par Elon Musk – 116 974 \$ pour Peter Asaro (*New School*, New York), 136 918 \$ pour Heather Roff (Université de Denver) ou les 180 000 \$ attribués à Wendell Wallach (Université de Yale)⁽³⁹⁾ –, mais ce sont surtout les chercheurs qui fournissent des réponses technologiques aux problématiques éthiques qui se trouvent le plus généreusement financés : 275 000 \$ pour Francesca Rossi (Université de Padoue) ou 342 727 \$ pour Stuart Russell (Université de Californie à Berkeley).

(35) Dans cette politique de « social impact », Steve Crossan est à l'origine en 2011 du soutien très médiatisé aux internautes égyptiens (l'initiative *Speak2Tweet*) et de l'ouverture de l'Institut culturel Google de Paris.

(36) « AI safety conference in Puerto Rico », *Future of Life Institute*, 12 octobre 2015 (<https://futureoflife.org/2015/10/12/ai-safety-conference-in-puerto-rico/>).

(37) Propos recueillis par FORGUES Brent, « Korbel Professor Attends Innovative Conference on the Future of Artificial Intelligence », 21 janvier 2015 (www.du.edu/korbel/about/news/2015-ai-conference.html).

(38) *Mission: To catalyze and support research and initiatives for safeguarding life and developing optimistic visions of the future, including positive ways for humanity to steer its own course considering new technologies and challenges* (<https://futureoflife.org/team/>).

(39) TEGMARK Max, « Elon Musk donates \$10M to keep AI beneficial », *FLI*, 12 octobre 2015 (<https://futureoflife.org/2015/10/12/elon-musk-donates-10m-to-keep-ai-beneficial/>).

Présent à Puerto Rico, le professeur Russell participe à la seconde réunion informelle d'experts sur les Sala qui se tient à Genève du 13 au 17 avril 2015. Nous nous sommes rencontrés pour la première fois à cette occasion et il nous a expliqué (et répété à la tribune de la CCAC ⁽⁴⁰⁾) que son intérêt pour la campagne anti-« robots tueurs » est motivé par le souci de préserver la réputation de sa discipline, l'intelligence artificielle. Le directeur du Centre pour les systèmes intelligents de l'Université de Californie à Berkeley regrette que désormais, à chaque fois qu'il aborde la question de l'IA, de l'apprentissage-machine ou de la robotique « intelligente », cela se termine inmanquablement par une discussion sur *Terminator*. Plus trivialement, et il ne s'en cache nullement, il craint que cette image délétère n'entraîne une baisse des financements des laboratoires de recherche travaillant dans cette discipline.

Stuart Russell en conclut que, pour redonner de la popularité aux recherches et aux applications civiles de l'IA, il convient de les distinguer clairement de leurs perspectives les plus anxiogènes qu'il identifie comme exclusivement liées aux domaines de la sécurité et de la défense. Dans cette action stratégique de « communication de crise », Stuart Russell trouve un appui majeur auprès des grands patrons de la Silicon Valley.

Le 28 juillet 2015, à l'ouverture de l'*International Joint Conference on Artificial Intelligence (IJCAI)*, le forum mondial de l'IA organisé depuis 1969) est lancée une pétition appelant à l'interdiction des développements militaires de l'IA qui conduiraient à la fabrication d'armes autonomes. Cette lettre ouverte reprend une première initiative lancée en janvier ⁽⁴¹⁾ mais en se focalisant sur le seul domaine militaire avec des « armes autonomes [qui] deviendront les *Kalashnikov* de demain » ⁽⁴²⁾. Le dernier paragraphe de cette seconde lettre ouverte synthétise l'approche manichéenne adoptée « *Good AI vs. Bad AI* » (distinguant la « bonne » IA civile de la « mauvaise » IA militaire) : « En résumé, nous croyons que l'IA présente un grand potentiel bénéfique pour l'humanité et c'est l'objectif que nous devons avoir dans ce domaine. Commencer une course aux armements dans l'IA militaire est une mauvaise idée et devrait être empêchée par une interdiction des armes offensives autonomes au-delà d'un contrôle humain significatif » ⁽⁴³⁾.

On ne parle pas ici de Sala mais d'« armes de l'IA » (*AI weapons*) dépassant le seuil d'un « contrôle humain significatif ». Ce seuil subjectif doit être défini par des normes et c'est bien dans ce champ normatif que le *Future of Life Institute* entend désormais peser. Il va s'appuyer sur une association professionnelle ayant développé une grande force normative : *The Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE)*

(40) Cf. diapo n° 24 de sa présentation Power Point « Artificial Intelligence: Implications for Autonomous Weapons » (www.unog.ch/).

(41) MACMILLAN Robert, « AI Has Arrived, and That Really Worries the World's Brightest Minds », *WIRED*, 16 janvier 2015 (www.wired.com/2015/01/ai-arrived-really-worries-worlds-brightest-minds/) et pour le texte de la première lettre ouverte (<https://futureoflife.org/ai-open-letter/?cn-reloaded=1>).

(42) Pour une critique détaillée de cette lettre ouverte et de ses assertions, lire GANASCIA Jean-Gabriel, POWERS Thomas M. et TESSIER Catherine, « On the Autonomy and Threat of "Killer Robots" », *APA Newsletter on Philosophy and Computers*, vol. 17, n° 2, printemps 2018, p. 3-9.

(43) AI & ROBOTICS RESEARCHERS, « Autonomous Weapons: An Open Letter » (<https://futureoflife.org/open-letter-autonomous-weapons/>).

qui revendique plus de 400 000 membres répartis sur tous les continents. On retrouve, parmi les signataires de la lettre ouverte de juillet 2015, de nombreux membres d'*IEEE-CS*, la *Computer Society*, la plus importante des 39 sociétés techniques que compte *IEEE*. L'implication de l'association dans la campagne du *FLI* correspond à l'orientation stratégique donnée par son directeur de la branche standardisation et propriété intellectuelle qui souhaite « l'accroissement de l'influence de l'*IEEE* dans les domaines-clé techno-politiques, ce qui inclut de considérer les implications sociales et éthiques de la technologie » ⁽⁴⁴⁾.

En mars 2016, la victoire du système AlphaGo de Google DeepMind contre le champion de Go sud-coréen Lee Sedol relance les inquiétudes sur la maîtrise humaine du progrès scientifique. Le 5 avril 2016, juste avant que ne s'ouvre la troisième réunion d'experts sur les Sala à Genève, *IEEE* lance sa *Global Initiative for Ethical Considerations in Artificial Intelligence and Autonomous Systems* ⁽⁴⁵⁾. Cette initiative mondiale forme un groupe de travail spécifique sur le sujet des « systèmes d'armes autonomes » présidé par le directeur du projet IA du *Future of Life Institute* ⁽⁴⁶⁾. La quasi-totalité des membres du groupe de travail sont investis dans la campagne contre les armes autonomes : Noel Sharkey naturellement, mais aussi les trois chercheurs dont les travaux sont désormais financés par Elon Musk (Peter Asaro, Heather Roff et Stuart Russell) ainsi que Ryan Gariepi, le fondateur de Clearpath Robotics, une société canadienne qui est la première entreprise du secteur à rejoindre la campagne *Stop Killer Robots* en août 2014 ⁽⁴⁷⁾.

