

Direction de l'Enseignement Militaire Supérieur
Ecole de Guerre

**SOUS QUELLES CONDITIONS MAXIMISE-T-ON LE
BENEFICE D'AVOIR UN OPERATEUR HUMAIN
POUR DES MATERIELS AUTONOMES ?**

Mémoire réalisé par le LCL Jean-Loïc LAUDY

Sous la direction de Sophie LEFEEZ

2017-2018

RESUME

L'automatisation de tâches jusqu'alors exécutées par l'homme est une caractéristique du XXe siècle. Cette tendance croissante se traduit dans le domaine militaire par la mise en service de système d'armes comprenant des fonctions allant de la téléopération jusqu'à l'autonomie partielle. Répondant autant à un besoin opérationnel qu'à des facteurs incitatifs d'ordre industriels, politiques voire idéologiques, l'introduction des machines dans la guerre transforme le métier du soldat. Celui-ci est de moins en moins sujet direct de l'action mais plutôt opérateur voire superviseur de systèmes requérant plus de compétence technique que de vertu martiale. Pétris d'une foi renouvelée dans le potentiel parfois fantasmé de la science et de l'intelligence artificielle, les acteurs du développement des programmes d'armement visent avant tout la performance technologique. Mais si le facteur humain est tout de même pris en considération dans la conception des capacités modernes, notamment par le biais des techniques d'ergonomie, l'ignorance des impacts cognitifs et sociaux du mariage forcé homme-machine fragilise les avantages obtenus par l'automatisation et l'autonomisation sur le champ de bataille. Dès lors, l'amélioration de l'efficacité de la collaboration homme-machine passe par un effort à consentir dans la prise en compte de dimensions spécifiquement humaines : physico-sensorielles, de rapport à l'altérité et d'inscription dans une temporalité fonctionnelle de l'opérateur aux commandes de sa machine. Une démarche plus anthropocentrée telle que celle proposée dans cette étude devrait aboutir à une meilleure appropriation du système et donc à une meilleure efficacité du tandem homme-machine. Elle n'est toutefois pas exempte de conséquences pour les utilisateurs, leurs employeurs et les fabricants de ces systèmes, que ce soit par exemple au regard du niveau de recrutement, de la pédagogie de la formation ou encore de l'évolution de la conduite des programmes d'armement. Au final une question plus large reste en suspens : celle de la capacité à maintenir une faculté de réversibilité vers des systèmes de génération antérieure en cas de rupture stratégique rendant impossible l'emploi de systèmes technologiques modernes (cyber-attaque, attaques dans l'espace exo-atmosphérique, etc.).

SUMMARY

Automation of tasks that had been previously performed by men is one of the XXst century's characteristics. In the military field, this increasing trend has been reflected in commissioning for numerous systems remotely controlled or partially autonomous. By meeting an operational need and as a consequence of industrial, political and ideological key factors, robots' emergence does transform soldiers' job. Rather than being core decisive actors, they shift towards operators or supervisors that require more technical skills than martial virtue. Shaped by a renewed faith in the overstated potential of science and artificial intelligence, arms program development actors are aiming mainly the only technological performance. Although human factor is taken into consideration through human engineering, to ignore cognitive and social impacts of this human-machine "shotgun wedding" may weaken the automation and robotics advantages in the battlefield. Improvement of human-machine teaming requires considering the human specific following dimensions: physical-sensitivity, alterity and history of his function as a machine operator. The more "anthropocentric" approach detailed in this study should lead to a better ownership and therefore a better efficiency of human-machine teaming. However it implies some consequences for users, armed forces and industry such as level of recruitment, formation strategy or arms programs process. Finally a question still has had no answer: how to maintain a versatility capability in order to be able to use old-fashioned systems in case of a massive cyber or space attack that would deny the use of modern technologies.

SOMMAIRE

Introduction	6
1. Etat des lieux des phénomènes d'automatisation et d'autonomisation.....	9
1.1. De quoi s'agit-il ?	9
1.1.1. Définitions	9
1.1.2. Exemples et réalités du phénomène	13
1.1.3. Le potentiel attendu des systèmes autonomes et de la collaboration homme- machine 15	
1.2. Causes et origines de cette tendance.....	19
1.2.1. Une tendance opérationnelle ancienne	19
1.2.2. Une tendance des industries	21
1.2.3. Des choix politiques décisifs.....	22
1.2.4. Des choix idéologiques	24
1.3. Evolution de la conception du métier de soldat et du rôle de l'opérateur	26
2. L'autonomisation : mythes et réalités	29
2.1. Le processus d'autonomisation et ses effets pervers sur les opérateurs	30
2.1.1. Les effets de la distanciation	30
2.1.2. La perte d'adaptabilité.....	32
2.1.3. L'opacité de la machine dans le cadre de la mission	34
2.1.4. La perte possible de savoir-faire	36
2.2. Origines des dérives constatées dans les processus d'autonomisation.....	38
2.2.1. La tendance souvent « technocentrée » des programmes d'armement	39
2.2.2. Le rôle et la place de l'opérateur de machine autonome : un impact social sous- estimé 44	
2.3. Une intelligence artificielle qui possède des limites	48
3. Une collaboration homme-machine optimisée	50
3.1. Redonner sa place à l'homme.....	50
3.1.1. De la nécessité de maintenir un opérateur.....	51
3.1.2. Replacer l'homme au cœur du système.....	55
3.1.3. Faire l'effort sur l'appropriation du système.....	57
3.2. Éléments d'optimisation de la collaboration homme-machine	59
3.2.1. La dimension physico-sensorielle : le corps comme interface avec le monde... 60	
3.2.2. La dimension sociale d'altérité et de sens donné au travail	64
3.2.3. La dimension temporelle dans laquelle s'inscrivent l'opérateur et la machine . 68	

3.3. Une démarche plus anthropocentrée : perspectives.....	70
3.3.1. Implications pour l'opérateur	71
3.3.2. Des conséquences significatives pour les armées (organisation, hiérarchie, soutien) 73	
3.3.3. Les évolutions impliquant les industriels de la défense	75
3.3.4. Et les ingénieurs ?	77
Conclusion :.....	78
Bibliographie :.....	82
Annexe I : guide d'entretien avec les ingénieurs	88
Annexe II : guide d'entretien avec les utilisateurs	90

Introduction

De la voiture sans pilote aux drones qui seraient capables de sélectionner leur cible sans intervention humaine, le sujet de l'autonomie dans les technologies suscite autant de fantasmes que d'intérêt. Inévitablement liés aux domaines de la robotique et de l'intelligence artificielle, le développement et les progrès constatés dans ces technologies ont le potentiel de modifier complètement notre vie quotidienne. Pour les militaires, les robots et systèmes autonomes sont devenus indispensables à la conduite des opérations. Ils s'accordent en effet aux exigences modernes de vitesse, de précision et de sauvegarde des combattants. En outre, la préparation de l'avenir dans ce domaine répond également à la nécessité d'anticiper la menace robotique qui va être amenée à se développer et se diversifier chez l'adversaire.

L'avènement ces dix dernières années de systèmes de plus en plus autonomes ont conduit à un phénomène aujourd'hui bien identifié de prise de distance de l'opérateur vis-à-vis du champ de bataille aussi bien physiquement que cognitivement. Il est vrai que jusqu'alors et quel que soit le degré de sophistication des technologies militaires antérieures, l'homme était présent à tous les stades de leur conception, de leur fabrication et de leur mise en œuvre sur le terrain. Le nouveau paradigme voit donc désormais la machine s'interposer entre l'opérateur et l'effet à réaliser, posant au passage le problème de la confiance dans le système et plus spécifiquement dans son programme qui reste inaccessible à la compréhension de l'utilisateur. Cette défiance, amplifiée par la menace quasi-permanente d'intrusion cyber dans des systèmes réputés inviolables, côtoie des situations totalement inverses de confiance absolue dans des systèmes d'armes hautement automatisés tels que les avions de chasse ou les batteries de défense anti-missiles.

Ce contraste troublant et ces différences d'appréciation poussent à se demander sous quelles conditions le bénéfice d'avoir un opérateur humain pour des matériels autonomes est maximisé ? Quels sont les critères dont la prise en compte lors de leur conception favoriserait une plus grande efficacité du binôme opérateur-machine autonome ?

Pour ce qui est du développement des systèmes d'armes, ce sujet fait l'objet d'une littérature abordant tantôt le sujet via des considérations éthiques sur la place de l'homme et du robot sur le champ de bataille, tantôt plus concrètement sous l'angle de la prise en compte du facteur humain via des interfaces plus ergonomiques. Mais cette dernière acception revient à considérer que le déploiement des systèmes autonomes pose avant tout des problématiques d'ordre technique avec des conséquences humaines pour ainsi dire périphériques.

Or, outre la question éminente du succès de l'intégration de l'homme et des technologies dans un système, il semble essentiel de s'interroger sur les aspects immatériels qu'implique cette nouvelle forme de collaboration. Car les modifications de rapport du soldat à la machine, du soldat aux autres combattants et du soldat aux effets produits sont-elles réellement prises en compte ? Le nouveau positionnement de l'opérateur par rapport à l'action n'a-t-il pas aussi des conséquences sur ses relations sociales au travail ? Sur la représentation qu'il se fait de son rôle et dont l'impact a peut-être été sous-estimé ?

Dès lors, ce mémoire vise à démontrer que l'homme inscrit sa démarche d'opérateur dans trois dimensions qui devraient inspirer les spécifications des matériels autonomes dans le but d'améliorer le travail collaboratif homme-machine :

- une dimension physico-sensorielle, effectivement liée à l'ergonomie, indispensable à la bonne appropriation de l'armement par un opérateur qui y réinjecte son expérience antérieure ;
- mais aussi une dimension sociale tendant à donner du sens à l'action produite par le tandem homme-machine et nécessaire à l'opérateur pour agir d'autant plus efficacement qu'il comprend son rôle, sa place dans l'action et le fonctionnement du système servi ;
- ainsi qu'une dimension temporelle dont l'oubli peut être préjudiciable au retour d'expérience, à la transmission des savoir-faire et à la capacité d'adaptation des opérateurs.

Une première partie permettra de décrire la tendance qui pousse à l'automatisation des systèmes d'armes et à les faire gagner en autonomie. Ce phénomène n'est cependant pas exempt de conséquences néfastes pour la collaboration homme-machine qui seront analysées dans la partie suivante. Enfin, des pistes d'optimisation et leurs implications seront proposées en fin de mémoire.

Cette étude se limite au domaine militaire car c'est dans cet usage que la collaboration homme-machine recouvre une gravité parmi les plus extrêmes : œuvrer ensemble à la destruction du potentiel ou de la volonté de l'adversaire en délivrant la mort si nécessaire.

