

Réflexions sur la robotique militaire

par

Jean-Pierre MAREC*

**Haut conseiller à l'ONERA (Office national d'études et de recherches aérospatiales), membre de l'Académie des technologies et de l'Académie de l'air et de l'espace*

Conférence à la 19e séance de l'Académie de l'air et de l'espace (AAE) au Palais de la découverte, du 4 février 2016

Commentaires du diaporama JPM 66V

1- Le titre de cet exposé : « Réflexions sur la robotique militaire » aurait pu être remplacé, comme nous le verrons, par un titre plus ambitieux : « Robotique militaire et conscience ». Mais, si la question de la « conscience » du robot sera bien abordée, il a paru cependant prudent, compte tenu de la difficulté du sujet (même la définition de la conscience *humaine* pose problème !), de limiter le titre à ces quelques « réflexions » que je voudrais maintenant partager avec vous.

2 - Dans quelques mots d'introduction, je vous dirai comment j'ai été amené à m'intéresser, sans doute un peu imprudemment, à ce sujet.

J'essaierai ensuite d'apporter quelques éléments de réponse à trois questions :

- Qu'est-ce que la robotique militaire ?
 - Les robots militaires ont-ils déjà, *au moins en apparence*, une certaine « conscience » ?
 - Peut-on espérer les doter d'un supplément de « conscience » et dans quel but ?
- Enfin, je proposerai une conclusion et quelques recommandations.

3 – Je dirai d'abord quelques mots sur la robotique à l'ONERA et à l'Académie des technologies.

4 – Il y a une longue tradition de robotique à l'ONERA. Donnons quelques exemples :

Dans les années 1970, la Direction des études de synthèse (DES) s'est intéressée à la modélisation du pilote humain (Dominique Soulatges et Daniel Cavalli). Il s'agissait d'associer à un paquet de cartes IBM représentant un modèle d'avion, un autre paquet représentant un modèle de pilote (un « robot »), afin que cet ensemble représente un avion piloté, testé dans la simulation d'une approche ILS. Cela permettait de balayer et ajuster au mieux les paramètres « avions » sans avoir recours à un pilote « humain » dans un simulateur de vol.

L'ONERA/CERT/DERA (Centre d'études et de recherches de Toulouse / Département d'études et de recherches en automatique) a, de son côté, étudié notamment un poignet actif et un véhicule autonome pour application spatiale (sous contrat du Cnes).

Plus récemment, Philippe Bidaud, directeur de la branche DSG/TIS, a dressé, en 2013 dans le cadre des Aerospace Lab Conferences, un panorama des recherches sur la commande des systèmes poly-articulés, la génération et la planification de trajectoires dans des environnements complexes, la perception de l'environnement et

l'interprétation de situations. Ces recherches sont menées à Toulouse, au DCSD (Bruno Lamiscarre) et au DTIM (Virginie Weil).

5 - Peu après la création de l'Académie des technologies, j'ai participé au groupe de travail sur l'« Interaction Homme-Machine (IHM) », présidé par mes confrères Philippe Coiffet et Erich Spitz, et j'ai rédigé, avec Marc Pélegrin (ex directeur de l'ONERA/CERT), l'annexe 8 relative au secteur aérospatial, du Rapport de l'Académie paru en 2004 sur le sujet.

Aussi, lorsque le groupe de travail sur un sujet voisin « Vers une technologie de la conscience ? » a été créé, à l'initiative de Gérard Sabah et Philippe Coiffet, j'ai souhaité en faire partie, plus par curiosité pour le thème en question que par réelle compétence en robotique ou en un certain nombre de sciences plus « molles » - certains préfèrent dire plus « douces » - auxquelles l'étude ne manquerait pas de faire appel. Les travaux de ce groupe ont fait l'objet d'un premier rapport, paru en 2013 et que je qualifierai de général ou « générique », car intéressant tous les types de robots.

Dans le plan de travail du groupe, il a toujours été question de compléter l'approche générale par l'étude d'un certain nombre de cas particuliers d'application, ne serait-ce que pour mieux s'intéresser à certains aspects jusque-là un peu négligés, par rapport à l'aspect central scientifique et technologique. Il s'agit, par exemple, des aspects sociologique, économique, éthique, réglementaire et juridique.

Le choix des cas d'application est vaste : robots industriels, domestiques, robots pour le secteur santé, pour environnements dangereux, etc. Aussi a-t-il été décidé de se limiter, dans un premier temps, à l'étude de deux cas « extrêmes » lorsqu'on s'intéresse à la conscience : le « méchant » robot militaire et le « gentil » robot de compagnie. Ma qualité d'ingénieur de l'armement m'a conduit à proposer au groupe de travail de me charger d'une réflexion sur le premier cas. D'où le rapport paru en 2015 et résumé dans le présent exposé.

6 - Ces « réflexions » ont vraiment été menées avec l'aide très active des autres membres du groupe de travail et des experts auditionnés, dont les noms sont rappelés ici.

Les domaines d'expertise étaient très variés.

7 – Partons d'une constatation : les robots militaires existent et sont de plus en plus utilisés, sur différents théâtres d'opérations et dans différents « milieux » : air (drones), mer, terre, et peut-être bientôt espace.

Après avoir tenté une définition du robot militaire, nous en donnerons quelques exemples.

Il est à noter que leur apparition et leur développement dans les différents milieux (air, mer, terre) se sont faits dans l'ordre inverse de l'apparition des armées correspondantes dans l'histoire (terre, mer, air). Cela doit être en grande partie lié à l'« homogénéité » plus ou moins importante du milieu dans lequel le robot doit évoluer. De ce point de vue, l'environnement terrestre et ses obstacles variés paraît, en effet, présenter le plus de difficulté.

Nous essayerons enfin de dégager quelques caractéristiques générales des robots militaires, sous différents aspects.

8 - En ce qui concerne l'armement, est appelé « robot » un système d'armes capable de remplir tout ou partie des quatre fonctions opérationnelles

traditionnellement attribuées aux combattants : Observation, Orientation, Décision, Action (OODA), lui permettant ainsi :

- d'agir dans un environnement ouvert ou confiné, dynamique et imparfaitement modélisé, voire très mal connu ;
- d'exécuter, en relation avec des humains ou de façon autonome, des tâches d'observation, d'exploration, de manipulation et/ou d'intervention sur l'environnement ou sur l'ennemi ;
- d'interagir le cas échéant avec d'autres machines (dont des robots) ou avec des êtres humains (communication).

Il est généralement récupérable et réutilisable.

Il est parfois capable d'améliorer ses propres performances par apprentissage automatique ou supervisé par des hommes, avec Analyse Après Action (AAA), à court terme, et RETour d'EXpérience (RETEX), à moyen terme.

On peut distinguer plusieurs finalités pour l'emploi militaire des robots, en substitution ou en complémentarité du combattant :

- améliorer ou étendre (notamment en distance) les performances et les capacités du combattant humain ; le robot peut être notamment équipé de récepteurs dépassant les seuls sens humains ;
- autoriser des missions dans un environnement insupportable ou hostile (température, pression, facteur de charge, atmosphère NRBC – Nucléaire, Radiologique, Biologique, Chimique -, danger ; endurance, répétitivité permanence sur zone...) ;
- éloigner le combattant de la menace mortelle adverse (concept de « zéro mort »).