La *Global Initiative* de l'*IEEE* organise plusieurs événements tout au long de l'année dont un « Forum éthique et IA » le 15 novembre 2016 à Bruxelles auquel nous avons assisté. Quelques semaines plus tard sort la première version d'un document intitulé : *Ethically Aligned Design: A Vision for Prioritizing Human Wellbeing with Artificial Intelligence and Autonomous Systems* ⁽⁴⁸⁾. Les solutions concrètes d'« éthique *by design* » proposées traduisent des principes éthiques en normes et réglementations et produisent une *soft law* proposée aux entreprises et aux pouvoirs publics. Même si l'adhésion se fait sur une base volontaire, ce « droit mou » est appelé à prendre une dimension de plus en plus contraignante en se généralisant.

Dans son action normative, *IEEE* met en place un processus de consultations qui se veut très ouvert car il souhaite aboutir à des normes consensuelles. Cependant, la sociologie de l'organisation, ses méthodes, sa culture et les rapports de force ⁽⁴⁹⁾

(44) « Konstantinos Karachalios (...) championed expansion of IEEE influence in key techno-political areas, including consideration of social and ethical implications of technology, according to the IEEE mission to advance technology for humanity » (www.ieee.org/about/management-council.html).

(45) « IEEE Standards Association Introduces Global Initiative for Ethical Considerations in the Design of Autonomous Systems », 5 avril 2016 (https://standards.ieee.org/news/2016/ieee_autonomous_systems.html).

(46) *Ethically Aligned Design—A Vision for Prioritizing Human Wellbeing with Artificial Intelligence and Autonomous Systems (version 1 for public discussion)*, IEEE, 13 décembre 2016, p. 123 (<https://standards.ieee.org/>).

(47) HENNESSEY Meghan, *Clearpath Robotics Takes Stance Against 'Killer Robots'*, 13 août 2014 (www.clearpathrobotics.com/2014/08/clearpath-takes-stance-against-killer-robots/).

(48) La 1^{re} version du document (13 décembre 2016) (<https://standards.ieee.org/>) et la 2^{nde} (<https://ethicsinaction.ieee.org/>).

(49) Financées par l'industrie, les universités américaines investissent dans la recherche sur l'éthique des développements de l'IA et cette force d'expertise très pluridisciplinaire domine naturellement le débat international ; voir « Carnegie Mellon University Announces K&L Gates Professorships », 03 avril 2018 (www.cmu.edu/).

représentés font qu'une « main invisible » opère plutôt en faveur des intérêts de la recherche et de l'industrie américaine. D'autant que les acteurs industriels du domaine sont loin d'être passifs à l'image de Google, Amazon, Facebook, Microsoft et IBM qui annoncent, en septembre 2016, la création d'une organisation commune appelée « Partenariat pour l'IA » (*Partnership on Artificial Intelligence to Benefit People and Society* qu'Apple rejoint en janvier 2017) ⁽⁵⁰⁾.

Le 23 août 2017, deux ans après la très médiatisée « *Open Letter on AI* » co-signée par Stephen Hawking et les patrons des Gafami ⁽⁵¹⁾, une seconde lettre ouverte est présentée à Melbourne lors de l'*IJCAI-2017*. Le texte a été rédigé par les deux éminents professeurs britanniques Stuart Russell et Toby Walsh ⁽⁵²⁾. Pour ce dernier, il s'agit d'aller plus loin en menaçant de boycotter les entreprises, mais aussi les universités qui participeraient à des projets militaires sur l'IA ⁽⁵³⁾. Le texte fait très directement référence aux travaux de la CCAC à Genève dont la première réunion du nouveau groupe d'experts gouvernementaux (GGE) sur les Sala vient d'être repoussée à la semaine du 13 novembre 2017 ⁽⁵⁴⁾.

Cette seconde étape inaugure un rôle plus visible d'Elon Musk qui a besoin de redorer une image quelque peu ternie par sa proximité avec Donald Trump depuis sa nomination au Conseil économique consultatif du Président ⁽⁵⁵⁾. Plus fondamentalement, cette initiative montre une volonté d'internationaliser, ou plus exactement de « dé-américaniser », la campagne en mettant en avant six signataires (sur 116) : Elon Musk (États-Unis), Mustafa Suleyman (Royaume-Uni), Esben Østergaard (Danemark), Jürgen Schmidhuber (Suisse), Yoshua Bengio (Canada, fondateur du *Montreal Institute For Learning Algorithms*) et le français Jérôme Monceaux (fondateur d'Aldebaran Robotics qui produit les robots *Nao* et *Pepper*).

Le choix des nationalités est très stratégique car chacun de ces pays a un rôle particulier à jouer dans la perspective d'une éventuelle négociation d'un « traité d'interdiction des armements autonomes ». L'Europe est clairement la cible principale identifiée, d'autant que la réflexion éthique institutionnelle, financée depuis de nombreuses années par l'Union européenne (UE), s'y est structurée autour d'une ligne plutôt pacifiste. Lors de l'*European Robotics Forum* qui se déroule en mars 2013 à Lyon, nous avons co-animé avec Noel Sharkey une table ronde où nous avons abordé cette impasse faite sur les sujets de la robotique militaire qui, aujourd'hui, ne permet pas à

(50) *The Partnership on AI to Benefit People and Society* (www.partnershiponai.org/).

(51) Google (Alphabet), Apple, Facebook, Amazon, Microsoft et IBM.

Demis Hassabis et Mustafa Suleyman pour Google-DeepMind, Steve Wozniak pour Apple ou Eric Horvitz pour Microsoft.

(52) Toby Walsh est le principal rédacteur de la lettre (comme de celle de juillet 2015). Cette initiative coïncide avec le lancement de son livre *It's Alive! Artificial Intelligence from the Logic Piano to Killer Robots*, La Trobe University Press, juillet 2017, 369 pages.

(53) La première tentative de boycott est lancée en 2018 contre l'Institut supérieur coréen des sciences et technologies (KAIST) : VINCENT James, « Leading AI researchers threaten Korean university with boycott over its work on "killer robots" », *The Verge*, 04 avril 2018 (www.theverge.com/).

(54) Ce GGE créé lors de la conférence de révision de la CCAC en décembre 2016 et placé sous la présidence de l'Inde s'est réuni à deux reprises du 13 au 17 novembre 2017 et du 28 au 31 août 2018 (www.unog.ch/).

(55) Comme illustration de ce soutien voir MUSK Elon, « AI is vastly more risky than North Korea », *The Guardian*, 14 août 2017 (www.theguardian.com/technology/2017/aug/14/elon-musk-ai-vastly-more-risky-north-korea).

l'UE de peser dans un débat international dominé par des voix britanniques et américaines. À l'époque, au sein de la Plateforme de technologie robotique européenne, le groupe d'experts sur l'éthique de la robotique rassemblait huit chercheurs : cinq Britanniques (dont trois de l'Université de Sheffield Amanda, Noel Sharkey et Tony Prescott) et trois Italiens. Cette même « géopolitique » se retrouve au sein du conseil scientifique du *Future of Life Institute (FLI)* qui, outre quelques chercheurs britanniques, compte aussi une Italienne : Francesca Rossi, professeur en informatique à l'Université de Padoue.