Si des exemples étrangers pourront servir au développement des idées, les propositions d'amélioration seront limitées au modèle français de développement et d'emploi des systèmes d'armes autonomes. Afin d'alimenter le sujet en exemples concrets, des entretiens ont été réalisés avec des officiers des armées françaises, des universitaires, des industriels et des acteurs du développement des systèmes d'armes. Lorsqu'ils sont cités, leurs propos sont écrits dans une police spécifique avec mention de leur fonction mais en préservant leur anonymat.

1. Etat des lieux des phénomènes d'automatisation et d'autonomisation

L'évolution des systèmes vers une automatisation et une autonomie croissantes est une caractéristique de notre société moderne. Au-delà de ce truisme, ces tendances technologiques comportent une part de fascination mêlée d'exagération ou de compréhension partielle des réalités qu'elles recouvrent. Il est donc utile de tenter d'en fournir des définitions, bien qu'elles ne soient pas universellement partagées, et d'en chercher les mobiles. Il en ressort que la limite entre « automatisme » et « autonomie » reste floue et qu'un continuum existe entre ces deux notions. Parallèlement, l'étude des facteurs favorisant cette orientation technologique met en exergue des motivations tant concrètes que d'ordre plus spéculatif. Dans tous les cas, l'introduction de machines automatisées répond aux attentes de simplification de la tâche des utilisateurs et d'augmentation de leur productivité. Mais elle s'accompagne aussi d'une redéfinition de leur champ d'action voire de leur métier tout entier. Or, pour un soldat, cette modification de la nature de son rôle n'est pas anodine, sollicitant dès lors de sa part « *dans les guerres high-tech, plus de compétence scientifique que de vertu martiale.*¹ »

1.1. De quoi s'agit-il ?

De l'automatisation des fonctions de tir des lance-missiles antichar au développement de « mules de transport » capables de suivre un groupe d'infanterie, une grande diversité de matériels et de robots faisant appel à des degrés d'intelligence artificielle plus ou moins prononcés sont ou seront bientôt en dotation dans des forces armées aux attentes particulièrement fortes. En préambule, quelques clarifications s'imposent.

1.1.1. Définitions

Un système peut être dit automatisé lorsqu'il est capable de réaliser des tâches – et ce qu'elles que soient leur complexité – selon une séquence prédéfinie afin d'aboutir à un résultat prédéterminé. Il peut être en mesure de faire face à des éléments de contrainte extérieurs selon

¹ GROS F., *Etats de la violence : essai sur la fin de la guerre*, Paris, Gallimard, 2006, 309p, p223.

des schémas de réaction préprogrammés mais ne peut en revanche pas modifier la séquence prévue d'opérations.²

Le terme « autonomie » fait l'objet d'une forte polysémie et la notion évoquée ici n'est donc pas à confondre avec celle utilisée en médecine, en politique, ou dans le langage courant. Dans le domaine de la santé, l'autonomie d'une personne, liée à la notion de dépendance, est déterminée en fonction de son GIR (groupe iso-ressources) qui le situe entre le GIR 1 (niveau de perte d'autonomie le plus fort) et le GIR 6 (le plus faible) et lui permet de prétendre à des aides sociales. En politique, l'autonomie désigne l'auto-gouvernance d'un groupe ou d'une communauté. Dans la vie courante, enfin, si des parents sont interrogés sur ce que représente pour eux un enfant « autonome », certains répondront un enfant qui ne nécessite plus une surveillance constante de leur part quand d'autres parleront de leur enfant qui a accédé à l'autonomie financière et qui vit sans leur aide. En outre, l'autonomie dans le domaine technique peut signifier la capacité d'un système à durer sur ses réserves d'énergie propres. Dans le cas qui nous concerne, l'autonomie des systèmes d'armes se rapproche des notions étymologique et philosophique. « Autonomie » vient du grec *autos* : soi-même et *nomos* : loi, règle. L'autonomie, dans la philosophie morale d'Emmanuel KANT est le fait de se donner à soi-même sa propre loi³. En cela, on se rapproche de ce qu'on imagine être un système d'armes qui serait totalement autonome. Implicitement, on comprend que la notion d'autonomie pour les machines recouvre plusieurs degrés. Bien qu'il n'existe pas de définition unanimement partagée de ce que la notion d'autonomie recouvre, on peut considérer qu'un système totalement autonome serait, en comparaison, capable de mener des actions pour lesquelles il n'aurait pas initialement été entraîné ou programmé. Il aurait donc la capacité de modifier les plans initialement prévus pour atteindre les objectifs qui lui ont été fixés sans intervention d'un opérateur⁴. Dans un autre domaine technique, l'automobile, le caractère autonome d'un véhicule n'admet pas non plus une définition stricte, mais est défini par plusieurs niveaux bien identifiés⁵. Par comparaison, dans sa feuille de route 2011-2036 de

² Source : d'après Bruno STOUFFLET, directeur de l'innovation de Dassault Aviation, *La transformation numérique*, conférence du 11 décembre 2017 à l'École de Guerre, Paris, dans le cadre de la « journée des industries de défense ».

³ KANT E., *Critique de la raison pratique*, (1788), Traduction François PICAUVET, Première partie, Théorème IV, Paris, Presses Universitaires de France, 1965, 228p, p33.

⁴ Source : d'après Bruno STOUFFLET, *op. cit.*

⁵ De 0 à 5, du véhicule opéré totalement manuellement jusqu'à l'autonomie à performance comparable à celle de l'humain. Source : VILLANI C., *Donner un sens à l'intelligence artificielle pour une stratégie nationale et européenne*, Paris, mars 2018, 235p, p153

développement des systèmes sans pilotes, le Département de la Défense américain propose les quatre niveaux d'autonomie suivants⁶ :

DoD Four Levels of Autonomy		
Level	Name	Description
1	Human Operated	A human operator makes all decisions. The system has no autonomous control of its environment although it may have information-only responses to sensed data.
2	Human Delegated	The vehicle can perform many <u>functions</u> independently of human control when delegated to do so. This level encompasses automatic controls, engine controls, and other low-level automation that must be activated or deactivated by human input and must act in mutual exclusion of human operation.
3	Human Supervised	The system can perform a wide variety of <u>activities</u> when given top-level permissions or direction by a human. Both the human and the system can initiate behaviors based on sensed data, but the system can do so only if within the scope of its currently directed tasks.
4	Fully Autonomous	The system receives <u>goals</u> from humans and translates them into tasks to be performed without human interaction. A human could still enter the loop in an emergency or change the goals, although in practice there may be significant time delays before human intervention occurs.

DoD Unmanned Systems Integrated Roadmap FY2011-2036 THINKE

Source : *Unmanned Systems Integrated Roadmap FY2011-2036*, US Department of Defense, Office of the Undersecretary of Defense for Acquisition, Technology & Logistics, Washington DC, octobre 2011.

⁶ *Unmanned Systems Integrated Roadmap FY2011-2036*, US Department of Defense, Office of the Undersecretary of Defense for Acquisition, Technology & Logistics, Washington DC, octobre 2011.

Ces niveaux peuvent être compris comme suit :

Les 4 niveaux d'autonomie selon le Secrétariat à la Défense		
Niveau	Nom	Description
1	L'homme opère	Un opérateur humain prend toutes les décisions. Le système n'a aucun contrôle autonome de son environnement bien qu'il puisse avoir des réponses sous forme d'informations aux données captées par ses senseurs.
2	L'homme délègue	Le véhicule peut réaliser plusieurs <u>fonctions</u> indépendamment du contrôle de l'homme si celles-ci lui ont été déléguées. Ce niveau comprend les commandes automatiques, les commandes moteur, et les autres automatismes de faible niveau qui sont activables ou désactivables par un opérateur et ne remplacent ni ne peuvent être remplacées par une action de l'opérateur.
3	L'homme supervise	Le système peut réaliser une large variété <u>d'activités</u> lorsqu'un humain lui en donne la permission ou l'ordre. L'homme comme le système peuvent tous deux déclencher une réaction basée sur les données captées par les senseurs, mais le système ne peut le faire que si ces réactions entrent dans le cadre des tâches qui lui ont été assignées par l'opérateur.
4	Autonomie complète	Le système se voit assigner des <u>objectifs</u> par l'homme et les traduit en tâches sans intervention humaine. L'homme peut encore rentrer dans la boucle en cas d'urgence ou pour changer les objectifs, bien qu'en pratique, il puisse y avoir un délai important avant que l'intervention humaine ne se produise.

On comprend donc bien que la limite n'est pas absolue entre les concepts d'automatisation et d'autonomisation, et que bien souvent, ce qui est exagérément dénommé « armement autonome » relève plutôt de l'armement automatisé possédant des fonctions autonomes.

Dans ce contexte, l'intelligence artificielle (IA) est définie dans l'Encyclopédie Larousse comme « *l'ensemble de théories et de techniques mises en œuvre en vue de réaliser des*

*machines capables de simuler l'intelligence humaine*⁷ ». Parmi les exemples les plus prégnants de ces machines intelligentes se trouvent les robots dont, là encore, aucune définition communément admise n'existe. Pour les armées, il s'agissait seulement au départ d' « *une machine mobile, sans pilote et réutilisable* »⁸, mais l'armée de Terre en a donné plus récemment une signification qui regroupe drones et robots militaires : « *un drone militaire est un système terrestre, aérien ou naval, destiné à réaliser des tâches ayant pour objectif des effets d'intérêts militaires. Son emploi relève d'une décision humaine et d'une responsabilité militaire* »⁹.

Le sujet des robots à usage militaire est source de débats, notamment en ce qui concerne les Systèmes d'Armes Létaux Autonomes (SALA). La crainte de voir émerger des systèmes d'armes capables de sélectionner et de détruire une cible en excluant totalement l'humain du processus de décision a contribué à discréditer les robots et drones armés.

Ces réflexions et polémiques n'empêchent pas la robotique militaire d'être aujourd'hui une réalité concrète pour les armées françaises comme pour d'autres pays qui ont développé des systèmes robotisés pouvant mener des actions de combat, que celles-ci relèvent de la reconnaissance, de l'assaut, de la couverture, ou de tâches plus spécialisées.

1.1.2. Exemples et réalités du phénomène

Des illustrations récentes ont été largement diffusées dans les médias internationaux : utilisation du robot SAMSUNG SGR-A1 à la frontière entre les 2 Corées capable de détecter et neutraliser un homme, chenillettes armées télé-opérées Platform M déployées par les

⁷ Plus concrètement, l'IA peut être définie comme le domaine de recherche et développement des sciences informatiques regroupant les disciplines suivantes : vision et reconnaissance des formes, traitement automatique du langage naturel, robotique (dont la collaboration homme-machine), systèmes multi-agents, analyse des réseaux sociaux (dont la production participative), Représentation des Connaissances et des Raisonnements, et enfin apprentissage automatique. Parmi les principaux champs d'études, l'apprentissage automatique, ou *machine learning*, consiste à élaborer des algorithmes d'apprentissage qui permettent aux machines d'apprendre automatiquement à partir de données. Ils sont utilisés lorsqu'il devient impossible de spécifier un problème. En analysant un grand volume de données, les algorithmes d'apprentissage automatique sont capables de déduire une règle qui produit ces données. En déterminant les principes généraux, ces algorithmes permettent de basculer dans une logique de prédiction, l'une des principales caractéristiques de notre intelligence.