Une distinction essentielle doit être faite entre :

- les robots *télé-opérés* (c.à.d. télépilotés, téléguidés) pour lesquels l'opérateur humain reste présent « dans la boucle » et garde une capacité (variable suivant le partage de la représentation et de la décision d'action entre le robot et l'opérateur, et en fonction des interfaces homme-machine) de réflexion, de réaction face aux situations non prévues, et de décision, notamment pour le déclenchement du feu ;
- et les robots *autonomes* (pilotage automatique, guidage automatique), susceptibles, à partir d'une planification et d'une programmation initiales, d'adapter, dans une certaine mesure, leur action à l'environnement réel, en principe avec des possibilités limitées pour l'homme de reprendre la main.

La tendance actuelle est vers une plus grande autonomie (d'action) du robot, y compris éventuellement pour l'ouverture du feu. Il s'agit alors des SALA (Systèmes d'armes létaux autonomes). Ceci pose des problèmes d'éthique délicats et même originaux par rapport à d'autres systèmes d'armes pourtant également dotés d'autonomie (missiles, torpilles par exemple), à cause du danger d'imprévisibilité du robot, comme il sera vu plus loin.

9 – Donnons quelques exemples de robots militaires.

Dans le domaine aérien, l'environnement homogène rend relativement facile la conception et l'emploi des véhicules aériens sans pilote ou « *drones* ». Ils sont déjà largement en service opérationnel, notamment pour les missions de surveillance et de renseignement.

Ils se classent en diverses catégories en fonction de paramètres tels que : taille, rayon d'action, altitude, endurance, vitesse, niveau d'emploi (stratégique, « opératif » ou « de théâtre », tactique).

Les *drones miniatures* sont essentiellement utilisés pour l'espionnage. On distingue les *minidrones*, de dimensions entre 15 et 50 cm, et les *microdrones*, de dimensions inférieures à 15 cm (par exemple, une « mouche-robot » de 3 cm !).

Les *drones à court rayon d'action*, comme les drones TCP, à très courte portée, ou « drones du capitaine », sont destinés à « voir de l'autre côté de la colline », à quelques kilomètres.

10 – Un exemple de *drone tactique à moyen rayon d'action*, est le drone SDTI déployé par l'armée de Terre française au Kosovo et en Afghanistan. Il est capable de voler 4 h à 80 km de sa base.

Les *drones maritimes tactiques*, comme l'Eagle Eye américain de Bell Helicopter, sont capables d'apponter par fort vent sur une plate-forme étroite, partiellement entourée d'obstacles, et par mer agitée.

11 – Les *drones à longue endurance* sont classés en :

- MALE : Moyenne altitude (5 000 à 12 000 m), longue endurance (rayon d'action : 1 000 km), comme le Predator américain de General Atomics ou le Harfang d'EADS utilisé par l'armée de l'Air française en Afghanistan, en Libye et au Mali ;

- HALE : Haute altitude (jusqu'à 20 000 m), longue endurance (autonomie : 10 000 km et plus), comme le Global Hawk américain de Northrop Grumman.

12 – Enfin, les *drones de combat UCAV (Unmanned Combat Aerial Vehicles)*, comme les projets américain X-47 Pegasus de Northrop Grumman et européen nEUROn, sont de véritables avions de combat sans pilote à bord.

13 – L'ONERA (Office national d'études et de recherches aéros spatiales) s'est très tôt intéressé aux drones, qui sont apparus comme des véhicules de l'avenir auxquels il était urgent de consacrer des recherches et même des réalisations pour ceux d'une taille compatible avec les possibilités de l'ONERA, comme cela s'était déjà produit pour les missiles.

Plusieurs ouvrages leur ont été consacrés. La Direction de la communication de l'ONERA a publié, avec l'aide des spécialistes de l'Office, deux documents « A l'aube d'une ère nouvelle », l'un pour « Mieux connaître les drones » (2004), l'autre sur « La recherche au service des drones » (2005).

Philippe Cazin, Haut conseiller à l'ONERA, est rapidement devenu l'un des meilleurs spécialistes français et même internationaux sur le sujet. Il a été l'auteur, avec le général Claude Lemieux, du dossier n°25 de l'ANAE (Académie nationale de l'air et de l'espace, devenue AAE en 2007) sur « La révolution des drones », publié en 2004, et il a présidé le comité de programme du colloque international AAE-3AF (Association aéronautique et astronautique de France) « Présent et futur des drones civils » (Paris/DGAC, 13-14/11/14) qui a donné lieu au dossier n°40 de l'AAE, publié en 2015. Philippe Cazin coordonne actuellement la rédaction du document du COMAERO (Comité pour l'histoire de l'aéronautique) sur les drones militaires et civils concernant la France.

Diverses études ont été conduites :

- L'ONERA a développé son projet de drone RESSAC (Recherche et sauvetage par système autonome coopérant), sur lequel nous reviendrons plus loin, et utilisé le BUSSARD, moto-planeur Stemme S10-VT, pour l'étude expérimentale, avec la SAGEM, de nouveaux systèmes de drones.

- L'ONERA a organisé, avec la DGA (Direction générale de l'armement), le Challenge Minidrones 2007-2009, où des équipes universitaires ont pu confronter leurs travaux sur les drones, avec comme objectif d'explorer de nouvelles possibilités technologiques dans ce domaine.

- Dans le domaine des microdrones, rappelons l'étude REMANTA de microdrone à ailes battantes, et celle d'une microturbine à gaz, comme source d'énergie en remplacement des batteries.

14 - Dans le *domaine maritime*, où le milieu est également assez homogène, les robots sont classés en deux catégories : les robots sous-marins (autonomes ou télépilotés), comme le robot Alistar 3 000, et les robots de surface. Ils sont employés essentiellement aux opérations de déminage, ainsi qu'à la surveillance, la protection rapprochée et la lutte anti-sous-marine.

15 – Enfin, dans le *domaine terrestre*, l'hétérogénéité et la variabilité de l'environnement terrestre n'ont pas permis, au delà des démonstrateurs, un emploi significatif et généralisé des robots. Les domaines d'emploi existants ou potentiels sont pourtant très diversifiés : espionnage (Stickybot), reconnaissance (Snakebot), déminage (Packbot, utilisé en Irak et Afghanistan), transport (BigDog), tir (SWORDS, version armée des Talon, utilisés en Bosnie et en Afghanistan).

16 – Après ces exemples, essayons de dégager quelques caractéristiques générales des robots militaires, sous les différents aspects envisagés, en commençant par *l'aspect scientifique et technologique*.

Il s'agit ici de montrer comment le robot militaire remplit les quatre fonctions OODA signalées précédemment. Il doit pour cela être capable de percevoir, planifier, agir, traiter l'information, communiquer, apprendre, ce qui fait bien sûr appel à la fois à du « software » (algorithmes) et du « hardware » (calculateurs, capteurs, actuateurs, structure, énergie, charge utile, etc.). Beaucoup d'éléments ne sont évidemment pas spécifiques des robots militaires, mais concernent aussi d'autres robots.

Le robot militaire doit à tout moment savoir dans quelle situation il se trouve (*situation awareness*), de façon à pouvoir planifier les actions ultérieures et agir.