Les relais d'opinion que le *FLI* construit en Europe lui permettent de développer une stratégie de communication qui cible tout autant l'enceinte onusienne de la CCAC de Genève que les institutions européennes de Bruxelles. Ainsi, c'est d'un pays de l'Union européenne, la Suède, et avec l'appui de l'Association européenne pour l'IA (*EurAI*, ex-*ECAI*) que le *FLI* lance le 18 juillet lors de l'*IJCAI-2018* son « Engagement sur les Armes autonomes létales »⁽⁵⁶⁾. Ce texte appelle moins les gouvernements à signer un traité d'interdiction qu'« à créer un futur avec des normes internationales fortes, des règles et des lois contre les armes autonomes létales ». Cet engagement s'appuie sur la diffusion d'une vidéo de quelques minutes dans laquelle des essaims de microdrones dotés de capacités de reconnaissance faciale traquent et tuent de manière autonome des étudiants contestataires⁽⁵⁷⁾. Le film qui n'annonce que tardivement qu'il s'agit d'une fiction se termine par une intervention de Stuart Russell et affiche le lien autonomousweapons.org renvoyant à la campagne pilotée par le *FLI*. Il ne s'agit donc plus de soutenir la campagne *Stop Killer Robots* conduite par *Human Rights Watch*, mais d'affirmer le *leadership* du *Future of Life Institute* qui prend le contrôle du tempo médiatique et de la mobilisation internationale contre les armes autonomes.

Le 12 septembre 2018, la résolution commune sur les systèmes d'armes autonomes votée par le Parlement européen cite à deux reprises la lettre ouverte du *FLI* d'août 2017 « signée par 116 fondateurs d'entreprises de pointe dans les domaines de l'intelligence artificielle et de la robotique » qui semble avoir davantage impressionné les députés que l'action des ONG qui est simplement mentionnée parmi « les initiatives de la société civile », dans une liste qui commence par évoquer l'action du CICR⁽⁵⁸⁾.

Aujourd'hui : quelles avancées, quelles perspectives et quels écueils d'une surenchère transhumaniste ?

Cet article assume la subjectivité d'un observateur qui, au sein d'une administration, suit ce sujet depuis 2009. Nous éprouvons un profond respect pour les universitaires et chercheurs tels que Noel Sharkey, Jürgen Altmann ou Wendell Wallach qui alertent depuis plus de dix ans l'opinion publique internationale sur un sujet de légitime inquiétude. Notre regard est plus critique sur l'action d'une « industrie de

(56) *Lethal Autonomous Weapons Pledge* (<https://futureoflife.org/lethal-autonomous-weapons-pledge/>).

(57) LAM DX, *Killer robots, an increasingly real fiction* (www.youtube.com/watch?v=Sy-jyB2syx4).

(58) PARLEMENT EUROPÉEN, *Résolution sur les systèmes d'armes autonomes, 2018/2552(RSP)*, adoptée à Strasbourg le 12 septembre 2018 (www.europarl.europa.eu/).

la philanthropie » dont le souci de rentabilité de son investissement dans une campagne d'opinion pousse ces ONG à considérer comme secondaire l'objectif d'efficacité du mécanisme de contrôle des armements qu'elles proposent d'adopter. Mais cette critique serait encore plus forte à l'encontre d'industriels qui ont fait du *FLI* l'acteur principal du jeu du bonneteau évoqué en introduction.

En effet, même si le *FLI* affirme vouloir peser dans les débats à la CCAC, le véritable intérêt des industriels qui le financent se joue ailleurs et, en fait, ils ne portent qu'un intérêt limité au sujet des Sala. Pour nombre de ces sociétés de la Silicon Valley, il s'agit surtout d'une opération de diversion pour préserver l'image *cool* et altruiste de leurs activités. Après la controverse récente ⁽⁵⁹⁾ sur l'implication de Google dans le projet *Maven* du Pentagone (alors que cette société affirme depuis des années n'avoir aucun lien avec le monde de la défense américain), on peut être assez circonspect sur la sincérité d'un engagement en faveur d'une « IA au service de l'humain – *AI for Humanity* » ⁽⁶⁰⁾. Pour d'autres, comme Elon Musk ou l'Estonien Jaan Tallinn (Skype), leur motivation est sans doute plus sincère.

Ces entrepreneurs ont eu le mérite de replacer le débat vers la question centrale de l'objectif recherché, un pragmatisme qui conduit à penser davantage en termes d'encadrement que d'interdiction. Cette réflexion portant sur l'élaboration d'un modèle de gouvernance des progrès scientifiques était déjà présente au moment de la création de l'*ICRAC* et se retrouve encore dans la double recommandation – un peu schizophrène – qui apparaît fin 2012 en conclusion du rapport de *HRW* : *Losing Humanity* ⁽⁶¹⁾. La plupart de ses lecteurs ont surtout retenu la première recommandation appelant « tous les États à interdire le développement, la production et l'utilisation d'armes totalement autonomes au travers de l'adoption d'un instrument de droit international juridiquement contraignant ». On n'a guère prêté attention à la seconde recommandation qui s'adresse spécifiquement « aux roboticiens et autres (chercheurs) impliqués dans le développement des armes robotisées ». Or, dans cet ultime paragraphe, il n'est plus question d'une interdiction totale des armes autonomes, mais du moyen d'encadrer et de contraindre leur production. Est ainsi proposé d'« établir un code de conduite professionnel orientant la recherche et le développement d'armes robotisées autonomes (...) de manière à garantir que les préoccupations juridiques et éthiques se rapportant à leur usage dans les conflits armés soient bien prises en compte à tous les stades du développement technologique ». Le texte se conclut sur l'exemple des « codes de conduite pour le développement de technologies militaires qui existent déjà dans les domaines de la biologie de synthèse ou des nanotechnologies ».

(59) Le projet *Maven* de « guerre algorithmique » utiliserait des données et des capacités d'IA de Google pour interpréter les images déterminant les frappes des drones américains. Plusieurs milliers d'employés de Google ont signé une pétition condamnant le « *business* de la guerre » ; SHANE SCOTT et WAKABAYASHI Daisuke, « "The Business of War": Google Employees Protest Work for the Pentagon », *The New York Times*, 04 avril 2018 (www.nytimes.com/).

(60) Titre de la journée du 29 mars 2018 au Collège de France présentant le rapport du député Cédric Villani et clôturée par l'annonce du président de la République d'une stratégie nationale sur l'intelligence artificielle. Au cours de cette journée se sont exprimés Yann LeCun, le responsable de Facebook AI Research, Demis Hassabis, le président de Google DeepMind ou encore le professeur de Berkeley Stuart Russell, trois des tout premiers signataires de la lettre ouverte de 2015 contre les armes autonomes.