Sources : JASON GROUP, *Perspectives on Research in Artificial Intelligence and Artificial General Intelligence Relevant to DoD*, Mc Lean, janvier 2017, 76p, p5 & RAYNAL J., « Machine learning – Le retour aux commandes », *Industrie & technologie*, n°980, octobre 2015, 66p, p26-29.

⁸ Actes des colloques sur les aspects éthiques et juridiques de la robotisation du champ de bataille organisés les 18 juin et 14 décembre 2010 à l'École militaire, Paris, par le Centre de Recherches des Ecoles de Saint-Cyr Coëtquidan. DOARE R., HUDE H. (dir.), *Les robots au cœur du champ de bataille*, Paris, Economica, 2011, 214p, p.158.

⁹ *Concept exploratoire de robotique de l'armée de Terre – Robots terrestres, drones de contact*, Etat-Major de l'armée de Terre, Sous-chefferie Plans Programmes, 2017, 65p.

Russes en Syrie ou encore drones civils transformés en engins explosifs commandés à distance par les combattants de Daesh faisant par exemple deux blessés français à Erbil en octobre 2016. Ainsi « *la sophistication des armements et la diffusion rapide de nombreuses technologies permettent désormais à des Etats de taille intermédiaire, mais aussi à des individus isolés ou à des groupes, de se doter ou de développer des capacités jusqu'ici maîtrisées par un nombre restreint d'Etats*¹⁰ ».

En France, des drones et systèmes robotiques terrestres sont par exemple en service dans les forces terrestres¹¹, d'autres sont actuellement testés¹², et des programmes d'acquisition sont prévus à court terme. Ils sont également déjà présents dans de nombreux systèmes d'armes sous la forme d'automatismes ou de télé-opération (missiles, drones, tourelles). De la même façon, la Marine Nationale et l'Armée de l'Air contribuent à l'essor des robots et des drones à usage militaire. Outre-Atlantique, les forces de police américaines ont même utilisé pour la première fois un robot pour neutraliser un forcené¹³.

Cet usage inédit ne préfigure pas encore l'avènement « des robots tueurs » car malgré les progrès de l'intelligence artificielle sur laquelle se fonde principalement la notion de robot autonomes, de telles machines n'existent pas encore¹⁴. Pour l'instant, on peut donc considérer « *qu'un système robotisé ne deviendra jamais complètement autonome [tant qu'il sera incapable de] déterminer ses propres normes. Les humains édictent donc des règles de son comportement à travers sa conception, les décisions d'intégrer le robot au sein d'une opération et par les ordres donnés à celui-ci*¹⁵ ». Au plan technique, doter une machine d'un armement et lui confier l'ouverture automatique du feu ne présente pas en soi une difficulté technique particulière aujourd'hui. La question est plutôt de savoir s'il est techniquement faisable d'intégrer les critères socio-éthiques d'ouverture du feu dans la conception d'une machine.

Tant qu'on n'est pas sûr de pouvoir intégrer ces critères dans la conception d'une machine, et pour s'éloigner des images véhiculées par les films de science-fiction, l'avenir des systèmes

¹⁰ *Revue stratégique de défense et de sécurité nationale 2017*, DANJEAN A. (dir), Paris, octobre 2017, 111p, p33.

¹¹ Missions de brêchage (AMX30B2 DT), de reconnaissance Génie (MINIROGEN, DROGEN), d'intervention sur des engins explosifs (TSR, PACKBOT, CAMELEON), d'appui au renseignement de contact (DRAC, BLACKHORNET), d'appui à la manœuvre (SDTI, PATROLLER), etc.

¹² Missions de renseignement de contact (RECON SCOUT, ARMADILLO, COBRA, boule HEXAVISION, NOVADEM NX110, SPY ARROW)

¹³ The Dwight D. EISENHOWER school for national security and resource strategy: program industry-study, *Robotic and Autonomous Systems (Final report)*, Fort McNair, Whashington D.C., Printemps 2017, 39p, p9.

¹⁴ Même le système coréen, doté d'une option qui lui permet de décider seul d'ouvrir le feu, sans supervision humaine, doit au préalable avoir été activé dans ce mode de configuration. Voir note n°155.

¹⁵ DOARE, HUDE, *op. cit.*, p.124.

autonomes militaires devrait plus ressembler à une collaboration d'éléments robotisés avec des unités classiques qu'à des hordes de « Terminator ». C'est d'ailleurs ce qu'on retrouve dans les projets américains guidés par la « *Third Offset Strategy* » (TOS) ou « 3^e stratégie américaine de compensation »¹⁶. Les Etats-Unis, sous l'impulsion notamment de Robert Work, secrétaire adjoint à la défense sous Obama, s'efforcent depuis de déterminer comment les technologies de systèmes autonomes et robotisés émergeant sur le marché et les changements dans la doctrine militaire pourraient produire de nouvelles structures de travail en équipe homme-machine ouvrant une nouvelle ère d'avantages stratégiques. Le *deep-learning*, la collaboration homme-machine, y compris dans le combat, les systèmes d'assistance aux opérations humaines, et les armes connectées en réseaux résistantes aux menaces cyber sont dès lors cités comme des domaines de recherche où investir/mettre l'accent¹⁷.

Même s'il ne s'agit à l'heure actuelle que de projets, la TOS préfigure donc l'avenir possible de la collaboration homme-machine.

1.1.3. Le potentiel attendu des systèmes autonomes et de la collaboration homme-machine¹⁸

« La révolution numérique en cours, stimulée par les usages publics et professionnels, devrait apporter les ruptures technologiques les plus importantes. L'hyperconnectivité, les

¹⁶ Cette vaste initiative capacitaire, annoncée fin 2014 par l'ancien Secrétaire à la défense Chuck Hagel, s'inscrit dans le prolongement des deux précédentes adoptées pendant la Guerre Froide. La première « visait à compenser la supériorité soviétique par la dissuasion nucléaire sous l'administration Eisenhower. La seconde, à la fin des années 1970, visait cette fois, en situation de parité nucléaire, à compenser la supériorité conventionnelle quantitative communiste par l'investissement dans les technologies de l'information et le développement de doctrines permettant de développer ce que les Soviétiques ont appelé un « complexe reconnaissance-frappe » de précision ». Source : GROS P., « *La Third Offset Strategy américaine* », Défense & Industries, n°7, juin 2016, 22p, p17-19, p19.

¹⁷ Dwight D. EISENHOWER school, *op. cit.*, p8.

¹⁸ Les expérimentations sur les matériels autonomes n'ont pas toujours été un succès. Au début des années 2000, l'armée de Terre s'était lancée dans le projet d'un engin blindé télé-opéré guidé à distance par un chef de bord et un pilote, le projet SYRANO. Mais la mauvaise fiabilité des technologies d'alors ainsi que la faible performance des capteurs avait alors scellé l'échec de cette première tentative qui marquait toutefois un premier pas dans ce domaine. Aujourd'hui, les technologies, plus matures, permettent d'envisager l'automatisation de la captation de menace avec proposition à l'opérateur d'une contre-réaction. En décembre 2017, le plan d'étude amont « FURIOUS » a été notifié à Safran pour faire collaborer 3 robots de capacités différentes et un drone, tous aux ordres d'un « opérateur-maître » qui leur donnera des missions à réaliser. L'objectif ambitieux de cette expérimentation est d'augmenter les fonctions d'autonomie, de partage de l'information et de contrôle du système. Les défis à relever sont éminents dans le domaine de la collaboration, de la fusion de données et dans la représentation informatique des systèmes d'organisation de travail en complémentarité « humain-machine ».

*technologies du big data, l'Internet des objets et la robotique sont quelques exemples d'opportunités majeures pour la défense. L'intelligence artificielle, en particulier, est amenée à jouer un rôle central dans les systèmes de défense, où elle contribuera de façon significative à la supériorité opérationnelle mais induira de nouveaux risques. »*¹⁹

On peut attendre du développement des systèmes autonomes et de la collaboration homme-machine qu'il procure aux armées une réponse aux problématiques de la survivabilité du combattant, de l'optimisation de l'emploi de l'homme sur le champ de bataille, et de celle des effets²⁰.

L'objectif premier des systèmes automatisés et/ou partiellement autonomes sera donc de préserver le soldat ainsi que son potentiel et d'améliorer sa protection. Il s'agira ensuite de lui épargner des tâches que des robots peuvent plus facilement et mieux remplir : tâches répétitives, fastidieuses ou difficiles²¹. En suppléant le soldat, la robotisation réduira considérablement son usure et lui permettra de se consacrer aux actions que lui seul peut réaliser. Enfin, l'intérêt de la robotique militaire sera aussi d'augmenter l'efficacité opérationnelle, individuelle et collective, et d'optimiser les effets, considérés comme facteurs de succès : effet de masse, capacité de diversion, amélioration de l'anticipation, limitation ou maîtrise de la surprise tactique de l'adversaire, et connaissance de l'espace de bataille²².

Les drones et robots, s'intégrant de jour comme de nuit dans la manœuvre aéroterrestre, auront alors pour mission de participer à l'action de combat, en l'appuyant ou en la soutenant²³. Car « *la technologie est appelée à aider, non à supplanter, l'homme. L'avenir de la robotique du champ de bataille est sans doute dans la quête d'une démultiplication de la puissance des moyens militaires, l'accroissement des capacités d'analyse, de décision et d'action de l'homme tout en l'exposant au minimum*²⁴ ». La détectabilité et la vulnérabilité des plateformes SIC²⁵ pourront être atténuées par l'usage de systèmes robotisés, chargés par exemple de mettre en place un maillage de relais. Contrebalançant une impossible discrétion du fait des émissions électromagnétiques, ceux-ci conduiront à accroître la résilience de l'ensemble. Dans le domaine du soutien, le rythme et la continuité de la manœuvre pourront probablement être améliorés par des convois robotisés au travers d'une logistique anticipée,

¹⁹ *Revue stratégique de défense et de sécurité nationale 2017, op. cit, p33.*

²⁰ *Concept exploratoire de robotique de l'armée de Terre – Robots terrestres, drones de contact, op. cit.*

²¹ Missions dites 3D en anglais : *dull, dirty and dangerous.*

²² *Concept exploratoire de robotique de l'armée de Terre – Robots terrestres, drones de contact, op. cit.*

²³ *Id.*

²⁴ Centre des Hautes Etudes de l'Armement (45e session nationale sur le thème « Armement et économie de défense », 2009, École militaire, Paris 7e), *Doit-on adapter les hommes aux armements ou les armements aux hommes ?*, Rapport du Comité n°5, PERARD, T (dir.), 58p, p39.