Les moyens artificiels de *perception* du robot sont nombreux et variés (capteurs optiques, optroniques, lasers, radars, sonars, GPS, etc.). Ils sont souvent utilisables « tout temps ». Ils *surpassent généralement les moyens humains* (nos « cinq sens »). D'ailleurs, le combattant humain a souvent recours à leur aide (exemple : lunettes infrarouges de vision nocturne).

Par fusion d'information, ces moyens permettent au robot une représentation aussi précise que possible de l'environnement (cible comprise).

L'ensemble de ces moyens permet d'assurer les *fonctions* de :

- *détection*, permettant d'attester que : « il y a quelque chose » ;
- *localisation*, conduisant à préciser que : « cette chose est à tel endroit » ;
- *identification*, permettant de garantir que « il s'agit de telle chose ».

Soulignons dès à présent que l'identification précise est une fonction particulièrement importante pour les robots militaires, pour notamment distinguer entre « ami » et « ennemi » (IFF : Identification Friend and Foe), ou entre « militaire » et « civil ».

En ce qui concerne la *planification*, la mission est actuellement fixée de façon détaillée par l'opérateur, mais il n'est pas exclu d'envisager une plus grande autonomie du robot qui pourrait alors prendre des initiatives dans la fixation de certains sous-objectifs (avec, évidemment, de prudentes limitations !).

Pour remplir « au mieux » la mission, diverses méthodes classiques d'*optimisation* sont disponibles : commande optimale, théorie des jeux (« duels » entre adversaires ou « jeux coopératifs » au sein d'un ensemble de robots), etc.

Comme pour les capteurs, les *actionneurs* permettant la *mobilité* sont très variés. Par exemple :

- les drones font appel à des configurations et des gouvernes classiques d'aéronefs (ailes fixes + gouvernes aérodynamiques + moteur, voilures tournantes + moteur) ou à des solutions plus originales, par mimétisme avec les oiseaux ou les insectes (ailes battantes) ;

- les robots terrestres font souvent appel à des chenilles (PackBot, SWORDS) ou des pattes articulées (BigDog), actionnées par des moteurs électriques, leur permettent d'arpenter des terrains variés.

La *commande* doit assurer à la fois la stabilité automatique du système et le respect des ordres de pilotage et de guidage donnés par l'opérateur et/ou des systèmes plus automatiques, utilisant par exemple la navigation GPS (autonomie). Sont utilisées les méthodes classiques de l'automatique, de la commande adaptative (pour faire face à la diversité des situations), etc.

La *qualité de la commande de l'action d'un robot* (surtout s'il est doté d'une certaine autonomie) et de l'adaptation de cette commande aux conditions changeantes est un élément essentiel pour réduire l'imprévisibilité du robot, particulièrement dommageable pour un robot militaire (voir, plus loin, l'aspect éthique).

L'*imprévisibilité* interne et externe du robot (grande difficulté à prévoir complètement son comportement) a deux causes fondamentalement distinctes : la *complexité* du robot lui-même, qui peut le rendre imprévisible même dans un environnement parfaitement connu, et les conséquences, sur son comportement, des modifications imprévues de son *environnement*.

La capacité du robot de *s'adapter*, de se *reprogrammer* en fonction de l'environnement, en fonction aussi peut-être des résultats des actions précédentes, induit un degré de complexité supplémentaire.

Nous avons vu que l'*autonomie* (d'action) était plus ou moins grande et, actuellement, exclue (à notre connaissance) en ce qui concerne le tir.

Par exemple, pour les drones, l'autonomie comportementale et, par suite, la capacité de décision, apparaissent comme des facteurs essentiels pour l'efficacité des missions pouvant leur être confiées, ainsi que pour l'extension du cadre de leur utilisation. Ces qualités permettraient d'alléger, voire de s'affranchir dans certains cas, des contraintes opérationnelles telles que le maintien des liaisons au sol, la permanence du contrôle, la vigilance des opérateurs, et cela au profit d'un partage de l'autorité bien établi entre l'homme et la machine, dans un souci constant et évident de lutte contre l'imprévisibilité du drone.

17 - Augmenter les capacités embarquées de perception et de décision apparaît donc comme un enjeu majeur, source de sécurité, de portée, de robustesse et de facilité d'emploi accrues pour les drones. Cela implique des progrès sur la chaîne d'acquisition et de traitement de l'information, jusqu'à la décision embarquée, et sur l'aide à l'opérateur.

C'est ce qui a mobilisé l'ONERA dans le projet RESSAC (Recherche et sauvetage par système autonome coopérant) qui visait à démontrer la capacité d'un drone à prendre des initiatives et à réagir, sans l'aide de l'homme, face à des situations changeantes et des menaces imprévues.

18 - Les précédentes fonctions de perception (avec fusion d'informations), planification et action demandent un important *traitement d'information*.

Ce dernier est rendu possible par les progrès considérables de l'informatique et des calculateurs embarqués.

Les *communications* sont évidemment nécessaires pour la conduite du robot et/ou la transmission des informations. Elles peuvent maintenant faire appel à des *liaisons satellitaires* (notamment pour la navigation GPS). Elles intéressent non seulement les communications entre opérateur et robot mais entre robots, dans le cas de l'emploi « en essaim ».

Elles sont évidemment sensibles à la saturation et aux contre-mesures (*brouillage, piratage*), y compris pour la navigation GPS !

L'*apprentissage* paraît indispensable à un robot militaire, surtout terrestre, destiné à être placé dans des situations très variées et à qui il est envisagé de laisser de plus en plus d'autonomie. Or, cette question est pour l'instant peu étudiée.

Comme dans bien d'autres domaines, la *simulation* est un outil indispensable dans la phase de conception. Elle peut également être utilisée pour la formation des opérateurs. Elle peut être très utile pour l'apprentissage du robot lui-même (balayage de situations variées, maîtrise de l'environnement, etc.).

Ces considérations d'acquisition, de traitement et de diffusion d'information, bien qu'elles prennent une place de plus en plus importante pour les robots militaires, ne doivent pas faire perdre de vue l'*aspect « véhicule »* du robot. De ce point de vue, les *configurations* des robots militaires ainsi que les structures, les sources d'énergie, les propulsions et les charges utiles associées sont très variées.

Pour les *robots terrestres*, il n'a pas été fait appel (pour l'instant ?) à des formes humanoïdes (comme dans les films de science fiction !). Sans doute pour privilégier la stabilité et la mobilité tout terrain, on a plutôt eu recours à des formes animaloïdes (BigDog, Stickybot, Snakebot) ou à des véhicules classiques à chenilles (PackBot, Miniroc, SWORDS).

Les *robots sous-marins* ont des formes de sous-marins ou de torpilles, moins profilées lorsque la vitesse n'est pas un paramètre essentiel.

Pour les *robots aériens*, on retrouve les configurations classiques des aéronefs, mais également des configurations animaloïdes (oiseaux, insectes) pour les mini et microdrones.

Comme en robotique générale, il est important de noter une tendance à la *miniaturisation*, surtout pour les microdrones, ce qui pose des problèmes originaux (prise en compte dans l'approche microscopique de phénomènes physiques jusqu'alors négligés dans l'approche macroscopique). L'avenir est-il aux minirobots, microrobots et même nanorobots militaires ?