Cette dualité des objectifs trouve davantage de cohérence dans les recommandations formulées en avril 2013 par le Rapporteur spécial sur les exécutions extrajudiciaires auprès du Conseil des droits de l'Homme de l'ONU qui invite « les États à appliquer un moratoire sur les essais, la production, l'assemblage, le transfert, l'acquisition, le déploiement et l'utilisation de robots létaux autonomes »⁽⁶²⁾, mais uniquement en attendant de se mettre d'accord sur les règles à appliquer pour « i/ l'acquisition, la détention et le stockage ; ii/ la recherche (fondamentale ou appliquée) et le développement ; iii/ les essais ; iv/ le déploiement ; v/ le transfert et la prolifération et vi/ l'usage »⁽⁶³⁾.

Tant l'ultime paragraphe du document de *HRW* que cette dernière citation du rapport de Christof Heyns se rapporte à une seule et même source : un article collectif de 36 pages paru en 2011 dans la *Columbia Science and Technology Law Review*⁽⁶⁴⁾. La dizaine d'auteurs qui y ont contribué a en commun d'avoir des liens directs ou indirects fréquents avec le monde de la défense américain et de réfléchir très concrètement à la manière dont les forces armées d'un pays démocratique peuvent utiliser les progrès technologiques sans renier ses valeurs. Mais de quelles valeurs morales parle-t-on et quel est le cadre de leur expression publique ?

Dans des sociétés qui font de moins en moins confiance à l'État ou aux organisations interétatiques pour exprimer l'intérêt général, certains proposent une alternative libérale, voire libertarienne. Ainsi, le *Partnership on AI (PAI)* lancé par les Gafami fin 2016 partage désormais sa gouvernance avec des représentants de la société civile et d'ONG investies dans les libertés publiques. Le *PAI* préfigure-t-il une forme souhaitable de « Nations unies de l'intelligence artificielle »⁽⁶⁵⁾ ? On peut s'inquiéter des intérêts mercantiles, mais aussi idéologiques qui demeurent derrière un engagement se présentant comme simplement « au service du bien » (*Don't be evil*, « Ne soyez pas malveillant », pour reprendre la devise de Google). On peut avoir les mêmes préventions face à une association professionnelle mondiale comme *IEEE* qui, malgré la diversité de ses 400 000 membres, peut être marquée par un parti-pris idéologique ou une vision du monde singulière.

Lors du « Sommet IA & Éthique » qu'*IEEE* a organisé à Bruxelles le 15 novembre 2016, le modérateur de l'événement était John C. Havens. Celui qui a été choisi par *IEEE* pour diriger sa *Global Initiative for Ethical Considerations in the Design of Autonomous Systems* présente un profil assez atypique. C'est un acteur professionnel qui a joué à Broadway ou pour des séries télévisées, rendu populaire par ses interventions dans les conférences *TED (Technology, Entertainment & Design)*

(61) *Losing Humanity*, op. cit., p. 47-48.

(62) HEYNS Christof, *Report of the Special Rapporteur on extrajudicial, summary or arbitrary executions*, ONU, 2013, 22 pages (www.ohchr.org/), cf. p. 21 (point n° 113).

(63) *Ibid*, cf. p. 19 (point n° 103).

(64) MARCHANT Gary E., ALLENBY Braden, ARKIN Ronald C., BARRETT Edward T., BORENSTEIN Jason, GAUDET Lyn M., KITTRIE Orde F., LIN Patrick, LUCAS George R., O'MEARA Richard et SILBERMAN Jared, « International Governance of Autonomous Military Robots », *Columbia Science and Technology Law Review*, 30 décembre 2010 (<https://ssrn.com/abstract=1778424>).

(65) L'expression est de Mark NITZBERG, cité dans TUAL Morgane et PIQUARD Alexandre, « Éthique et intelligence artificielle : récit d'une prise de conscience mondiale », *Le Monde*, 04 octobre 2018.

diffusées sur YouTube. John C. Havens est le promoteur du « Projet H(app)apthon » qui plaide pour un monitoring technologique du sentiment de bonheur des individus afin d'orienter les politiques publiques ⁽⁶⁶⁾. Même s'il est entouré de personnes sérieuses ⁽⁶⁷⁾, on peut nourrir quelque inquiétude de le voir aujourd'hui à la tête d'un projet de réflexion éthique au sein de l'IEEE.

Avec le centre de recherche *OpenAI* de San Francisco, le *Center for Human-Compatible AI (CHAI)* de l'Université de Berkeley ou le *Future of Humanity Institute* dirigé par le philosophe Nick Boström à l'Université Oxford, c'est tout un univers de recherche qui gravite autour du *Future of Life Institute*. Cette réflexion est fortement teintée d'une idéologie transhumaniste qui, dans l'espoir de créer une « IA générale », peut inquiéter par la distance prise avec les valeurs politiques et philosophiques qui fondent notre modèle de démocratie libérale et la valeur de dignité humaine qu'elle promeut. Le mouvement intellectuel qui s'est désormais greffé au milieu de la recherche en sciences et technologies du numérique rend le débat public extrêmement caricatural d'autant que le financement de cette recherche repose en grande partie sur une logique de médiatisation.

Il est difficile aujourd'hui de faire la différence entre la vidéo *Slaughterbots* produite par Stuart Russel pour promouvoir la campagne « *Ban Autonomous Weapons* » ⁽⁶⁸⁾ et la bande-annonce d'un épisode de la série télévisée britannique *Black Mirror* ⁽⁶⁹⁾ ! On peut tout à fait imaginer retrouver les mêmes conseillers techniques travaillant à la fois pour Netflix ou le *FLI*. Cette production médiatique se rejoint en tout cas dans un même sentiment de défiance vis-à-vis d'une action publique perçue comme incapable de défendre l'intérêt général ou de porter un idéal universel au service de l'humanité.

Pourtant, si l'on souhaite insuffler de l'éthique dans les développements des technologies émergentes dans le domaine de la défense, il est nécessaire de revaloriser l'action publique ceci afin de dégager la réflexion d'un cadre qui ne se voudrait qu'émotionnel (laisser l'« effet “beurk” » guider notre boussole morale comme nous y invite Jody Williams et *HRW*). Cette réflexion éthique et sociétale ne doit pas être monopolisée par certains intérêts nationaux ou commerciaux, mais chaque pays doit pouvoir reprendre une certaine maîtrise de ses choix technologiques et du modèle de gouvernance de leurs usages. Il ne s'agit pas de se refermer sur soi, mais au contraire d'être plus serein pour s'ouvrir à un dialogue multilatéral indispensable pour être efficace. Comme l'a rappelé le ministre de la Défense dès l'été 2013, l'objectif est bien d'assurer « l'universalité d'un éventuel nouvel instrument de droit international » car chaque exemple de sortie du cadre de la CCAC (les processus d'Oslo ou d'Ottawa) a conduit à exclure « les plus grandes puissances militaires (États-Unis, Russie, Chine, Inde, Pakistan, Israël...) ». Il en est de même aujourd'hui pour les Sala dont tout futur

(66) (<http://happathon.com/>) Il est aussi l'auteur de l'ouvrage *Heartificial Intelligence: Embracing Our Humanity to Maximize Machines*, TarcherPerigee, 2016, 304 pages.