²⁵ Systèmes d'Information et de Communication.

poussée et adaptée, facilitant les échanges à temps entre la zone de contact et la zone arrière. A un horizon bien plus lointain, l'acquisition par les systèmes robotisés d'une capacité de gestion de leur environnement au sein d'une même zone d'évolution laisse entrevoir l'emploi en premier échelon d'unités constituées de drones terrestres et aériens agissant de manière collaborative²⁶. Leur multiplication induira un effet de masse²⁷ garantissant la saturation tout en conservant la précision des effets produits. Par ailleurs, « *considérant les effets de masse qu'exige l'imposition d'un rapport de force favorable, c'est sans doute en zone urbaine que les systèmes robotisés donneront, à terme, la pleine mesure de leur efficacité* »²⁸.

Dans une démarche prospective, l'armée de Terre a déterminé différentes catégories de robots qui répondraient à ces exigences : les systèmes serviteurs, capteurs, combattants, et les systèmes mixtes. Mais pour exprimer pleinement son potentiel, la robotique devra d'abord répondre aux grands défis techniques qui portent sur la miniaturisation, l'endurance, le développement de l'intelligence artificielle et la maîtrise des flux d'information. A court terme, on peut imaginer que l'accroissement des performances des capteurs (détection, identification, désignation) et des effecteurs (réactivité, endurance, précision) conduira à la réduction de l'incertitude dont les premiers bénéficiaires seront les unités de contact. La dotation de systèmes robotisés jusqu'aux plus bas échelons pourra alors favoriser le développement de l'initiative grâce à une autonomie d'acquisition du renseignement. Bénéficiant de la fluidité d'un partage horizontal et vertical de l'information, la numérisation associée à la robotisation de l'espace de bataille offrira une connaissance plus précise et globale de la situation tactique²⁹.

Dans le domaine spécifique de l'IA, le *deep learning* est porteur d'espoirs forts. Considéré comme le nec plus ultra de la technologie de pointe, le *deep learning*³⁰ est une nouvelle étape

²⁶ BELLANGER F., de FRANCE B., LAUDY J-L, « La robotique militaire, enjeux et perspectives pour l'armée de Terre. Quels changements dans l'art de mener une opération à l'heure du combat Scorpion ? », *Cahiers de la pensée mili-terre*, n°48, 3^e trimestre 2017, 119p, p27-35.

²⁷ Par exemple, utilisation d'essaims de drones pour submerger l'ennemi.

²⁸ *Action terrestre future (ATF)*, Etat-Major de l'armée de Terre, Paris, septembre 2016, 69p, p37.

²⁹ BELLANGER F., de FRANCE B., LAUDY J-L, *op. cit.*

³⁰ Le *deep learning* adopte une approche de type « réseaux de neurone profonds » pour résoudre les problèmes. Le premier réseau de neurones artificiels opérationnel fut le Perceptron créé en 1957 par Franck ROSENBLATT au laboratoire d'aéronautique de l'université Cornell et comptait 40 neurones. Dans les années 1980, est née l'idée du *deep learning* suite aux travaux de réseaux de neurones multi-couches et aux travaux des pionniers du *machine learning*. Le *machine learning* est l'apprentissage automatique par un processus informatique d'extraction de résultats que l'utilisateur cherche à analyser en fonction d'un objectif. Avec l'ère du *Big Data* et l'essor de la puissance des ordinateurs, les conditions sont réunies pour que les machines disposent de « suffisamment » de données pour leur apprentissage. Pour l'heure, même si la machine Alphago, développée

après les modèles d'IA qui se contentaient d'imiter le mode raisonnement humain³¹. Utilisée en complément de capacités de traitement de *Big data*, cette technologie pourrait aider l'opérateur humain dans le ciblage de données utiles ou pour les cas d'alertes dans les domaines de la cyber-défense, de la guerre électronique ou d'attaques de multiples missiles, dans lesquels les capacités de réaction humaines ne sont tout simplement pas assez rapides³².

A l'aune des éclairages précédents, il apparaît plus distinctement quelles sont les réalités et les potentialités espérées de ce phénomène d'automatisation/autonomisation qui n'est cependant pas exempt de sujets polémiques et de visions fantasmées. Des causes opérationnelles se sont dessinées au fil de ces définitions pour justifier ces orientations technologiques, mais celles-ci ne sont pas les seules, comme va le présenter la partie suivante.

par DeepMind, une filiale de Google, a été capable de battre des joueurs humains au jeu de Go entre 2015 et 2017, jeu pourtant réputé improgrammable, cette application reste pour l'heure dans un mode d'apprentissage supervisé par l'homme et ne peut pas se passer d'un opérateur. Source : Marc TERTRE, « Intelligence artificielle : Comprendre le Deep et le Machine Learning », *Mediapart*, mis en ligne le 8 avril 2018, consulté le 24 juin 2018, URL : <https://blogs.mediapart.fr/marc-tertre/blog/130318/intelligence-artificielle-comprendre-le-deep-et-le-machine-learning>

³¹ Les études montrent que le cerveau humain ne fonctionne pas comme les ordinateurs, en dépit des analogies persistantes entre les deux. On sait aujourd'hui que les humains apprennent d'une autre façon que les machines : on n'a pas besoin de voir des milliers de tables pour reconnaître une table. On est encore incapable de comprendre et de reproduire le mode de fonctionnement du cerveau humain. La technique qu'on utilise pour les machines est plus fastidieuse au début mais donne à terme des résultats satisfaisants.

³² Pour donner quelques dates relatives à l'évolution des technologies autour des réseaux de neurones et leur maturité :

- 1956 : l'expression « Intelligence artificielle » est utilisée pour la première fois à la conférence de Dartmouth par John McCarthy ;
- 1957 : Franck Rosenblatt invente le Perceptron, le premier réseau de neurones artificiels ;
- 1962 : John McCarthy fonde le laboratoire d'intelligence artificielle de Stanford ;
- 1969 : les travaux de Minsky et de Papert démontrent les limites du Perceptron. Les recherches sur les réseaux de neurones sont abandonnées ;
- 1985 : Les recherches sur les réseaux de neurones reprennent avec le Perceptron multicouche introduit par David Rumelhart et Yann Lecun ;
- 1989 : Abandon de Smart Truck, un projet du Pentagone qui visait à créer un véhicule autonome ;
- 1997 : Le champion du monde d'échec Garry Kasparov est battu par le logiciel Deepblue, développé par IBM ;
- 2006 : Geoffrey Hinton et Yann Lecun présentent le deep learning. Les différentes couches de ces réseaux de neurones effectuent un apprentissage hiérarchique ;
- 2011 : l'intelligence artificielle s'invite dans nos smartphones, avec l'assistant personnel Siri, présenté par Apple en octobre 2011 ;
- Été 2015 : 25 Google-cars sont mis en circulation autonome sur les routes de Californie.

Source : RAYNAL J., « Machine learning – Le retour aux commandes », *Industrie & technologie*, n°980, octobre 2015, 66p, p26-29, pp26-27.

1.2. Causes et origines de cette tendance

Hors du champ des opérations, l'automatisation/autonomisation des machines est d'abord un phénomène sociétal observé dans tous les aspects de la vie quotidienne et dont les applications ne cessent de surprendre. Ainsi, certaines maisons de retraite utilisent des robots à titre expérimental, pour motiver les personnes âgées à faire des exercices physiques, ou pour calmer celles qui ont des problèmes neurologiques. Cet engouement pour les nouvelles applications des automatismes ne devrait que se renforcer avec l'arrivée sur le marché de l'emploi d'une classe d'âge qui a grandi à l'époque des jeux vidéo immersifs et qui sera à l'aise avec l'interfaçage homme-machine dans son milieu professionnel.

Dans le cas des systèmes d'armes, aux motivations opérationnelles de l'expansion des systèmes autonomes s'ajoutent les effets amplificateurs des pressions industrielles, des choix politiques et d'idéologies bien ancrées chez les décideurs.

1.2.1. Une tendance opérationnelle ancienne

Le phénomène d'automatisation/autonomisation dans les armées trouve son origine dans le fait qu'entre le milieu des années 1940 et celui des années 1950, « *la rapidité des opérations militaires s'accroît jusqu'à ce qu'il devienne clair que, nonobstant les avantages supposés des décisions basées sur le discernement humain, la rapidité des communications internes de l'organisation humaine ne peut tout simplement plus suivre le rythme de la guerre moderne.* », comme l'écrit Jay FORRESTER, ingénieur du MIT³³. « *Au début des années cinquante, l'expérience montre que les [processus] de prise de décision sont suffisamment compris pour que les machines traitent les données brutes, formulent des instructions finales de guidage d'armes et obtiennent des résultats supérieurs à ceux obtenus par les systèmes manuels.* » Ainsi, les militaires bénéficient de l'effet de compression du temps offerte par ces technologies qui réalisent des fonctions plus rapidement que ne peut le faire l'homme³⁴. Le système « Iron Dome » de défense aérienne mobile israélien conçu pour intercepter les roquettes et obus de courte portée est un bon exemple de l'accélération des processus de prise de décision. Lorsqu'Israël est attaqué depuis Gaza, la réaction doit être immédiate pour

³³ FORRESTER J., « Managerial Decision Making », in GREENBERGER M. (ed.), *Computers and the World of the Future*, Cambridge, MIT Press, 1962, 340p, p53.

³⁴ Dwight D. EISENHOWER school, *op. cit.* p12.

défendre les populations. *Iron Dome* a démontré qu'il était capable de mettre en œuvre une séquence de détection, identification, lancement du missile et interception d'un tir ennemi en moins de 30 secondes³⁵, durée incompatible avec les capacités de l'homme.

Avec un nombre de données qui croît de manière exponentielle, la capacité d'analyse de données des machines prend de l'importance³⁶. Cet état de fait crée un effet de « goulot d'étranglement » quand il s'agit d'utiliser ces données dans des processus de prise de décision. De nos jours, il est admis que les drones aériens vont dépasser les déficiences des capacités humaines manuelles et cognitives³⁷ qui résultent d'un manque d'entraînement et de pratique³⁸.

Par ailleurs, et comme le souligne Noël SHARKEY, il existe des intérêts réels à privilégier des matériels autonomes plutôt qu'opérés à distance :

- « *Les systèmes exploités à distance sont plus coûteux à fabriquer et nécessitent du personnel de soutien pour les faire fonctionner ;*
- *il est possible de perturber soit le satellite, soit la liaison radio ou bien encore de prendre possession du système ;*
- *l'un des objectifs militaires est d'utiliser les robots comme multiplicateurs de force de sorte qu'un seul homme puisse assurer le lancement d'une attaque de grande envergure à partir du sol ou du ciel ;*
- *le temps de retard d'environ 1,5 secondes dans le pilotage à distance d'un appareil via un satellite signifie qu'il ne peut pas être utilisé dans un combat direct contre un autre appareil. »*³⁹

En outre, il est fort probable qu'un adversaire futur, étatique ou non, utilisera des capacités innovantes en matière de robotique militaire, afin de nous surprendre tactiquement. A ce sujet, on ne peut exclure le risque à terme d'un décalage entre les systèmes robotisés amis et ceux ennemis, employés sans les contraintes éthiques et juridiques qui sont les nôtres.