Les sources d'*énergie*, les systèmes de *propulsion* (moteurs, réacteurs) sont très divers. L'autonomie (énergétique) est un paramètre essentiel.

- Les *robots terrestres* font appel à de puissantes batteries au lithium et à des moteurs électriques.

- Pour les *drones*, les solutions sont généralement semblables à celle des aéronefs classiques : moteurs à piston ou turbopropulseurs (pour les MALE), turboréacteurs (pour les HALE).

- De façon générale, la *minirobotique* fait appel à des moteurs piézoélectriques (exemple : « mouche-espion ») plutôt qu'électrostatiques (frottements). Il faut fabriquer les outils correspondants, à partir des techniques de la microélectronique. L'énergie est fournie par des batteries, des microturbines en silicium fonctionnant à l'hydrogène, des super-batteries nanométriques, etc.

Enfin, la *charge utile* peut être constituée d'instruments embarqués, d'armement et/ou de fret.

19 - Sur le plan *sociologique*, l'*intérêt* et l'*acceptabilité* des robots militaires ne sont plus vraiment à démontrer : les robots militaires existent et ont été utilisés de façon opérationnelle en Irak, en Afghanistan, dans la bande de Gaza, en Libye, en Syrie.

Il est reconnu par les utilisateurs militaires que le robot réagit généralement plus vite que l'homme. Gordon Johnson, du commandement interarmées du Pentagone (*Joint Forces Command*) confiait déjà au New York Times en février 2005 : « Ils n'ont pas faim, ils n'ont pas peur, ils n'oublient pas les ordres, et la mort à côté d'eux les laisse indifférents », sans compter qu'un robot ne dort pas et n'a pas besoin de soins médicaux (mais il peut nécessiter d'importantes « réparations » !).

La société, de son côté, paraît prête à accepter l'utilisation généralisée des robots militaires afin de limiter les pertes de vies humaines (du côté ami !) (concept de « zéro mort ») et à *condition que cette utilisation reste toujours maîtrisée*, car cette acceptation ne va pas sans quelque appréhension.

En effet, ces *réticences* et ces *peurs* sont liées à la tendance à donner de plus en plus d'autonomie au robot, ce qui inquiète, surtout lorsqu'il s'agit de robots armés. Les romans et les films de science fiction ne sont pas étrangers à cette angoisse. Des robots mal maîtrisés ne pourraient-ils pas provoquer des dégâts collatéraux inacceptables chez l'ennemi, voire retourner leurs armes contre les troupes amies ? L'opinion publique ne sera rassurée (?) que si il lui est démontré que cette nouveauté ne conduira pas à une situation pire que dans le passé.

En ce qui concerne l'*aspect économique*, les *coûts* de développement et de production, donc les *prix* des robots militaires, sont très variés. Il faut évidemment tenir compte aussi des coûts opérationnels d'utilisation.

Ces coûts globaux seraient à comparer avec les coûts des matériels militaires classiques, mais il est dès à présent possible de dire que, malgré leur complexité croissante, les robots remplaçant les systèmes d'arme avec présence humaine à bord ont le double avantage de ne pas avoir à satisfaire aux contraintes très sévères liées à cette présence (confort, sécurité et fiabilité d'un ordre supérieur, protection, prévention de la fatigue, etc.) et qu'ils servent en principe à économiser des vies humaines (du côté de l'utilisateur !), vies qui, on le sait, n'ont, en principe, pas de prix !

Il faudrait également analyser en détail l'*intérêt* (coût/efficacité) de la *récupération* (qui reste indispensable si le robot rapporte des informations non télétransmises).

Exemples de prix :

- Packbot : 25 000 €. Déployer un soldat américain en Afghanistan pendant un an coûte environ l'équivalent de six Packbot.

- SWORDS : 230 000 \$ l'unité (150 000 à 200 000 \$ en production de masse).

- Drones : la plate-forme (cellule + motorisation) représente seulement 15 à 25% du coût du système complet ; la CU (Charge utile), les systèmes embarqués et les stations-sol sont la partie la plus onéreuse.

. Minidrone : quelque 1 000 \$.

. Drones TCP (Très courte portée) : faible coût, permettant de supporter un taux d'attrition plus ou moins important.

. Drone tactique : 0,5 à 3 M\$. Économique en personnel navigant, mais mobilise beaucoup de servants au sol !

En ce qui concerne le *marché*, si, pour une utilisation en milieu hostile, le nucléaire est l'un des premiers secteurs à avoir eu recours à la robotisation, c'est dans l'armée que les robots sont aujourd'hui les plus nombreux et leur nombre ne cesse d'augmenter. Le marché des mini ou microdrones est à préciser, il pourrait être très prometteur.

Actuellement, les États sont les principaux clients. L'absence de marché privé bien identifié et l'incertitude sur les futures réglementations ont jusqu'à présent retenu les grands constructeurs de développer des machines sur fonds propres, pour telle ou telle mission.

Notons que, comme le souligne Philippe Cazin, le marché des drones militaires est un « marché de la demande », où interviennent des industriels majeurs, alors que le marché des drones civils est un « marché de l'offre », surtout partagé actuellement entre un nombre croissant de PME.

20 – Cette planche et la suivante, empruntées à Philippe Cazin, donnent quelques précisions sur l'utilisation des drones militaires en France

21 – Suite

22 - Du point de vue de l'*éthique*, la guerre serait évidemment à proscrire, mais le passé, et même le présent, nous montrent qu'elle est parfois difficilement évitable et qu'il faut alors essayer de la conduire en respectant certaines règles dictées par des considérations d'éthique, règles qui sont malheureusement loin d'être respectées par tous.

De façon générale, l'*éthique de la guerre* se préoccupe des conditions de l'entrée en guerre et du comportement des hommes en temps de guerre. Ce sont les « *jus ad bellum* » et « *jus in bello* » auxquels se réfèrent tous, ou presque tous, les articles, exposés ou livres traitant de l'éthique de la guerre.

L'*éthique de l'armement*, qui nous intéresse davantage ici, se préoccupe des questions éthiques que posent d'une part l'emploi de certains genres d'armes dans les combats, et d'autre part le fait de concevoir, fabriquer voire exporter de telles armes. Dans le passé, le groupe « Éthique de l'armement », créé en 1995 à la DGA, s'est intéressé à diverses armes, des armes non létales aux armes nucléaires, et des mines antipersonnel aux armes biologiques. Il a plus récemment mené une réflexion sur l'*éthique des robots*, sous la conduite de l'ingénieur général de l'armement Alain Crémieux. Il y est fait largement appel ici.

Il nous faut insister quelque peu sur l'*imprévisibilité du robot* militaire, déjà signalée, car elle peut avoir des conséquences importantes sur le plan de l'éthique.

Les armées utilisent depuis toujours, depuis très longtemps en tous cas, des matériels présentant un degré d'imprécision ou d'automatisme leur donnant certains points communs avec ce que l'on appelle aujourd'hui des robots. Ne parle-t-on pas, à propos des effets de tous ces matériels de « dommages collatéraux », qui peuvent être plus graves, par leur ampleur ou par leur nature, que ceux causés par certains robots, même armés ? Ne pourrait-on pas alors se contenter de dire que l'usage des robots, comme celui de tous les armements, n'est acceptable que dans la mesure où ils ne risquent pas de causer de dégâts autres que ceux voulus par leurs servants et,

bien sûr aussi, à condition que ces dégâts respectent par ailleurs les règles éthiques communes à tous les armements ?