(67) Dont les professeurs Raja CHATILA et Catherine TESSIER qui participent aux travaux de l'IEEE et ont coécrit un article particulièrement utile « A Guide to Lethal Autonomous Weapons Systems », 04 septembre 2018, publié sur le site du CNRS (<https://news.cnrs.fr/opinions/a-guide-to-lethal-autonomous-weapons-systems>).

(68) *Slaughterbots*, 7 min 47 (<https://autonomousweapons.org/slaughterbots/>).

(69) On peut penser à l'épisode n° 6 de la 3^e saison, intitulé « Hated in the Nation ».

Trouvez le Sala !

La campagne internationale contre les « robots tueurs » : une décennie et déjà trois histoires

encadrement ne peut avoir de valeur que s'il est adopté par les Nations capables de développer ce type de technologies. Le texte que la France et l'Allemagne ont conjointement proposé au groupe d'experts gouvernementaux sur les Sala a précisément pour objet de rechercher un tel consensus auprès des États parties à la CCAC ⁽⁷⁰⁾. Seul un accord très large pourra garantir la robustesse d'un processus de contrôle d'usages contestables de l'IA et limiter le risque de retrouver ces technologies entre les mains d'acteurs non étatiques affranchis de tout scrupule.



Le processus diplomatique conduit à Genève est long et certainement frustrant à bien des égards. Il peut prendre encore quelques années avant de porter ses fruits, mais où se trouve la réelle urgence aujourd'hui ? L'exercice de la responsabilité politique implique de savoir hiérarchiser les enjeux or, pour le moment, les problématiques soulevées par la robotisation du champ de bataille relèvent moins de l'univers physique que du domaine informationnel. Si la guerre a été définie par Clausewitz comme « un acte de violence destiné à contraindre l'adversaire à réaliser notre volonté » ⁽⁷¹⁾, les technologies numériques ouvrent désormais la possibilité d'une soumission des esprits « sans violence ». Avant de tuer des êtres humains, la première victime de ces applications technologiques pourrait être nos démocraties elles-mêmes. L'urgence est bien là !

Pour la France et l'Europe, il est impératif de maintenir une réflexion éthique structurée et permanente, qui n'oppose pas l'action publique et la mobilisation de la société civile, l'IA militaire et l'IA civile. Cette réflexion éthique conduite aux États-Unis depuis de nombreuses années a su s'appuyer sur un débat public qui a mis en œuvre des moyens financiers et humains conséquents pour aboutir à des recommandations techniques répondant aux exigences morales d'une démocratie libérale ⁽⁷²⁾. Dès lors, en France ou en Europe, avons-nous encore besoin de nous poser des questions, puisque les réponses nous sont déjà offertes « clef en main » ?

En parlant d'« autonomie » de la machine, on oublie celle de l'homme et de la société dans laquelle il inscrit son destin. L'autonomie d'une société porte un nom, c'est sa souveraineté, un concept qui est profondément bouleversé par les progrès des technologies du numérique ⁽⁷³⁾. La souveraineté dans un débat éthique c'est la liberté de se poser des questions et d'y répondre mais aussi, plus en amont, la liberté de

(70) Déclaration commune franco-allemande « For consideration by the Group of Governmental Experts (GGE) on Lethal Autonomous Weapons Systems (LAWS) – CCW/GGE.1/2017/WP.4 » présentée le 07 novembre 2017 (www.undocs.org/ccw/gge.1/2017/WP.4).

(71) « Der Krieg ist also ein Akt der Gewalt, um den Gegner zur Erfüllung unseres Willens zu zwingen », CLAUSEWITZ (VON) Carl, *Vom Kriege*, 1832, chapitre 3 (<http://gutenberg.spiegel.de/buch/vom-kriege-4072/3>).

(72) KISSINGER Henry, « How the Enlightenment Ends », *The Atlantic*, juin 2018 (www.theatlantic.com/) ou la récente profession de foi de Bob WORK : BOYD Aaron, « Pentagon Doesn't Want Real Artificial Intelligence in War, Former Official Says », *Defense One*, 31 octobre 2018 (www.defenseone.com/).

(73) GANASCIA Jean-Gabriel, GERMAIN Éric et KIRCHNER Claude, *La souveraineté à l'ère du numérique : Rester maîtres de nos choix et de nos valeurs*, Cerna, octobre 2018 (<http://cerna-ethics-allistene.org/>).

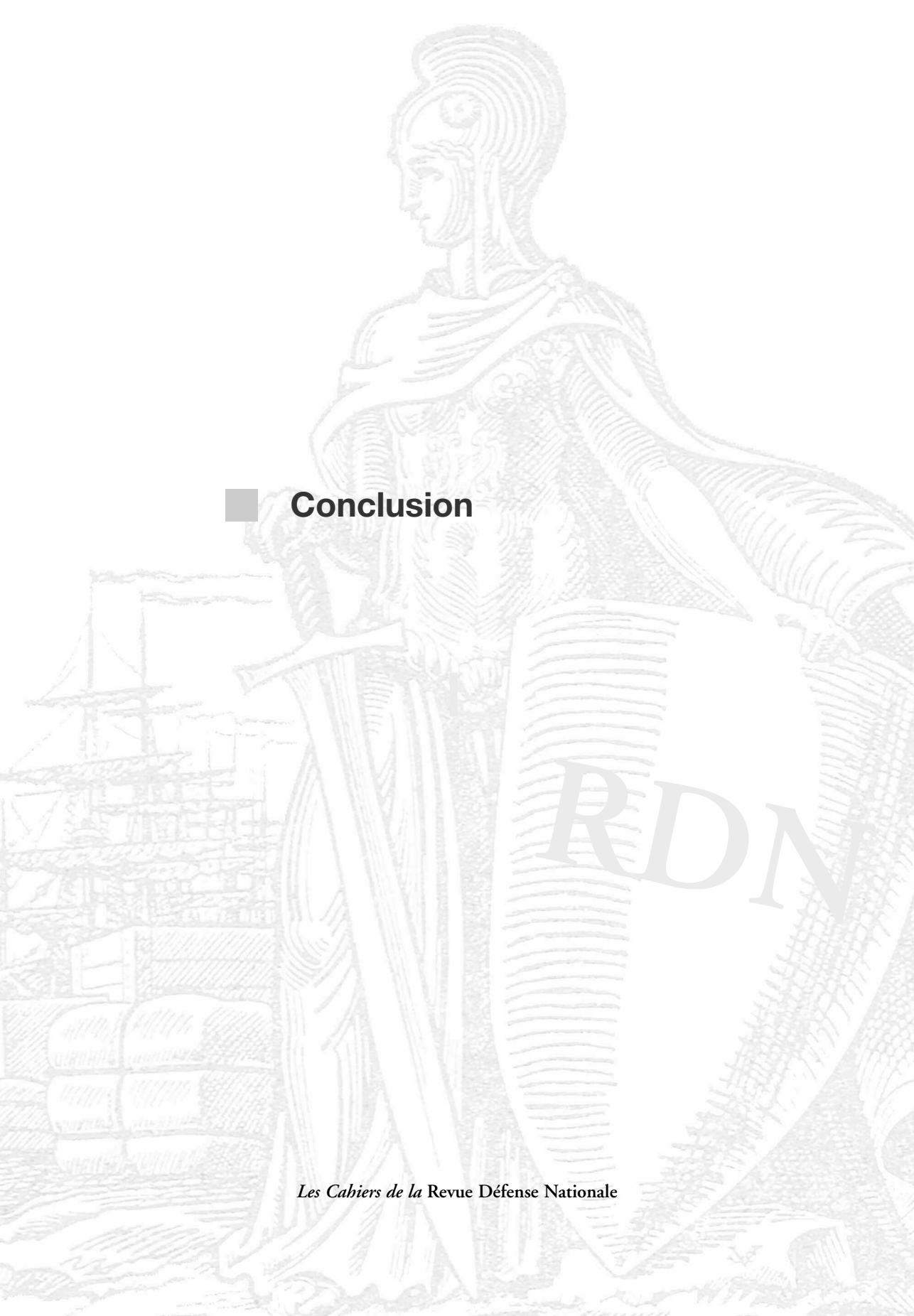
Trouvez le Sala !