³⁵ *Id.*

³⁶ Toujours selon le rapport de la Dwight D. EISENHOWER school, il y a eu plus de données créées les deux dernières années que dans toute la période précédente de l'histoire de l'humanité (p12).

³⁷ *Id.*, p11.

³⁸ Voir partie 2.1.4.

³⁹ SHARKEY N., « Processus décisionnels : vers des réponses automatisées aux questions de vie ou de mort », in RENCONTRES SUR LE THEME DE LA ROBOTISATION DU CHAMP DE BATAILLE, ASPECTS ETHIQUES ET JURIDIQUES (actes des colloques organisés les 18 juin et 14 décembre 2010, École militaire, Paris 7e, par le Centre de Recherches des Ecoles de Saint-Cyr Coëtquidan, DOARE R., HUDE H. (dir.)), *Les robots au cœur du champ de bataille*, Paris, Economica, 2011, 214p., p49-97, p.60.

Conscients de ces enjeux prospectifs et encouragés par l'emploi intensif de drones ces 15 dernières années, les industriels souhaitent répondre au besoin des forces armées, tout en leur présentant de nouvelles offres.

1.2.2. Une tendance des industries⁴⁰

En effet, alors qu'un nombre croissant d'armées consacre une partie importante de leur budget au développement de la robotique et des systèmes autonomes, l'innovation technologique dans le monde civil offre également des opportunités intéressantes. Une pression des industries de défense pour transposer ces applications au monde militaire est donc prévisible. De manière générale, nous vivons dans une économie qui crée des besoins et l'automatisation est un moyen parmi d'autres de les assouvir. Mais au-delà de l'attrait que constituent ces marchés potentiels, les industries bénéficient de circonstances récentes qui favorisent l'essor de ces technologies⁴¹.

Tout d'abord, les progrès actuels dans la miniaturisation des semi-conducteurs et la puissance des puces électroniques – atteignant des tailles record de 7 nanomètres – pourront permettre un usage plus intensif de l'IA et de systèmes autonomes. On assiste ensuite à une tendance à la normalisation des langages de programmation informatique dédiés au développement de systèmes robotiques. Cette intention va favoriser les initiatives industrielles en garantissant une intégration possible et une compatibilité de leurs produits avec ceux d'entreprises concurrentes ou partenaires. Enfin, en corollaire, la numérisation renforce la tendance actuelle toujours plus forte pour l'automatisation. En effet, le phénomène de transition vers les achats et les transactions financières en ligne rendus possibles par des robots, des systèmes automatisés et la cyber-sécurité est un élément amplificateur qui encourage tant les usagers que les concepteurs⁴² dans cette direction.

⁴⁰ En 1754 déjà, Jacques VAUCANSON, inventeur français qui avait la passion des automates, perfectionna notamment le fonctionnement des métiers à tisser en les automatisant par hydraulique et en les commandant par des cylindres analogues à ceux de ses automates. Son goût pour la mécanique et l'anatomie l'a même poussé à tenter de produire un automate « dans l'intérieur duquel devait s'opérer tout le mécanisme de la circulation du sang ». Source : Wikipedia.

⁴¹ Dwight D. EISENHOWER school, *op. cit.* p4-5.

⁴² 82.7% des internautes français achètent sur internet (source : Médiamétrie : observatoire des usages internet T1/2017) et 50% des transactions financières mondiales sont réalisées par des automates sur le principe du *high-frequency trading* (CHAPARRO F., « CREDIT SUISSE : Here's how high-frequency trading has changed the stock market », *Business Insider*, 20 mars 2017, <http://www.businessinsider.com/how-high-frequency-trading-has-changed-the-stock-market-2017-3/#higher-trading-volumes-1>).

D'ailleurs, il semble que les ingénieurs aient plutôt une prédisposition naturelle à considérer l'homme comme « *la principale source d'incertitude et de faillibilité du système, donc également comme l'une des principales sources d'exposition au risque*⁴³ », faisant la part belle aux automatisations⁴⁴.

1.2.3. Des choix politiques décisifs

Parfois séduits par le « chant des sirènes » d'ingénieurs et d'industriels faisant l'éloge de technologies de rupture prometteuses, les décideurs de l'Etat soutiennent avant tout l'engagement vers des technologies d'automatisation/autonomisation pour des raisons politiques.

Les choix d'orientation technologique sont en effet stratégiques pour la Base Industrielle et Technologique de Défense (BITD) française qui « *repose sur une dizaine de grands groupes de taille mondiale et sur un tissu diversifié de plus de 4000 PME(...), [représentant] environ 165 000 emplois.*⁴⁵ ». Choisir la voie de l'automatisation, c'est ainsi permettre aux entreprises françaises de produire des systèmes d'armes modernes, compétitifs, de la même gamme que ceux de nos alliés et interopérables. C'est en même temps favoriser la recherche⁴⁶, l'innovation et l'emploi. Sur le long terme, les orientations opérationnelles et technologiques étaient inscrites jusqu'à ces dernières années dans le document militaire appelé « Plan Prospectif à 30 ans » (PP30) qui s'intéressait aux engagements futurs probables et aux apports possibles de la technologie dans ce cadre. Inévitablement, le potentiel politico-économique des innovations et notamment celles portant sur l'IA y apparaissaient en bonne place⁴⁷. Désormais, ce document a laissé place au « Besoin Militaire Prévisible », à horizon plus court mais aux enjeux industriels tout aussi importants. Ainsi, les « études amont », objet de la

⁴³ DUBEY G., « Autonome comme si vous l'étiez », *La nouvelle revue du travail* [En ligne], 4 | 2014, mis en ligne le 26 avril 2014, consulté le 07 février 2018. URL : <http://journals.openedition.org/nrt/1612>.

⁴⁴ Voir parties 2.2.1. et 3.3.4.

⁴⁵ Le Bouclier de Minerve, « L'industrie française d'armement : aspects industriels », *Site des industries de l'armement de l'EMSST*, janvier 2015, consulté le 08 mars 2018. URL : <https://armement.ead-minerve.fr/index.php/wike/environnement-des-entreprises/l-industrie-francaise-d-armement/l-industrie-francaise-d-armement-aspects-industriels>

⁴⁶ Avec 4,9Md€ consacrés à la Recherche et Développement en 2017, le ministère des Armées est le premier investisseur de l'Etat en R&D. Source : Délégation à l'information et à la communication de la Défense, *Chiffres clés de la Défense*, Edition 2017, 24p, p14.

⁴⁷ Plus récemment, le rapport VILLANI sur l'IA, commandé par le Premier Ministre Edouard Philippe, prônait la mise en place d'une politique industrielle en faveur de l'IA faisant effort sur quatre secteurs prioritaires : la santé, l'écologie, les transports-mobilité et la défense-sécurité. Source : VILLANI C., *Donner un sens à l'intelligence artificielle pour une stratégie nationale et européenne*, Paris, mars 2018, 235p, p11.

sous-action 7-3 du programme 144, sont définies comme « *des recherches et études appliquées rattachées à la satisfaction d'un besoin militaire prévisible et contribuant à constituer, maîtriser, entretenir ou à développer la base industrielle et technologique de défense (BITD), ainsi que l'expertise technique de l'Etat nécessaire à la réalisation des opérations d'armement* »⁴⁸.

Un autre argument qui trouve un écho favorable auprès des décideurs politiques est la différence de coût entre une action traditionnelle à partir de plateformes habitées et une action à distance. En effet, la perspective de systèmes autonomes attise la croyance en une économie – réelle ou perçue – en coût et/ou en ressources humaines. A titre d'exemple, le coût de fonctionnement quotidien du drone américain de lutte anti sous-marine « *Sea Hunter* » est estimé entre 15 et 20 000\$ à comparer aux 700 000\$ d'un destroyer⁴⁹.

Plus encore qu'aux raisons financières, l'échelon politique est particulièrement sensible à la réduction de l'exposition au risque que procure les systèmes automatisés/autonomisés, répondant en cela à la demande d'une opinion publique de moins en moins inclinée à supporter des pertes humaines dans un conflit⁵⁰.

A cet aspect de politique intérieure se rajoute en surimpression l'effet d'entraînement international. Un pays tel que la France peut craindre en effet d'être technologiquement dépassé et y voir le risque d'être dépendant d'achats à l'étranger comme cela a été le cas pour les drones Reaper⁵¹.

⁴⁸ PLF 2017 – extrait du bleu budgétaire de la mission défense – P144 “Environnement et prospective de la politique de défense”, Paris, octobre 2016, 65 p., p5.

⁴⁹ Dwight D. EISENHOWER school, *op. cit.*, p10.

⁵⁰ Même si « *à elles seules, les pertes n'expliquent pas à elles seules la baisse du soutien de l'opinion, elles sont d'autant moins bien tolérées que les objectifs à atteindre sont mis en échec et que le succès s'avère inaccessible* ». Source : JANKOWSKI B., *Opinion publique et armées à l'épreuve de la guerre en Afghanistan*, Etudes de l'IRSEM n°34, Paris, février 2014, 54p, pp6-7. Dans tous les cas, « *la fixation, a priori, d'un « seuil de supportabilité » en pertes humaines modifie l'action du pouvoir politique ainsi que la conduite des opérations* ». Source : ARZALIA J-J, « L'opinion publique, le gouvernement et le commandement face aux pertes humaines », *Checkpoint Online*, mis en ligne le 6 février 2000, consulté le 24 juin 2018, URL : <http://www.checkpoint-online.ch/CheckPoint/Forum/For00007-EffetPertesHumaines.html>

⁵¹ « *Force est de constater que la France, à l'instar des autres pays européens, a pour une large part manqué le tournant décisif des drones [...] C'est plutôt un manque de compréhension de l'importance de cette technologie et un déficit de volonté et de constance de la part des pouvoirs publics qui expliquent qu'en 2013, devant l'urgence de trouver un successeur au drone d'origine israélienne Harfang et d'augmenter les capacités de renseignement, de reconnaissance et de surveillance, il ne restait plus d'autres choix que d'acquiescer des drones Reaper américains* ». Source : *Drones d'observation et drones armés : un enjeu de souveraineté*, rapport d'information de MM. PERRIN C., ROGER G., co-président, BOCKEL J-M., VALL R., sénateurs, au nom de la commission des affaires étrangères, de la défense et des forces armées, n°559 (2016-2017), 23 mai 2017, 99p, p10.