Or, à la réflexion, il est apparu que les robots, de par leur *complexité*, de par le *degré d'« intelligence »* qui leur est incorporé, et surtout de par celui qui pourra leur être incorporé dans l'avenir, notamment par apprentissage dont les effets peuvent être difficiles à maîtriser, méritaient l'*attention particulière* qui leur est accordée.

Le robot n'est évidemment pas le premier armement à être « complexe ». Les missiles et bien d'autres armements le sont déjà. Le robot cependant allie le fait de disposer de capteurs multiples et d'une grande capacité de calcul au point qu'on puisse, quitte à commettre un abus de langage, le considérer comme doué d'une *capacité de décision*. Ce degré de complexité, auquel sont habitués les informaticiens depuis déjà un bon nombre d'années, peut en effet le rendre *imprévisible*. Du moins, à partir d'une certaine complexité, ne peut-on plus affirmer que, bien que déterministe, il soit parfaitement prévisible. Les lois de l'analyse combinatoire sont telles qu'à partir d'un certain degré de complexité il devient impossible d'examiner tous les cas possibles sauf à disposer d'un temps inaccessible. C'est déjà le cas de nos ordinateurs de bureau et c'est ce qui conduit de façon aujourd'hui devenue banale à les éteindre et à les rallumer faute de pouvoir analyser leurs pannes. Mais ils ne sont pas armés !

L'emploi éventuel de robots en *essaim*, c'est-à-dire le lancer simultanément d'un grand nombre de robots, d'une « salve » en quelque sorte, pourrait avoir des conséquences difficiles à prévoir, dans la mesure où ces robots peuvent s'informer mutuellement et interagir : on peut alors voir apparaître des propriétés nouvelles issues des *rétroactions collectives* et ces propriétés peuvent être difficiles à prévoir. Leur analyse mettrait en jeu une combinatoire encore plus compliquée, alors que la maîtrise du comportement des ordinateurs en réseau est déjà problématique dans nos applications simples usuelles. On pourrait, par exemple, tenter d'expliquer les tirs fratricides entre combattants humains par des comportements et des interactions de ce type (rétroaction), qui pourraient donc avoir des conséquences semblables entre robots, et entre robots et humains.

Un autre problème est lié à l'*éloignement de l'opérateur*. Les Écoles de St-Cyr-Coëtquidan ont organisé en 2010 deux colloques sur les aspects éthiques et juridiques des systèmes d'armes robotisés. Il a été notamment discuté de l'image troublante du guerrier « *at home* », assis dans son fauteuil devant son écran d'ordinateur, pratiquant cette « *joystick war* », guerre robotisée sans engagement physique, sans risques (même pour le soldat de base !). Il a été noté que « le choc produit par la très grande différence entre l'image de technologie « ludique » (jeu vidéo ?) et la réalité morbide d'une action létale désormais routinière crée un trouble certain », notamment chez l'opérateur distant, comme cela a été souligné dans un film récent.

Pour l'*aspect réglementaire*, seul le cas des drones sera considéré ici. La sécurité du vol des drones, face à l'absence de pilote à bord et à la perte de liaison possible (fortuite, ou volontaire par brouillage) avec un téléopérateur, est à l'évidence un problème critique. Il se pose sous des formes différentes selon la taille du drone (dégâts au sol pour les gros drones, criticité de la tenue au vent pour les mini ou microdrones), et selon son contexte d'emploi, civil ou militaire. Face à cette situation, ce qui va compter le plus, c'est l'optimisation du système complet dans lequel le drone lui-même n'est qu'un élément.

Intégrer les drones dans l'espace aérien est un problème qui se pose différemment dans le domaine civil et dans le domaine militaire, et là encore, selon qu'il y a ou non conflit.

La considération de l'*aspect juridique* amène à se poser la question de la *responsabilité d'un robot* doté d'une certaine autonomie, par exemple ayant la possibilité de s'autoprogrammer en choisissant entre diverses stratégies. La tendance actuelle est de penser que le fait que des machines ou systèmes puissent avoir des comportements échappant au contrôle des hommes pour une durée suffisante à produire des dommages n'implique en rien qu'on puisse attacher une peine physique ou une condamnation morale à ces machines ou aux systèmes eux-mêmes. Si responsabilité et condamnation il y a, ce ne peut être que celles de ceux qui ont permis ces conséquences, en les connaissant à l'avance ou en les pressentant.

Dans la détermination de cette *responsabilité « autour des robots »*, l'autonomie accrue des robots de combat par rapport à des armements plus classiques peut compliquer l'établissement d'une chaîne de responsabilité, ou de culpabilité. Cela peut aller du niveau des chefs militaires qui auront prévu l'emploi de l'arme dans la planification de leurs opérations, aux responsables politiques qui auront autorisé son développement pour emploi par les militaires, aux concepteurs du robot, et aux responsables du planning des opérations, depuis ceux de la programmation jusqu'à ceux de la définition de la mission.

Pour le TPI (Tribunal pénal international) qui instruit les crimes de guerre, si un robot autonome produisait des effets qu'il serait possible de classer dans cette catégorie, c'est la chaîne complète des décideurs qui risquerait d'être citée devant lui. Il serait alors trop tard pour invoquer le cas de force majeure ou les circonstances atténuantes dues à l'imprévisibilité du robot. En effet, l'imprévisibilité du robot peut et doit être prise en compte, tout au moins en termes de probabilité d'occurrence fatale.

A propos de l'éloignement des opérateurs (voir plus haut), rappelons que *l'exonération de la responsabilité pénale* des militaires dans l'emploi de la force armée est justifiée par un cadre éthique et juridique rigoureux. On peut s'interroger sur le maintien de ce droit « exorbitant du droit commun » (ne relevant pas du droit commun) pour l'usage des systèmes d'armes robotisés, car il trouve sa justification morale dans une spécificité littéralement « extraordinaire » de l'acceptation par le combattant d'un « esprit de sacrifice pouvant aller jusqu'au sacrifice suprême », *qu'une guerre à distance tendrait à relativiser* (pas de risque, donc pas de « privilège » !).

23 - Maintenant que nous connaissons mieux le robot militaire sous ses différents aspects, abordons le thème de la *conscience*.

Le rapport général du groupe de travail de l'Académie des technologies mentionné plus haut a montré les difficultés rencontrées pour définir la conscience *humaine, dont la connaissance peut être plutôt approchée par l'étude de ses manifestations ou encore de ses fonctionnalités*. Ce rapport n'a pas prétendu qu'il était possible de doter un robot d'une véritable conscience de type humain, mais seulement de certaines de ces fonctionnalités, conduisant le robot à avoir un comportement lui donnant seulement l'*apparence* de posséder une certaine « conscience » (entre guillemets !).

Mais alors, *les robots militaires ont-ils déjà une certaine « conscience »*? Pour répondre à cette question, regardons quelles sont les fonctionnalités de la conscience humaine qui sont présentes, au moins en partie, chez un robot, ou qui

pourraient être introduites à court, moyen ou long terme. Dans un deuxième temps nous essayerons d'identifier les fonctionnalités les plus intéressantes à développer.