La campagne internationale contre les « robots tueurs » : une décennie et déjà trois histoires

formuler ces questions. La bonne IA n'est pas nécessairement celle qui est validée au sein de l'*IEEE P7000™ Standards Working Group* ⁽⁷⁴⁾ et la France, comme l'Europe, doit aujourd'hui prendre la responsabilité de développer son propre modèle de gouvernance éthique de l'intelligence artificielle ⁽⁷⁵⁾. ♦

(74) Le groupe de travail « Model Process for Addressing Ethical Concerns During System Design—IEEE P7000™ » présidé par John C. Havens (<https://standards.ieee.org/>).

(75) Nous reprenons à notre compte la conclusion du rapport de synthèse du débat public animé par la Commission nationale de l'informatique et des libertés (Cnil) sur les enjeux éthiques des algorithmes et de l'IA : *Comment permettre à l'Homme de garder la main ? Rapport sur les enjeux éthiques des algorithmes et de l'intelligence artificielle*, 15 décembre 2017 (www.cnil.fr/sites/default/files/atoms/files/cnil_rapport_garder_la_main_web.pdf).



■ **Conclusion**

RDN

Conclusion et mise en perspective

Monique CASTILLO

Professeur émérite de philosophie politique de l'Université
Paris-Est. www.monique-castillo.net

Ce ne sont peut-être pas les hommes, mais les circonstances qui entraîneront la banalisation de l'usage des armes létales autonomes : menace d'une troisième guerre mondiale, par exemple, déstabilisation brutale d'une partie du monde, exaspération du terrorisme, panique des populations et quête de sécurité à tout prix... des scénarios qui peuvent sembler fantastiques, mais dont l'image suffit à signaler la nouvelle dangerosité du monde.

La robotique et le numérique se sont installés dans nos vies ; chacun écrit, compose et échange à l'aide de logiciels, et l'on sait que bien des métiers vont disparaître, l'homme laissant à la machine les moyens d'action dont il est possible de programmer et d'automatiser l'efficacité. On a confiance dans la robotisation de la chirurgie (moins de risques d'erreurs, moins de fatigue, plus d'informations et d'exactitude dans les calculs). Tant que le processus paraît favorable à la santé, au confort et au bien-être, l'accoutumance à l'automatisation passe pour une participation au progrès, lequel, en tant qu'idéal de la modernité scientifique, est inachevable (« on n'arrête pas le progrès » est une sentence populaire).

Mais les choses changent quand le progrès et la recherche de pointe entrent dans le domaine de la guerre. D'un coup, l'on découvre que la science et la technologie sont des alliées dans la quête d'efficacité, économique, industrielle, militaire... et l'on comprend que la guerre se transforme avec la mondialisation des conflits, l'émergence de nouveaux types d'hostilité et les pratiques imprévisibles de nouveaux acteurs. C'est alors que le besoin d'éthique, de régulation juridique et de responsabilité politique s'impose aux esprits. Il est adressé par la population aux responsables et aux décideurs, mais il concerne, bien plus profondément, une société en mutation, qui voudrait savoir où elle va, et qui sait qu'elle ne maîtrise pas elle-même les moyens de le comprendre. C'est comme si on voulait se nourrir de la culture de l'avenir pour guider nos jugements, alors que cette culture résultera, précisément, de nos jugements ; autrement dit, la responsabilité du monde, aujourd'hui comme hier, est une responsabilité collective. De là l'immense intérêt de réflexions croisées sur le destin de la haute technologie en matière de défense.

Puisqu'il s'agit d'un enjeu de civilisation, une éthique publique, une régulation juridique et une sagesse politique sont indispensables. Une éthique de la *guerre limitée* est ce qui permet de préserver un avenir possible et cela constitue un intérêt

commun de l'humanité. Un droit de la *guerre réglée* est nécessaire contre le péril de la guerre absolue et doit garantir la fonction anti-destructrice et protectrice des armes automatiques. Une politique de la *guerre intelligente* est absolument requise pour que la maîtrise d'une agression ne soit pas une performance de la technique, mais une victoire de l'esprit.

Une éthique de la guerre limitée

L'éthique n'est pas une somme de sentences toutes faites ; elle se découvre et se connaît elle-même dans les conflits entre des devoirs et entre des idéaux : ainsi, l'idée de donner la mort pour aider quelqu'un à ne pas souffrir provoque un combat entre deux éthiques de l'action bonne (il est bien de ne pas tuer, il est bien de ne pas faire souffrir). Donner la mort pour sauver une population des souffrances infligées par des conquérants est pourvu d'une valeur éthique dans la mesure où le combattant risque sa vie pour vaincre l'ennemi : son courage est un bien exercé contre un mal. L'idée qu'une arme létale autonome puisse servir à sauver des vies met en conflit deux éthiques : l'éthique de conviction (une intention absolument bonne ne saurait se servir de telles armes) et l'éthique de responsabilité (toute décision doit regarder le destin d'une population entière comme la mesure morale de ses propres conséquences).

Chacune de ces deux éthiques montre ses limites en même temps qu'elle apporte sa contribution à la recherche d'une culture de la puissance techno-scientifique.

Éthique de conviction et intention

Quand elle s'absolutise, l'éthique de conviction (éthique de la conscience qui veut rester pure de toute mauvaise intention) rejette la violence sous toutes ses formes, et donc la guerre. Tolstoï a associé cette position au christianisme ⁽¹⁾ (le chrétien doit accepter de mourir de la violence de l'autre pour témoigner qu'il est victime d'une injustice et faire ainsi reconnaître la vraie justice). Plus ordinairement, cette éthique porte sur des intentions et se limite à des intentions (bonne conscience individuelle), ce qui fait sa faiblesse sur le plan politique. Quand elle ignore ou veut ignorer que la guerre a pris une dimension technologique irréversible, elle qualifie l'hécatombe de 1914-1918 de « boucherie », mais refuserait-elle que l'on ait détruit des machines plutôt que des hommes ?

Toutefois, elle apporte à la question des armes autonomes une dimension éthiquement forte : la mort produite sur un terrain d'affrontement doit toujours avoir un responsable humain. Derrière la technique, il y a une volonté humaine, et la mort d'un combattant (ou d'un civil) ne devra jamais être sans signification (pur hasard) et sans auteur.