Enfin, la politique peut aller jusqu'à s'incarner dans le choix des machines développées, « – y compris parfois dans leur conception technique – tandis que les machines en créent les conditions de possibilité⁵² ». Le cas américain en est un exemple très clair de la guerre froide à nos jours. Ainsi par exemple, de 1945 à 55, « les programmes qui soutiennent financièrement l'ordinateur sont (...) marqués par la culture politique d'après-guerre : ils privilégient l'automation au détriment des solutions humaines et préfèrent souvent la technique pour la technique⁵³ ».

En cela, les choix favorisant « l'automation » faits aux USA découlent et alimentent l'idée fermement ancrée qu'il faut être supérieur technologiquement pour gagner les guerres. Les échecs des pays occidentaux des 30 dernières années démontrent pourtant qu'en la matière, de telles certitudes sont mauvaises conseillères.

1.2.4. Des choix idéologiques

Cette appétence sans limite pour les technologies de pointe trouve un écho dans trois mouvements de pensée qui, parce qu'ils ne tiennent pas compte de la réalité, font figure d'idéologies : les dogmes originels de l'IA, le concept du « zéro mort » et la « Révolution dans les Affaires Militaires » (RMA).

La théorie cybernétique invite « à transférer une part toujours plus considérable de compétences à des dispositifs automatiques⁵⁴ », ce en quoi l'intelligence artificielle offre des possibilités qui ont été et sont encore souvent exagérées, bien souvent par une vision trop « mathématique » du processus de raisonnement. D'ailleurs, Hubert DREYFUS rappelle que « depuis l'invention, par les Grecs, de la logique et de la géométrie, l'idée que tout raisonnement peut être réduit à une sorte de calcul [...] a fasciné la plupart des penseurs rigoureux de la tradition occidentale⁵⁵ ». Pour lui, « Hobbes fut le premier à exprimer clairement cette conception syntaxique de la pensée perçue comme un calcul⁵⁶ ». Ainsi, dans le *Leviathan*, ce dernier écrit que « lorsqu'un individu raisonne, il ne fait rien d'autre que

⁵² EDWARDS P., « Construire le monde clos : l'ordinateur, la bombe et le discours politique de la guerre froide », in PESTRE Dominique, DAHAN Amy (dir.), *Les sciences pour la guerre : 1940-1960*, Paris, édition de l'Ecole des Hautes Etudes en Sciences Sociales, 2004, 401 p., p.223.

⁵³ *Ibid.*, p234.

⁵⁴ DUBEY G., *op. cit.*

⁵⁵ DREYFUS H., *Intelligence artificielle : mythes et limites*, s.l, Flammarion, 1984, 443 p, p3.

⁵⁶ *Ibid.*, p5

concevoir la résultante d'opérations parcellaires car le RAISONNEMENT n'est autre qu'un calcul... ». Convaincus que le raisonnement peut se réduire à une suite d'algorithmes (grossièrement résumés en « SI telle condition ALORS telle action »), les premiers informaticiens tentaient de mettre au point les premiers calculateurs numériques électroniques tandis que de rares « théoriciens de l'informatique, comme Turing, qui s'efforçaient de saisir l'essence même et les champs d'action de telles machines, commençaient à prêter intérêt à un domaine réservé jusqu'alors aux philosophes : la nature même de la raison et du raisonnement⁵⁷ », comme le rappelle Hubert DREYFUS. Mais pour la plupart des pionniers de l'IA, « on doit pouvoir formaliser toute conduite intelligente. [...] Ils [sont partis] du principe que le monde peut se décomposer en éléments logiques indépendants (postulat ontologique), assorti de cet autre principe (ou postulat épistémologique) d'après lequel notre compréhension du monde peut être recomposée par la combinaison de ces mêmes éléments logiques, suivant des règles heuristiques⁵⁸ ».

Cette croyance en l'IA propice aux rêves les plus fous d'automatisation/autonomisation des systèmes a nourri le développement d'idées plus globales où se mêlent idéologies technologiques et politiques. Sont nées ainsi des idées telles que la doctrine du « zéro mort » aux Etats-Unis. Initialement présentée par le Pentagone comme le fruit de l'évolution des matériels, cette doctrine porte en elle les ferments d'un discours de dissuasion et d'une suprématie technologique mettant les soldats américains hors de portée de l'ennemi. D'inspiration avant tout politique, elle soutient le mythe d'une armée invulnérable pouvant faire la guerre au prix de pertes quasi-nulles. Cette idéologie prétend répondre « à la fois à l'exigence de minimiser l'impôt du sang et à celle de contenir les coûts économiques⁵⁹ ». Les promesses portées par les matériels télé-opérés et autonomes semblaient garantir cette mise à distance tant réelle que symbolique d'un GI inaccessible.

Enfin, la *Revolution in Military Affairs* (RMA) constitue une forte pression idéologique dont les effets sont encore bien présents. Andrew Marshall, directeur du *Net Assessment Office*, laboratoire d'idées du ministère de la Défense à vocation de prospective stratégique, énonça au début des années 1990 la possibilité de modifier la façon de faire la guerre grâce aux dernières avancées technologiques. Cette « révolution » devait principalement se concrétiser

⁵⁷ *Ibid.*, p10.

⁵⁸ *Ibid.*, p 370.

⁵⁹ COURMONT B., CLEMENT P-A. « La pensée géopolitique américaine », in DAVID C-P. (dir.), *Théories de la politique étrangère américaine*, Montréal, Les Presses de l'Université de Montréal, 2012, 532 p. Pour la réduction des coûts, voir l'exemple de la note 45.

dans trois changements opérationnels : la centralité accordée à l'information, la précision et la longue portée du ciblage, ainsi que la guerre en réseau⁶⁰.

Tous ces systèmes de pensées évoqués ont en commun la conviction en une victoire assurée et en une meilleure protection des soldats offerte par les moyens d'automatisation du champ de bataille et de précision des frappes. Traumatisés par leur défaite au Vietnam, les haut-gradés américains se sont jurés de ne plus jamais revivre un tel échec et ont dès lors voué une vénération absolue à ces technologies qui devait leur assurer la supériorité absolue⁶¹. L'histoire contemporaine a cependant démontré que la supériorité n'était pas synonyme de victoire.

Au terme de cette présentation du phénomène d'automatisation/autonomisation des systèmes d'armes, il apparaît clairement que celui-ci se situe à la conjonction d'un besoin opérationnel avéré, voire d'espoirs ambitieux, d'une volonté partagée par les différents acteurs impliqués, politiques, industriels et militaires, et d'une période de développement sans précédent des technologies permettant de concevoir de tels matériels.

Mais pour aborder le sujet de la collaboration homme-machine sous tous ses angles, il faut encore s'intéresser à celui qui va être l'utilisateur de ces matériels. Le soldat contemporain est une ressource rare, hautement qualifiée, méritant d'être préservée et qui fait la guerre avec des moyens de haute technologie.

1.3. Evolution de la conception du métier de soldat et du rôle de l'opérateur

Le soldat du XXI^e siècle ne peut être employé comme de la « chair à canon ». Ce n'est heureusement plus ainsi qu'on le considère. Il sert désormais des matériels ultra-modernes, ergonomiques, lui permettant d'agir avec plus de rapidité et d'efficacité. Les progrès scientifiques ont ainsi offert une sorte de promotion technico-sociale au militaire. Il n'y a désormais plus un simple « tireur » dans un char Leclerc, mais bien un « opérateur-tourelle »

⁶⁰ La 2^e *offset strategy* reposait déjà sur l'automatisation du champ de bataille et la guerre en réseau. Il y a une continuité entre la 2OS et la RAM.

⁶¹ Source : Martin MOTTE, *Les cultures stratégiques: illustration et études de cas*, conférence du 08 janvier 2018 à l'Ecole de Guerre, Paris, dans le cadre du module « Stratégie ».

aux commandes d'un système d'armes⁶². Mais nous verrons ici que plus qu'un simple nom de métier, c'est la place du militaire « opérateur⁶³ » qui a évolué sous l'effet des technologies automatisées.

Il a déjà été mentionné au paragraphe 1.1.3 la volonté d'éviter au soldat les missions « 3D » de façon à confier au soldat des tâches dites « de plus haute valeur ajoutée », en tout cas que seul lui peut accomplir en raison des limitations actuelles des robots. De ce fait, la relative autonomie des systèmes contribue à l'augmentation de la productivité et de l'efficacité des hommes en les déchargeant de certaines tâches et leur permettant ainsi d'en réaliser d'autres.

Mais si ce tandem soldat-matériel moderne est devenu aussi efficient, c'est aussi parce que l'ergonomie et plus généralement le « facteur humain » font désormais partie des critères pris en compte dans le développement des systèmes d'armes. Bien sûr, cette prise en compte de l'ergonomie est variable. Elle varie notamment en fonction du degré d'importance de l'arme ou de l'équipement dans la palette des moyens d'action de la France. Elle est par exemple naturellement plus forte pour le Félin⁶⁴ que pour le char Leclerc, et elle est minimale lorsqu'il s'agit d'armements nucléaires. « *Plus l'arme est stratégique, plus la place laissée à l'homme est faible ; plus l'arme est d'un emploi tactique, plus la primauté est donnée à l'homme*⁶⁵ ».

Ainsi, l'homme – et avec lui le risque d'erreur humaine – est « écarté » des systèmes les plus stratégiques. Mais il est aussi inéluctablement éloigné de systèmes devenus bien plus rapides que lui voire bien plus efficaces sans lui. Devenu finalement un facteur de ralentissement, le soldat qui avait déjà vu son rôle évoluer vers celui d'opérateur se retrouve dorénavant superviseur⁶⁶, chargé de vérifier que le système fonctionne correctement et de valider les actions proposées par la machine.

⁶² Le changement de vocabulaire est riche d'enseignements ! On passe d'un homme qui réalise un effet sur son environnement à un homme qui manipule un objet. On retrouve la perte de contact direct avec son environnement (phénomène de médiatisation), et le rapport de dépendance croissant envers une machine, car le tireur était déjà de fait un « opérateur » de la tourelle, mais ce n'est pas ce qu'on ne retenait dans la dénomination de son activité.

⁶³ Cette terminologie est de plus en plus présente pour remplacer des noms anciens de métiers. Ce terme n'est ainsi plus consacré aux domaines des SIC ou de la radiotélégraphie (« l'opérateur radio »). Outre l'exemple du char Leclerc, l'artillerie parle désormais « d'opérateur acquisition » plutôt que d'observateur artillerie pour l'avant, « d'opérateur canon » plutôt que de canonnier, de pupitreur ou de pourvoyeur et d'opérateur drones plutôt que de pilote. Source : site de recrutement de l'armée de Terre, <https://www.recrutement.terre.defense.gouv.fr/emplois/artilleur>

⁶⁴ Fantassin à équipements et liaisons intégrées : système améliorant les capacités du fantassin débarqué dans 5 fonctions essentielles : la létalité, la survie, l'observation et la communication, la mobilité et le soutien.