On utilise pour cela la classification en trois niveaux de conscience humaine de Nayla Farouki, du plus élémentaire au plus complexe. Dans le rapport, pour chaque fonctionnalité, on rappelle généralement sa définition *pour l'homme* et on s'interroge sur sa présence, ou la possibilité et l'intérêt de son introduction, *chez le robot*. Nous n'en ferons ici qu'une présentation très succincte.

La *conscience de l'environnement et sa description* est, pour l'homme, l'interprétation et l'unification des données des sens, pour la représentation et l'interprétation de l'environnement par rapport à soi.

Pour le robot, cela est déjà relativement bien réalisé par la *fusion d'information* des données des capteurs et l'élaboration d'une information pertinente dans une situation donnée. La fonction *identification* précise de la cible, matérielle ou humaine, malgré la présence possible de camouflage ou de leurres, est évidemment essentielle.

L'interrelation, l'autorégulation et la survie permet à l'homme l'interaction avec son environnement (au sens large) et le maintien de la vie. Cette fonctionnalité est une caractéristique essentielle des systèmes vivants. Les processus impliqués sont de complexité croissante de la bactérie à l'homme.

Elle peut être programmée pour un robot autonome, autosuffisant. C'est d'ailleurs la 3^e loi d'Asimov (« Un robot doit protéger son existence [...] »). On peut inclure dans cette fonctionnalité l'auto-maintenance, l'auto-réparation et les reconfigurations automatiques.

La *conscience de soi* est, pour l'homme, la conscience du "Je", du "Moi", jusqu'à la « conscience de la conscience ».

Cela paraît complexe à mettre en œuvre dans un robot. Il est déjà difficile de reconnaître cette fonctionnalité chez les animaux (tentative du « test du miroir »). En revanche, il paraît possible de donner à une machine les attributs « apparents » de cette conscience de soi. Par exemple, le robot peut avoir « conscience » de ses pannes et procéder automatiquement à des reconfigurations.

La *mémoire* est, pour l'homme, l'ensemble du « Savoir », ce qui correspond à : « Je sais » (et, plus important : « Je sais que je sais » ou « Je sais que je ne sais pas »).

Le rapport général distingue plusieurs types de mémoires : court / long terme, sémantique / des épisodes, implicite / explicite, motrice, mémoire des informations intérieures à l'individu (émotions), « inconscient », etc. et insiste sur les relations étroites entre mémoire et apprentissage.

Le robot peut disposer d'une *grande capacité de mémoire*, très fiable. Exemple : cartographie de terrain. C'est un domaine où *l'informatique du robot peut avantageusement concurrencer le cerveau humain*.

24 - Pour les fonctionnalités de niveau III, nous ne mettrons l'accent que sur quelques points.

Certains chercheurs, comme Arkin du Georgia Institute of Technology, trouvent inutile et même néfaste de chercher à introduire des *émotions* et des *sentiments* chez les robots militaires : « Dans le tumulte de la bataille, les robots ne seraient pas affectés par des émotions volatiles » et pourraient prendre de meilleures décisions éthiques que les hommes.

La tendance est de donner le plus de *liberté* et d'*autonomie* (d'action) possible au robot militaire, non seulement pour éloigner l'opérateur humain du danger, mais encore pour se soustraire aux contre-mesures comme le brouillage et le piratage. Mais cela sans lui laisser trop de liberté pour des raisons éthiques (maîtrise de la situation par l'homme) et parce que le robot, comme tout bon soldat doit avant tout obéir. Il faut donc concilier liberté et obéissance.

Pour l'homme, Daniel Kahneman rappelle que nos *décisions* résultent de jugements. Notre premier jugement est toujours intuitif (et facile). Si on fait un effort on accepte de le modifier ou de le compléter, dans un second temps, avec un jugement plus rationnel c'est-à-dire faisant appel aux connaissances disponibles qu'on a négligées dans le premier jugement intuitif. La plupart du temps on refuse cet effort, d'où nos erreurs et pérégrinations dans nos décisions d'actions.

Cette analyse s'applique particulièrement bien à la décision de tir évoquée ici. Le fait que cette décision relève de l'opérateur n'apporte pas de garantie particulière à sa qualité (par rapport à celle que pourrait prendre un robot) si l'opérateur s'en tient au jugement intuitif.

La fonctionnalité *intelligence*, bien qu'essentielle, est citée en dernier car elle regroupe plusieurs des fonctionnalités précédentes et l'accent a été mis ici sur la conscience (artificielle) et non l'intelligence (artificielle), maintenant plus classique.

Pour l'homme, la *perception des autres* consiste à identifier les autres, à reconnaître leurs postures et leur langage, à attribuer des désirs, des intentions, des motivations aux autres, à prédire leur comportement.

Pour le robot militaire, la fonction *identification* des autres (robots ? humains ?; amis ? ennemis ?) est essentielle. La perception correcte de l'existence et la catégorisation des autres est loin d'être maîtrisée. Cependant, il est dit que le petit robot (civil !) Nao est déjà capable de reconnaître l'« humeur » des personnes qui l'entourent !

Pour l'homme, la *communication* est une fonctionnalité élémentaire (interactions non nécessairement symboliques avec les autres, en deçà du langage), qu'il partage avec bien d'autres êtres vivants.

Pour le robot, il peut s'agir de communication simple avec l'opérateur ou éventuellement avec d'autres robots. Cet aspect ne paraît pas soulever de gros problèmes, d'autant plus que l'utilisation de liaisons satellitaires va se généraliser. Il faut évidemment se prémunir contre le brouillage.

Pour l'homme, le *langage* est une forme évoluée de communication (interactions symboliques).

L'utilisation d'un véritable langage entre le robot et l'opérateur ou d'autres humains ou d'autres robots est beaucoup plus ambitieuse. Mais est-elle indispensable ou même souhaitable ? Dans certaines situations, il peut être bien utile que le robot militaire sache dire au moins : « Mot de passe ? » ou « Haut les mains ! » dans plusieurs langues. Mais cela ne va pas très loin.

Pour l'homme, le *comportement collectif* relève de la sociologie.

Pour le robot, ce comportement est à l'étude car, comme il a été vu, il est maintenant question de groupes de robots, d'escadrilles de drones, d'essaims de

mini robots (par exemple pour retrouver des victimes sous les décombres), de groupes de robots dissemblables, etc. L'utilisation de la théorie des jeux coopératifs peut alors avoir de l'intérêt.

Par exemple, une escadrille de drones doit pouvoir s'autogérer pour satisfaire globalement la contrainte de navigation, tout en évitant les collisions.

Enfin, pour l'homme, Serge Tisseron rappelle que l'*empathie* n'est ni la sympathie (partage des mêmes émotions, valeurs, objectifs), ni la compassion (accent sur la souffrance). Elle peut être représentée sous la forme d'une pyramide constituée de trois étages superposés, correspondant à des relations de plus en plus riches, partagées avec un nombre de plus en plus réduit de gens :

(1) empathie directe ou identification (se mettre à la place de l'autre) ;

(2) empathie réciproque (désir d'une reconnaissance mutuelle), qui peut s'étendre au monde non humain (animaux, plantes, objets) ;

(3) intersubjectivité (reconnaître à l'autre la possibilité de m'éclairer sur des aspects de moi-même que j'ignore).