(1) TOLSTOÏ Léon, *Ma religion*, Paris, Librairie Fischbacher, 1885.

Éthique de responsabilité et politique

Son principe est que la politique doit primordialement tenir compte des conséquences de ses décisions pour le pays qui risque de se trouver victime d'une guerre. En termes abrupts : si l'agresseur utilise les moyens les plus destructeurs sans limites morales, alors les souffrances infligées à la population ne justifient-elles pas l'emploi de technologies automatisées voire autonomes pour cerner et limiter son emprise ?

Une objection à cette argumentation pragmatique s'élève aussitôt : l'intérêt supérieur de l'État ne sera-t-il pas toujours l'alibi du recours à tous les moyens de lutter ? Le réalisme politique n'est-il pas, lui aussi, un mensonge (amoral) de la volonté de pouvoir et de domination ?

L'objection révèle le besoin qu'un principe éthique suprême intervienne *dans l'intérêt même de la politique* : poser que le but suprême de l'usage d'armes létales n'est pas la destruction de l'ennemi, mais la reconstruction d'une possibilité de paix internationale. Ce principe peut s'énoncer ainsi : *préserver la possibilité de l'avenir est le bien commun de l'humanité*. Par suite, un système d'armes létales autonomes, s'il peut exister, ne sera pas en soi un outil moral (pas plus que l'arme atomique), mais il doit donc être utilisé pour cette raison de manière morale.

Un droit de la guerre réglée

Sur le plan des relations internationales, deux doctrines s'affrontent : celle qui considère que la guerre est l'état « normal » des relations internationales (les communautés politiques sont dans un état de nature ou état de guerre ou anarchie) ou bien que la paix est l'état « normal » des relations internationales (théorie dite de « la paix par le droit », inspirée par le philosophe Kant et qui a marqué l'ONU, la guerre devant être regardée comme ultime recours).

Menaces en évolution permanente

L'imaginaire européen depuis 1989 considère la paix comme un état naturel, au point de lui faire regarder la guerre comme un échec politique ⁽²⁾, mais on constate le retour de la puissance, au sens économique, militaire et culturel (Chine, Russie, Turquie) et du rapport entre les États (Iran/Arabie saoudite) au détriment de l'influence de type diplomatique et intellectuel qu'incarne le multilatéralisme.

Le champ de bataille (ce vocabulaire classique est inadapté mais significatif) se « mondialise » au sens où provoquer l'incertitude est un mode opératoire déstabilisateur. La signification des opérations est une matière mentale qui se prête désormais aux exploitations médiatiques, identitaires ou victimaires et complique la perception des enjeux ultimes.

Mais surtout, la perspective d'une *guerre sans règles*, quand les pratiques d'atrocités d'une extrême violence deviennent un moyen de « dissuasion » psychologique

(2) COOPER Robert, *The Postmodern State and the World Order*, 1996.

dominant marque les conflits asymétriques (hyper-terrorisme de masse ou ciblé, usage d'armes chimiques ou biologiques), ce qui constitue un facteur d'imprévisibilité donnant à la violence sans limites un avantage tactique sur le terrain et un avantage politique contre les démocraties (une opinion publique tétanisée se défie de son propre gouvernement).

Un double besoin de droit : autoriser et protéger

Contre la montée fanatisée de la violence, contre la mobilité imprévisible des dangers, les pays occidentaux trouvent des parades dans la haute technologie (dont les armes dites « intelligentes » mises en avant par la *Third Offset Strategy* du Pentagone). Toutefois, cette supériorité technique, parce qu'elle passe pour un gage d'invincibilité, favorise à son tour l'intensification du ressentiment et de la haine anti-Occidentaux. La circularité des réactions fait ainsi partie des nouveaux dangers.

L'usage d'armes automatisées utilisant des algorithmes de plus en plus complexes générera donc un double besoin de droit afin d'en autoriser l'usage militaire et de le protéger contre les accusations externes aussi bien que contre le risque de dérives internes (criminalité, abus de pouvoir et inhumanité). La réglementation juridique participera de la finalité spécifique de l'usage des futures armes robotisées qui ne seront plus comme aujourd'hui télé-opérées, ce qui inclut leur programmation spécifique : autolimitation et autodestruction.

Un principe juridique fort est indispensable : l'emploi des armes est mis au service d'un but central qu'est la guerre réglée, maîtrisée, autolimitée ; la guerre limitée faisant la guerre à la guerre absolue. La fonction contre-destructrice de systèmes d'armes automatisés voire autonomes s'exprimera par ce qui conditionne leur usage en même temps que leur légalité. « L'accroissement de la précision entraîne la réduction de l'énergie de destruction »⁽³⁾.

Une politique de la guerre intelligente

Le public se représente bien souvent l'armée avec une guerre de retard. Or le soldat d'aujourd'hui est équipé avec beaucoup de matériel de haute technologie, et, à un officier supérieur, on demande, outre le courage d'affronter le danger, une grande capacité de jugement, de raisonnement et de décision. Les retentissements géopolitiques, diplomatiques et humanitaires des conflits contemporains, parce qu'ils sont imprévisibles et internationalisés, réclament une culture de haut niveau. Aussi la guerre, même au niveau tactique, est-elle devenue l'affaire de personnes hautement qualifiées.

La ruse, véritable ennemi

Les démocraties regardent le recours aux armes comme le moyen d'atteindre, restaurer et stabiliser la paix ; aussi l'éthique et le droit doivent-ils conditionner et superviser les opérations militaires. Chose étonnante, il résulte de cette volonté de

(3) MALIS Christian, *Guerre et stratégie au XX^e siècle*, Fayard, 2014, 352 pages.

moraliser la guerre un étrange paradoxe : la ruse s'impose, pour les agresseurs, comme l'ensemble illimité des moyens de dissimuler tromper, égarer, circonvenir pour épuiser, désorganiser et détruire les cibles. Des actes d'une extrême violence (sidération) peuvent servir à « prouver » l'impuissance des démocraties en montrant qu'elles sont inhibées par leurs propres principes éthiques. Le mensonge et la désinformation permettent de discréditer des soldats en mission en livrant à la presse de faux scénarios d'actions délictueuses. Les réseaux sociaux permettent le conditionnement des esprits, l'instrumentalisation des émotions, jusqu'à leur radicalisation. Ainsi, le facteur mental devient déterminant, les opinions publiques, les enfants, les populations fragiles devenant des cibles qu'il s'agit de déstabiliser sur le plan psychique et moral.

Les démocraties attendent de la technologie affinée des moyens de défense qu'elle évite la riposte passionnelle, la démesure de la réaction, l'erreur commise sous l'effet de l'émotion, de la fatigue ou du stress. Autrement dit, le renseignement est le moyen dont l'intelligence peut se servir pour dissuader et décourager les manœuvres de la ruse et de la violence exclusivement destructrices. Les armes nouvelles doivent être utilisées comme des armes intelligentes dès lors que les intelligences sont la cible ultime du combat. Le renseignement est le matériau « intelligent » des situations conflictuelles, tant sur le plan des opérations au cœur du conflit que dans les échanges entre les acteurs et les décideurs des buts derniers du recours aux armes. La technicisation des opérations militaires ne diminue pas, mais augmente l'exigence de responsabilité : l'homme uniquement, chef militaire ou chef d'État, est une volonté, une intelligence responsabilisée.