⁶⁵ CHEAR, *op. cit*, p11.

⁶⁶ Des algorithmes de C2 ont été développés pour les opérateurs en charge de la défense anti-aérienne. Ils évaluent le danger représenté par des menaces en approche, et proposent au militaire des solutions de tir

Pour l'heure, l'opérateur, ou le superviseur, conserve les attributions de la responsabilité des décisions. L'homme est encore dans la boucle (*human in the loop*), notamment pour ce qui est de la décision ultime de tirer. Mais comme le précise le général ROYAL⁶⁷, *la frontière est glissante et, avec le développement des technologies et de l'autonomie, l'homme peut rapidement passer en limite de la boucle (on the loop) voire largement au-delà (far above the loop*⁶⁸) ».

Ce cap n'est pour l'heure pas franchi, même si la rapidité des systèmes tend à limiter la contribution de l'homme à un rôle de contrôle, de supervision du processus. En revanche, le glissement sémantique de « l'utilisateur » vers « l'opérateur » qui pourrait à l'avenir tendre vers « le superviseur », illustre cette évolution du rôle du soldat et de sa place dans l'action de combat. Les technologies d'automatisation, de télé-opération et d'autonomisation bousculent « le couple classique : soldat – cible (objet, personne civile armée ou non, jeune, âgée, amie, ennemie, ou inconnue), pour former un triangle relationnel⁶⁹ ». Or l'introduction tant désirée – comme il l'a été vu dans la partie 1.2 – de ce troisième intervenant dans l'action militaire pose des questions dont les conséquences comme les implications ne doivent pas être sous-estimées.

optimisées pour les missiles sol-air. Voir le site de recrutement de MBDA, <https://www.mbda-systemes.com/careers/hr-france/metiers/ingenierie-et-developpement/architecture-systemes/>

⁶⁷ ROYAL B., « Robots militaires et éthique : problèmes éthiques posés aux responsables industriels, politiques et militaires européens », in RENCONTRES SUR LE THEME DE LA ROBOTISATION DU CHAMP DE BATAILLE, ASPECTS ETHIQUES ET JURIDIQUES (actes des colloques organisés les 18 juin et 14 décembre 2010, École militaire, Paris 7e, par le Centre de Recherches des Ecoles de Saint-Cyr Coëtquidan, DOARE R., HUDE H. (dir.)), *Les robots au cœur du champ de bataille*, Paris, Economica, 2011, 214p., p35-48, p.42.

⁶⁸ La plupart des chercheurs établissent trois degrés d'autonomie pour les systèmes d'armes :

- semi-autonomie : l'arme peut choisir une cible et faire feu uniquement sur l'ordre d'un humain (on dit que l'homme est « dans la boucle ») ;
- autonomie supervisée : l'arme choisit une cible et fait feu de façon autonome, mais elle est placée sous le contrôle d'un humain qui peut interrompre la mission à tout moment (l'homme est « sur la boucle ») ;
- autonomie totale : l'arme peut choisir sa cible et faire feu en dehors de toute interaction humaine (l'homme est « hors de la boucle »).

Source : GEORGES B., « Peut-on interdire les robots tueurs ? », *Les Echos.fr*, mis en ligne le 01 septembre 2015, consulté le 24 juin 2018, https://www.lesechos.fr/01/09/2015/LesEchos/22013-048-ECH_peut-on-interdire-les-robots-tueurs--.htm

⁶⁹ DOARE R., HUDE H., *op. cit.*, p155.

« Par définition, la technologie se place souvent en intermédiaire entre l'opérateur humain et la situation réelle et donc si elle entraîne une dégradation de la perception, cela peut être dommageable pour la réussite de la mission. »

Un officier programme de la STAT⁷⁰

Les pratiques en cours et les postulats sous-tendus par les technologies automatisées/autonomes ne sont pas exempts de contradictions et d'effets contre-productifs. Pour les dépasser, est-ce à l'armement de s'adapter à l'homme ou bien le contraire ? La partie suivante étudiera dans quelle mesure les bénéfices avérés de l'automatisation/autonomisation des systèmes d'armes occulte souvent les effets pervers mais non moins réels de ce « repositionnement » de l'opérateur.

2. L'autonomisation : mythes et réalités

L'exemple des drones a nourri une littérature désormais riche sur les effets corollaires de leur emploi. Outre les questions liées à l'éthique de leur utilisation à des fins létales, le sujet du risque de « déréalisation » pour des opérateurs qui font la guerre comme on ferait une partie de jeux vidéo est répandu parmi les spécialistes comme auprès de l'opinion publique. Ce phénomène – parfois exagéré – n'est cependant pas la seule contrepartie négative de l'introduction de systèmes automatisés/autonomes dans la dynamique des opérations. Leur connaissance et leur compréhension doit permettre de les prévenir ou de les atténuer pour éviter une dégradation de l'efficacité du tandem formé par l'opérateur et le système d'armes. Pour concevoir un binôme homme-machine viable, il semble logique de porter une attention équilibrée à chacun des éléments constitutifs de cette équipe. Dès lors, une approche uniquement guidée par des considérations techniques et qui ne tiendrait pas compte de la présence de l'homme, avec ses spécificités, positives ou négatives pour le bon fonctionnement de l'ensemble, ne serait-elle vouée à l'échec ? Faut-il considérer l'homme comme faisant partie intégrante du système avec sa fiabilité, ses biais, sa capacité de prise d'initiative ou plutôt comme un élément extérieur à l'équation qui ne compte que par des caractéristiques physiques (taille, poids, résistance) à intégrer dans le système ? N'y a-t-il pas une part de fascination quant au potentiel idéal de la machine et de l'intelligence artificielle ? Répondre à

⁷⁰ Section Technique de l'Armée de Terre : organisme chargé de formuler le besoin en capacités militaires et d'évaluer les matériels alors produits par les industriels.

ces questions revient à analyser les réalités et les mythes du phénomène d'automatisation/autonomisation.

2.1. Le processus d'autonomisation et ses effets pervers sur les opérateurs

Risque de « déréalisation », glissement du rôle d'opérateur à celui de superviseur, on sent bien que le processus d'automatisation/autonomisation porte en lui-même les germes de « tensions ». Conséquences de l'introduction d'un troisième acteur toujours plus puissant, toujours plus « participatif » dans le triangle relationnel « soldat – machine – cible », l'avènement des machines éloigne l'homme de l'action, physiquement et cognitivement. La machine empiète sur la part des tâches accordées à l'opérateur au point de le « déposséder » de son rôle dans l'action. Placé en situation de « servant » de la machine, il peine alors à « reprendre la main » et à réagir lorsque se présentent des situations imprévues, auxquelles le système ne sait pas faire face. Ces « limites » du modèle actuel de développement et de concept d'emploi des systèmes automatisés/autonomes peuvent se traduire par les dérives décrites ci-après : découplage opérateur-action, perte de capacité d'adaptation, incompréhension de la situation, incapacité à réagir.

2.1.1. Les effets de la distanciation

L'opérateur n'est plus l'acteur immédiat de l'effet produit. La machine se place en intermédiaire et vient réaliser l'effet attendu. Cette prise de distance dilue à la fois le sens de l'action pour l'opérateur que son sentiment de responsabilité quant aux finalités. L'opérateur vit en quelque sorte un « découplage » vis-à-vis de la situation obtenue, dont il juge n'être pas pleinement à l'origine. L'exemple cité par Georges BERNANOS dans *La France contre les robots*⁷¹ incarne cette « déresponsabilisation » lorsqu'il dit que « *ce que je fais, ou ne fais pas, lorsque je suis revêtu d'un uniforme, c'est-à-dire au cours de mon activité comme fonctionnaire de l'Etat, ne regarde personne* ». Au sortir d'une guerre où la technologie a pris une place de plus en plus importante jusqu'au largage par Paul TIBBETS de *Little Boy* sur Hiroshima, son plaidoyer était déjà une mise en garde d'une société transformée par les machines : « *Obéissance et irresponsabilité, voilà les deux Mots Magiques qui ouvriront*

⁷¹ BERNANOS G., *La France contre les robots*, Paris, R. Laffont, 1947, 222p.

*demain le Paradis de la Civilisation des Machines. La civilisation française, héritière de la civilisation hellénique, a travaillé pendant des siècles pour former des hommes libres, c'est-à-dire pleinement responsables de leurs actes : la France refuse d'entrer dans le Paradis des Robots. »*⁷²

Sans entrer dans des discours partisans, on peut toutefois vérifier la réalité de ce découplage opérateur-action dans l'observation des tireurs de missiles anti-char qui a été faite par Sophie LEFEEZ⁷³. Ces tireurs, habitués à utiliser le MILAN⁷⁴ pour lequel l'opérateur guide le missile jusqu'à la cible, étaient pétris du schéma traditionnel « tirer, guider, observer l'impact ». En basculant sur le système JAVELIN qui fonctionne sur le principe du « tire et oublie », l'action réalisée par l'opérateur est dissociée de l'environnement et de sa propre finalité. En se limitant à accomplir une procédure de tir, le tireur ne s'inscrit plus dans la responsabilité de la destruction finale de l'objectif.

Ainsi, les systèmes d'armes à fonctions autonomes pourraient favoriser un certain « désengagement moral » de la part de l'opérateur, et, comme le prétend Mary COLLINS, « *développer des technologies [telles que les robots autonomes] peut potentiellement amener la création de zones tampons pour la morale, permettant aux humains d'agir sans tenir suffisamment compte des conséquences.* »⁷⁵ La réalité n'est en fait pas aussi tranchée et à des phases de distanciations, peuvent paradoxalement succéder des phases d'implications émotionnelles traumatisantes. Les syndromes de stress post-traumatiques ne sont par exemple pas rares chez les pilotes de drones qui, grâce au rendu particulièrement précis de leurs caméras, sont aux premières loges pour observer les dégâts produits par leurs tirs⁷⁶.

La relation de l'opérateur à l'Autre subit néanmoins un impact par cette mise à distance. Cet Autre peut tout d'abord être un collaborateur dans l'environnement immédiat. En effet, l'autonomisation tend souvent à réduire le nombre de « servants » du système. L'opérateur se retrouve dès lors isolé, avec un nombre restreint de collaborateurs voire d'homologues capables de comprendre son expérience vécue.

⁷² BERNANOS G., *op. cit.*

⁷³ LEFEEZ S., « Versatility and Technology: A Case Study of the Milan and Javelin », *RUSI Journal*, vol. 160, n°3, juin 2015, p48-56.

⁷⁴ Missile antichar filoguidé.

⁷⁵ CUMMINGS M., "Automation and Accountability in Decision Support System Interface Design", *Journal of Technology Studies*, 2006, vol.32, 67p, p23-31, p26.