L'intérêt de l'implémentation de cette fonctionnalité d'empathie chez le robot dépend du type de robot considéré. Elle paraît d'autant plus difficile que le niveau visé de la pyramide est plus élevé.

La fonctionnalité d'empathie est, pour l'instant, peu présente chez le robot. Mais l'empathie est, de façon générale, une notion importante en robotique militaire comme nous le verrons plus loin.

25 - Faut-il doter les robots militaires d'un *supplément de « conscience »* ? Est-ce possible ? Dans quels domaines préférentiels ?

Compte tenu des perspectives offertes par le développement de la robotique militaire avec une tendance forte vers une plus grande autonomie des robots, y compris pour le tir, le degré de « conscience » actuellement présent chez le robot militaire paraît très insuffisant pour faire face notamment aux problèmes d'éthique qui ne manqueront pas de se poser. Des efforts doivent être faits pour améliorer certaines fonctionnalités de la conscience intéressant plus spécifiquement les robots militaires. Quelles sont les fonctionnalités à améliorer en priorité ? Comment procéder ?

Les considérations précédentes ont permis de repérer un certain nombre de *fonctionnalités prioritaires* en robotique militaire.

Nous avons vu que, pour éviter les « dommages collatéraux », les « bavures », il fallait faire un effort tout particulier dans le domaine de l'*identification des cibles* (d'autant plus que l'ennemi utilise souvent les civils comme boucliers humains). Cela peut être facilité par le fait que le robot peut s'approcher (sans peur, si ce n'est sans risque !) plus près de la cible. C'est ce qui a été tenté en Libye en utilisant des drones téléopérés plutôt que des avions pour des attaques au sol. Cette identification précise des cibles peut, dans certains cas, nécessiter un effort particulier dans le domaine de la *communication*, voire du *langage*. Cela permet d'éviter également les bavures dans le camp ami, encore plus inacceptables.

Pour les robots disposant d'une certaine autonomie (d'action), il faut également s'efforcer de *concilier au mieux autonomie et obéissance*, afin que l'Homme (toute la chaîne de commandement) puisse toujours garder la *maîtrise de la situation*.

Les perspectives offertes par l'utilisation de groupes ou d'essaims de robots demande un complément d'étude sur le *comportement collectif*.

Enfin, il a été vu que certaines composantes de la fonctionnalité *empathie* mériteraient d'être développées.

Mais *comment* améliorer ? Des approches ont été proposées qui mettent l'accent sur l'éthique, aspect particulièrement important pour les robots militaires. Elles partent de la constatation qu'un robot autonome décide lui-même ce qu'il doit faire. Il doit donc avoir une éthique qui guide sa conduite. Mais comment programmer des valeurs abstraites ?

Une *première méthode*, dite « *top-down* », consiste à choisir des règles auxquelles le robot se réfère pour déterminer si l'action qu'il s'apprête à faire est éthiquement acceptable. Mais comment s'assurer que le robot a accès à toute l'information dont il a besoin ? L'approche consiste à calculer les conséquences des actions possibles pour sélectionner celles qui seront les plus bénéfiques. Mais elle n'est guère opérationnelle, car le robot ne peut pas toutes les calculer, même à court terme, dans le laps de temps limité dont il dispose pour agir.

Dans une *deuxième méthode*, dite « *bottom-up* », le robot se forge sa propre morale. Pour son *apprentissage*, on crée un environnement dans lequel on essaie différents comportements et le robot est « récompensé » si son action correspond à ce qu'on attend de lui. Les principes moraux sont alors découverts peu à peu. Bien sûr, face à une situation nouvelle, un tel robot ne pourra se fier qu'à son expérience, qui risque de se révéler insuffisante. De plus, on ne peut prévoir ce qui va « émerger » d'un tel processus et cela peut se révéler dangereux.

Une *troisième méthode* consiste à rendre le *robot intrinsèquement vertueux* en définissant plutôt le « caractère » qu'il doit avoir. La question n'est plus « quelle règle suivre ? » mais « qu'est-ce que cette action révélerait que je suis ? ».

Une *quatrième approche* est due à Arkin, qui considère que la « non-émotivité » du robot peut être un avantage. Ce qui semble intéressant dans cette approche, c'est :

- le fait qu'un robot puisse faire moins d'erreurs qu'un homme parce qu'il n'a pas d'affect. Cela relance la discussion sur le problème décisionnel ;

- le fait que, *in fine*, malgré la sophistication du « gouverneur éthique » et du « conseiller éthique » automatiques, préprogrammés, qu'il est prévu d'introduire, c'est quand même le militaire « homme » qui décide quand il y a ambiguïté.

Ainsi, ce système a un grand intérêt pratique, mais ne doit être considéré que comme une assistance sophistiquée au militaire, lui évitant de prendre les décisions faciles, mais le laissant largement responsable des décisions de haut niveau.

Rappelons enfin l'approche synthétique de Gérard Sabah, qui fait suite à celles de Cardon et de Pitrat. Son modèle CAMEL propose une méthode générale pour doter les robots d'un supplément de conscience. L'application de cette méthode au cas particulier des robots militaires, qui posent des problèmes plus spécifiques, doit être possible en mettant l'accent (par *pondération*) sur les fonctionnalités prioritaires qui les caractérisent et que nous avons tenté d'identifier.

Aucune approche ne pourra sans doute garantir une éthique parfaite chez le robot. Mais celle des humains n'est pas parfaite non plus ! Et l'objectif, plus modeste, n'est-il pas de faire juste aussi bien, voire peut-être un peu ou même beaucoup mieux (?), que chez l'homme, en éliminant certains de ses défauts.

26 – Ce bloc-diagramme montre quelques relations entre les trois modèles de Cardon, Sabah et Pitrat. Toutes les interactions ne sont, bien sûr, pas représentées.

Cette figure a seulement pour but de donner un aperçu de la complexité à laquelle conduit une tentative d'implémentation informatique d'un modèle de conscience, mais aussi de montrer que de nombreuses recherches sont menées actuellement sur ce thème.

27 - Les considérations précédentes ont tenté d'apporter des éléments de réponse à la question de savoir si les robots militaires (les robots de l'avenir lointain évidemment) pourraient se voir dotés d'une certaine « conscience morale ». Ce questionnement est aussi ancien que le concept même de robot (pensons aux œuvres d'Asimov). Sauf à imaginer un lien entre robots et biotechnologies, il semble que la question pouvait avoir pour réponse que, quelle que soit la « morale » dont un robot pourrait donner l'apparence d'être pourvu, cette morale ne serait pas, pendant sans doute très longtemps, la sienne, mais celle de son concepteur ou de son utilisateur et que ceux-ci devraient donc limiter le comportement du robot dans le cadre d'une morale acceptable.

Il faut insister sur le fait que les robots actuels, déjà en service mais encore peu nombreux, sont des *robots simples* qui ne présentent que peu de caractéristiques posant des problèmes spécifiques d'éthique, même si les dommages collatéraux, sur certains théâtres, semblent se multiplier, par des règles d'engagement trop laxistes.