La maîtrise des opérations

À un nouvel art de la guerre correspond un nouvel esprit qui est un nouvel âge de la culture politique.

L'homme politique et le chef militaire qui se veulent responsables n'abandonnent pas aux machines le succès des engagements militaires et la sécurité de la population. Leur vocation spécifique est de n'user qu'à bon escient de la technique et uniquement pour conduire à un but démocratiquement justifiable. Ainsi, de manière générale, la robotisation des activités humaines doit provoquer un changement de regard sur la technique, faire passer d'une perspective industrielle (esprit de performance et de domination) à une vision opérationnelle (interaction entre l'homme et la machine). Certes, le désir d'accumulation, de domination, de contrôle et d'expansion reste un danger, mais il est à contresens de la nécessité de culture dont a besoin la société numérique pour se rendre humainement inventive et non pas simplement techniquement performante. L'aptitude à l'efficacité est de l'ordre de l'esprit ⁽⁴⁾ ; la *maîtrise* d'une action, d'une situation et, *a fortiori*, d'un conflit armé consiste à subordonner l'usage de la technique à la seule efficacité qui soit durable, laquelle est d'ordre culturel et mental : l'avenir de la vie collective d'une population en est le but.

(4) DEBAS Matthieu, *Du sabre à l'esprit*, Editions JPO, 2017, 195 pages.

Conclusion et mise en perspective

L'enjeu, parce qu'il est civilisationnel, ne concerne pas uniquement les techniciens et les décideurs. Le progrès technico-scientifique est un phénomène culturellement global qui concerne chaque citoyen, car il impacte le sens qu'il donne à la vie, à la souffrance et au bonheur. Parce que les besoins de défense nationale les y conduisent, les militaires doivent anticiper et réussir ce changement du rapport à la technologie. Ils nous font découvrir que l'éthique s'incorpore dans la technique pour en permettre et en limiter les effets tout à la fois : « dans un environnement piégé et non reconnu, dans un cas d'infériorité numérique importante, d'évacuation médicale urgente, de protection de personnes menacées ou de situation déséquilibrée, face à d'autres robots, à des drones trop rapides et à des véhicules suicides, seule une autonomie même contrôlée permettra de réagir dans les délais suffisants » ⁽⁵⁾.

La complexité des situations et la scientificité technique des moyens sont telles que la confiance des utilisateurs dans les concepteurs est fondamentale pour la vie collective, qu'il s'agisse de médecine, d'industrie, de fiscalité, d'éducation, de police ou d'armée. Or, la confiance ne peut reposer que sur la crédibilité des acteurs, ici, en l'occurrence, sur le professionnalisme militaire qui prend en charge la responsabilité *à la fois éthique et opératoire* de la haute technologie. Comme a pu l'écrire récemment le Chef d'état-major des armées, le général François LECOINTRE, « tout malentendu sur le sens de [nos] valeurs ou dérive éthique de la part des armées serait de nature à rompre le lien [entre l'armée et la société] » ⁽⁶⁾.

La pratique française de la guerre contemporaine n'est pas mue par un esprit d'arrogance, de violence, d'expansionnisme ou d'impérialisme. L'éthique et le respect des règles font partie de son professionnalisme, qui est, en chacun des acteurs, l'union d'une intelligence, d'un savoir, d'une morale et d'un esprit incorporés dans les aptitudes au combat. Ce professionnalisme témoigne de ce que la technique est « capacitante, mais non déterminante », et ne saurait en aucun cas fixer le but d'une intervention.

Conscients de ces enjeux, les états-majors ont déjà anticipé les réflexions sur ces questions et appréhendé les nouvelles responsabilités qui incomberont aux décideurs militaires, comme le démontre cet ouvrage. C'est la raison pour laquelle le général de division Charles BEAUDOUIN rappelle dans son introduction que si tout système robotique militaire contribue à accroître la capacité opérationnelle de l'armée de Terre sur les champs de bataille actuels et futurs, son emploi relève d'une décision de chef militaire et d'une responsabilité humaine, et que ce chef doit en maîtriser les effets afin de conserver le contrôle et la responsabilité de la mission. ♦

(5) Colonel Pierre SANTONI, en p. 73-81 de ce *Cahier*.

(6) LECOINTRE François, *Vision stratégique « pour une singularité positive »*, septembre 2018 (www.defense.gouv.fr/ema/chef-d-etat-major-des-armees/actualite/vision-strategique-du-chef-d-etat-major-des-armees).

explorer



détecter



réagir

NERVA[®]LG est un système robotisé qui améliore la connaissance du terrain et effectue un large éventail de missions grâce à ses capacités semi-autonomes et une gamme de modules mission Plug-and-Play : détecteurs NRBC, anti IED, patrouille automatique...

NERVA[®]LG

Robuste • Autonome • Polyvalent



Autonomie et létalité en robotique militaire

L'arrivée et la banalisation des robots militaires sur les champs de bataille ont d'ores et déjà transformé la théorie et la pratique des conflits armés. En une quinzaine d'années, le drone est devenu indispensable en opérations extérieures. Dans les quinze prochaines années, c'est la question de l'autonomie promise par les développements de l'Intelligence artificielle (IA) qui sera au cœur des préoccupations, qu'elles soient celles des industriels engagés dans la compétition scientifique et technique qui sous-tend les applications militaires de la robotisation, celles des états-majors appelés à réfléchir aux conséquences de l'intégration de ces technologies sur les structures et les modes d'action des armées, ou bien celles des instances internationales saisies par la société civile des questions politiques, juridiques ou éthiques synthétisées autour du risque de « déshumanisation » des conflits futurs.

Sur l'ensemble de ces questions, la France ne saurait rester en retrait. Elle dispose d'atouts non négligeables : une recherche scientifique et des entreprises de haut niveau dans des secteurs stratégiques comme celui de l'IA, des forces armées résolument engagées dans l'adaptation à la numérisation de l'espace de bataille et une réflexion théorique et doctrinale substantielle, civile ou militaire, dans le domaine du droit ou de l'éthique de la robotisation.

Ce *Cahier de la Revue Défense Nationale* rend compte de ces différents champs de la réflexion sur l'autonomie des systèmes robotiques militaires et la question de la létalité. Il s'efforce de dresser un état des questions actuelles, de préciser les concepts et de contribuer à la mise en perspective des enjeux qui se poseront dans les années à venir.



CENTRE DE RECHERCHE
DES ECOLES DE
SAINT-CYR COÛTQUIDAN

Pôle Mutation des conflits



Lancée en 1939 par le Comité d'études de défense nationale (Association loi 1901), la *Revue Défense Nationale* assure depuis lors la diffusion d'idées nouvelles sur les grandes questions nationales et internationales qu'elle aborde sous l'angle de la sécurité et de la défense. Son indépendance éditoriale l'autorise à participer activement au renouvellement du débat stratégique. La *Revue Défense Nationale* permet de garder le contact avec le monde de la défense et apporte, grâce à ses analyses, la réflexion à l'homme d'action.