Les recommandations qui suivent sont donc surtout orientées vers les *robots de l'avenir*. Un avenir à l'horizon de plusieurs dizaines d'années au cours duquel il est prévu un développement très important de ces robots avec inclusion progressive d'une informatique de plus en plus puissante, d'un apprentissage de plus en plus élaboré, conduisant à des comportements de plus en plus complexes et difficiles à prévoir et à contrôler.

Il faut donc s'efforcer de réduire l'*imprévisibilité* du robot militaire, qui peut être directement liée à sa conception, ou qui peut résulter d'interactions imprévues entre le robot et son environnement, ou encore qui peut seulement résulter du fait qu'aucun système informatique rendu très complexe par la multiplicité de ses capteurs et de ses logiciels n'est à coup sûr exempt de tout défaut (cf. les fameux « bugs » dont tous les utilisateurs d'ordinateurs personnels sont familiers !).

Comme on l'a vu, l'introduction des robots est susceptible de modifier la hiérarchie et la répartition des *responsabilités*. Notre perception de ces responsabilités peut s'en trouver brouillée, avec toutes les conséquences éthiques que cela comporte.

En particulier, avec l'emploi massif de robots, des opérations de guerre pourraient être menées sans mettre aucun combattant ami en danger. Certes, c'est en soi une bonne chose. Mais cela doit aussi nous inciter à rester vigilants sur le risque que cela puisse conduire à consentir trop facilement à la *violence* la plus extrême. Il faut toujours veiller à apporter une *réponse adaptée*.

L'emploi généralisé des robots pourrait même conduire à une révision de la « Convention de Genève ».

Tout milite pour souligner le danger particulier qui guette les acteurs de l'armement dans le domaine des robots, celui d'être dépassés par les conséquences non voulues de la *complexification* des systèmes robotisés. Qu'elle soit le fait des robots utilisés, ou celui de leur mise en œuvre, par exemple en essaims, le pire serait une abdication de la volonté raisonnée de l'utilisateur. Accepter de ne plus *maîtriser* son armement, c'est de toute façon une faute professionnelle, c'est aussi une faute contre l'éthique. Une défaillance de la raison serait alors, en elle-même aussi bien que par ses conséquences possibles, le premier degré de l'immoralité.

Si, comme il a été vu précédemment, la fonctionnalité *empathie* est, pour l'instant, peu présente chez le robot, la notion générale d'empathie, *notamment celle concernant l'homme lui-même*, est essentielle en robotique, notamment militaire. Serge Tisseron y distingue quatre aspects :

- *Effort pour s'attirer le soutien des populations locales*

Le robot ne doit pas être vécu comme le prolongement technologique d'une société qui aurait perdu son âme. Il doit y avoir des combattants humains sur le terrain pour prouver que le pays qui a décidé d'envoyer ses soldats a de bonnes raisons de mener cette guerre puisqu'il admet de risquer des vies humaines. Les habitants du pays où la force est déployée auront alors le sentiment d'être considérés comme des êtres humains. Dans la même optique, il serait sage de laisser toujours la décision de tirer à un opérateur humain.

- *Tentation de transformer le combattant de terrain en robot*

Avec les systèmes de transmission des informations par satellites, les officiers supérieurs, très éloignés du terrain de combat, ont accès en temps réel aux mêmes informations que les combattants de terrain et risquent d'abuser de cette situation pour commander les opérations dans un tel détail que les combattants de terrain peuvent avoir l'impression d'être traités... comme des robots ! Par exemple, le droit de tirer peut être suspendu à un lointain officier. C'est l'empathie des différents agents les uns pour les autres qui risque d'en souffrir, avec, à terme, un problème de cohésion entre ces différents « frères d'armes ».

C'est pourquoi, il pourrait être opportun de fixer comme règle que celui qui se trouve sur place, dans le feu de l'action, serait le décideur et le responsable légitime, sa présence sur le terrain primant sur le grade hiérarchique.

- *Echanger sans se voir*

Les ordinateurs ont banalisé les communications sur les forums et par « *chat* ». Rien d'étonnant donc si les pilotes de drones qui commandent leurs engins depuis leur bureau communiquent entre eux par ces moyens. Comme dans les jeux vidéo en réseau où les « combattants » agissent très souvent sans se connaître et s'être jamais rencontrés, le problème de la confiance à accorder à un autre combattant dont on ne connaît rien est identique.

Il serait donc opportun d'organiser régulièrement, comme cela se fait dans certaines guildes de joueurs, des rencontres IRL (*In Real Life*) des combattants de bureau amenés à combattre ensemble par écrans et *chats* interposés.

De même, il serait intéressant que les combattants de bureau (opérateurs de drones par exemple, éloignés du champ de bataille) aient eu, à un moment ou à un autre, une expérience de terrain. La capacité qu'a chaque soldat de s'imaginer « à la place » de ses compagnons de combat est en effet un élément fort de la qualité et de l'efficacité de leur collaboration.

- *Empathie homme-robot*

Il a déjà été vu à propos de l'empathie réciproque, que cette empathie humaine pouvait s'exercer non seulement vis-à-vis des humains, mais également vis-à-vis des animaux, des plantes et même des objets, car nous avons tendance à projeter sur eux toutes sortes de pensées, d'émotions et de sentiments. Plus nous nous projetons en eux, plus nous nous sentons en confiance avec eux.

Or, il faut éviter une trop grande empathie du combattant envers le robot, pouvant aller jusqu'à ce que le soldat risque sa vie pour « sauver » le robot, qui perdrait ainsi sa raison d'être qui est d'économiser la vie des soldats.

En conclusion, notons l'intérêt grandissant pour les problèmes d'éthique posés par les robots militaires, notamment dans la perspective des SALA (Systèmes d'armes létaux autonomes). La France produit une réflexion de qualité, qui doit être traduite en action. Outre les apports de la DGA (Groupe d'Alain Crémieux), de Saint-Cyr Coëtquidan et de l'Académie des technologies, déjà cités, c'est la CERNA (Commission de réflexion sur l'éthique de la recherche en sciences et technologies du numérique d'Allistene) qui, fin 2014, a consacré son premier rapport à ce sujet. Allistene (Alliance des sciences et technologies du numérique) regroupe le CNRS, le CEA, l'INRIA, l'IMT, la CPU et la CDEFI. L'IESF (Société des ingénieurs et scientifiques de France) a également participé à ce rapport.

Une réunion a récemment (18/12/15) été organisée au ministère de la Défense par Eric Germain, chargé de mission « Ethique des nouvelles technologies, faits religieux et questions sociétales » à la DGRIS (Direction générale des relations internationales et de la stratégie), pour faire le point sur les progrès réalisés dans ce domaine avec l'ensemble des participants intéressés.

Les considérations précédentes sur le « robot militaire » ne représentent qu'une partie de l'approche « *bottom-up* » de la question générale de la conscience des robots. Il faudrait compléter cette étude par celle d'autres cas d'applications, *dont les fonctionnalités prioritaires ne manqueront pas d'être très différentes*. C'est la raison pour laquelle l'étude approfondie du « robot de compagnie », offrant un fort contraste avec le robot militaire, devrait être l'un des nouveaux thèmes de réflexion du groupe de travail « Vers une technologie de la conscience ? » de l'Académie des technologies.