⁷⁶ Se référer au cas de Brandon Bryant (Nicola ABE , « The woes of an american drone operator », *Der Spiegel Online*, mis en ligne le 14 décembre 2012, consulté le 1er février 2018, URL : <http://m.spiegel.de/international/world/pain-continues-after-war-for-american-drone-pilot-a-872726.html>) et au film « *Good Kill* » d'Andrew Niccol, USA, 2014.

L'Autre, c'est aussi celui au bénéfice duquel l'opérateur agit. La distance empêche de le connaître, de s'identifier à lui ou d'avoir envie de s'engager pleinement pour lui venir en aide. Par ailleurs, un système d'armes possède ses « codes », son langage, établis par les ingénieurs en fonction des données d'entrée et de sortie requises ou souhaitées. Ce langage formel n'est généralement pas partagé par les « non-initiés » et les opérateurs font alors figure de « spécialistes » qui forment une catégorie à part. Le langage formalisé entre l'opérateur et le système a tendance à s'imposer dans la relation qu'entretient l'opérateur avec les forces amies qu'il appuie. Il attend d'eux des échanges utilisant déjà ce langage pour pouvoir « nourrir » plus rapidement le système avec des données d'entrée « digestes », sans passer par une étape chronophage de « traduction ». C'est ainsi la relation toute entière entre l'opérateur et la troupe amie qui se formalise et perd en naturel.

Mais l'Autre, c'est surtout l'adversaire, celui qui est visé, au comportement réduit à des coordonnées⁷⁷ et à des données utiles au tir. Cet adversaire déshumanisé n'est appréhendé qu'au travers du prisme de la machine. Ce filtre forcément réducteur ne permet pas de « sentir l'ennemi », encore moins de se mettre à sa place pour imaginer les scénarios possibles ou encore ses motivations, ses intentions. Or, en concevant des outils taillés selon notre propre logique de compréhension du monde, il existe un risque de ne pas être en mesure d'appréhender la rationalité de l'adversaire et par conséquent de se retrouver totalement surpris par sa réaction, comme sidéré par un scénario qui était de l'ordre de l'inconcevable.

Il ressort donc du phénomène de distanciation qu'une barrière s'établit entre l'opérateur et la réalité (celle de l'environnement immédiat, comme celle de la zone d'action où évoluent alliés et adversaires). Son comportement s'en trouve en quelque sorte contraint, ses réactions « rigidifiées ». Car une posture d'asservissement au système peut malheureusement conduire l'opérateur à une perte de capacité d'adaptation.

2.1.2. La perte d'adaptabilité

En apparence, la technologie permet plutôt à l'homme de s'adapter au monde, en lui donnant la faculté de s'y mouvoir d'une façon qui lui serait naturellement impossible (sous l'eau, dans les airs, de nuit, etc.). L'homme voit ses capacités physiques, intellectuelles et physiologiques

⁷⁷ Se référer à la deuxième partie de l'ouvrage de Caroline GALACTEROS-LUCHTENBERG, *Manières du Monde. Manières de guerre*, Paris, Nuvis, 2013, 146p.

« augmentées » par une technologie sans cesse innovante. Mais « *plus la technologie est complexe, moins son utilisateur peut en modifier les caractéristiques* ⁷⁸ ». C'est notamment le cas avec les systèmes automatisés/autonomes complexes où « *l'homme est guidé par la machine* ⁷⁹ ». Incapable d'adapter l'usage d'une machine automatisée à une situation pour laquelle elle n'a pas été prévue, c'est finalement l'homme qui abandonne une part de sa propre autonomie dans l'utilisation de la machine.

On peut alors constater que l'automatisation a tendance à brider la faculté d'adapter l'emploi des matériels en fonction de l'environnement. Car l'automatisation peut changer l'utilisateur en agent se contentant d'appliquer des règles et des procédures. La capacité d'adaptation n'étant, à l'origine, pas uniformément répartie (voir le cas des tireurs MILAN qui n'envisageaient pas d'utiliser leur missile sur autre chose qu'un char⁸⁰, une cache de talibans par exemple), le service d'une arme très automatisée peut avoir pour conséquence de brider l'agilité et l'intelligence de situation de l'opérateur et de le « castrer intellectuellement ». Formé à un nombre précis d'opérations, à réaliser dans des situations clairement définies, l'opérateur, concentré à sa tâche technique, n'est plus capable de changer de perspectives pour s'adapter aux contingences du moment.

Par ailleurs, l'autonomisation s'accompagne souvent d'une multiplication du nombre de capteurs et donc d'une augmentation de la quantité de données à disposition de l'opérateur. Ces données brutes, à appréhender parfois hors de leur contexte, sont censées l'aider, mais peuvent au contraire et en excès, saturer sa capacité à les traiter. Face à tant d'informations, l'opérateur doit en juger la temporalité (l'information est-elle encore valide ?), la pertinence (est-ce utile ?) et les prioriser. Finalement, les automatismes pourraient donc tendre à créer des « *situation inédites qui compliquent la prise de décision, sollicitent davantage les capacités individuelles [...] d'analyse et de compréhension, [et] mettent l'accent sur les finalités de l'action, l'ordre des priorités* ». ⁸¹

Bridé par un mode d'emploi figé ou sur-sollicité voire saturé par une abondance d'informations, l'opérateur peine donc à recourir à ses facultés d'agilité pour réagir à

⁷⁸ CHEAR, *op. cit.*, p35.

⁷⁹ *Id.*

⁸⁰ LEFEEZ S., *op. cit.*

⁸¹ DUBEY G., MORICOT C., *La polyvalence du Rafale ou l'objet total : la relation entre une technologie nouvelle et ses utilisateurs*, Paris, édition du Centre d'études en Sciences Sociales de la Défense (Les Documents du C2SD, n° 81), 2006, 84 p., p12.

l'imprévu. Il y parvient d'autant moins que la compréhension de ce qui se passe peut lui échapper.

2.1.3. L'opacité de la machine dans le cadre de la mission

L'utilisateur de machines complexes réalise des opérations techniques selon une procédure, pour mettre en œuvre un système dont il ne sait pas forcément comment il fonctionne, pour produire des effets dont il ne perçoit pas toujours la portée, au sein d'une chaîne d'acteurs dont il ne maîtrise pas nécessairement la mécanique globale. Ainsi, l'opérateur peut avoir à affronter trois types d'opacités dans l'usage des systèmes automatisés/autonomes : manque de transparence quant au mode de fonctionnement de la machine, quant au rôle réel joué par l'opérateur dans la production des effets et quant à sa place dans l'action.

Il est intéressant de noter le double sens de « transparence » : en sociologie, être transparent signifie qu'on voit le déroulé de l'opération, qu'on accède au fonctionnement de la machine, alors que pour les ingénieurs, être transparent signifie que l'usager ne voit pas les opérations de la machine et n'a pas à s'en préoccuper. Ainsi, comme énoncé dans « *Face à l'automate, le pilote, le contrôleur et l'ingénieur*⁸² », la transparence d'usage aurait pour revers l'opacité du fonctionnement.

En effet, les opérateurs n'ont aucune prise sur le fonctionnement du système. Ils n'en connaissent ni l'architecture, ni la logique qui a prévalu à l'établissement des programmes et des algorithmes. Cela s'illustre parfaitement dans le cas des premiers pilotes d'Airbus A320. Mis en service à la fin des années 1980, cet avion de ligne comportait de nouveaux automatismes via le *Flight Management System*, qui reléguait le pilote automatique standard à l'âge de pierre en introduisant des fonctions d'amélioration de la trajectoire, de correction des dérives, de gestion optimale de carburant, etc. Ce nouvel automate a introduit la « conduite informatique » en ne limitant plus la machine à traduire « mécaniquement » les directives du pilote mais en les interprétant selon des algorithmes conçus par un corps professionnel distinct des pilotes⁸³. « *Les écrans n'affichent que les informations que la communauté des ingénieurs, selon des critères propres à leur culture de métier et aux paramétrages des vols*

⁸² GRAS A., MORICOT C., POIROT-DELPECH S., SCARDIGLI V., *Face à l'automate, le pilote, le contrôleur et l'ingénieur*, Paris, Publications de la Sorbonne, 1994, 377p, p.108.

⁸³ SCARDIGLI V., *Un anthropologue chez les automates : de l'avion informatisé à la société numérisée*, Paris, Presses Universitaires de France, 2001, 245p.

*d'essai, avait jugées utile de montrer aux opérateurs de première ligne*⁸⁴». Les pilotes ont dès lors que le sentiment qu'un « *troisième homme* », en la personne de l'ingénieur, est à bord du cockpit, et que l'ordinateur est devenu une véritable « *boîte noire* », opaque à leur compréhension. Les opérateurs ont ainsi l'impression de ne plus « avoir la main », d'avoir perdu prise sur leur environnement, ce que le sociologue Francis CHATEAURAYNAUD nomme le sentiment de « *déprise* », vis-à-vis de dispositifs conçus les plus « fermés » possibles.

Ainsi, les élèves ingénieurs de l'armement polytechniciens rencontrés pour cette étude durant leur FAMIA⁸⁵, montrent une réelle fascination pour le sujet des avions autonomes. Sans chercher à expliquer la source de cette logique (volonté de faire voler l'avion sans pilote par procuration ?), celle-ci traduit néanmoins une forme de prise de pouvoir d'un groupe professionnel – les ingénieurs – sur un autre – les pilotes, et plus largement les opérateurs.

« L'opacité de conception » est en outre entretenue dans la méthode de formation des opérateurs. En effet, ils apprennent plus le mode d'emploi des systèmes d'armes que leur mode de fonctionnement. Lors de leur formation, les tireurs missiles rencontrés par Sophie LEFEEZ ont expliqué n'avoir reçu aucune réponse à leurs questions quant aux spécifications techniques et au fonctionnement du JAVELIN⁸⁶. Cette incompréhension était source de doutes et de manque de confiance dans ce nouveau système d'armes qui contrastait avec l'intimité développée vis-à-vis du MILAN, son prédécesseur⁸⁷. N'ayant de plus pas réalisé de tir réel à l'entraînement, les tireurs ont eu tendance en Afghanistan à avoir plutôt recours au MILAN pour détruire des cibles mobiles qu'au JAVELIN, bien que ce dernier ait été conçu pour être plus performant pour ce type de tir. Les tireurs semblent ainsi avoir préféré s'appuyer sur leurs capacités personnelles plutôt que sur une machine automatisée qu'ils ne comprenaient pas complètement⁸⁸.

Cette « culture de l'opacité » soulève donc une question relevant de la conception générale du rôle de l'opérateur : « *celle de savoir qui décide de ce que l'utilisateur final doit ou non savoir.*⁸⁹ »

⁸⁴ DUBEY G., *op. cit.*

⁸⁵ Formation Administrative et Militaire des Ingénieurs de l'Armement recrutés à l'Ecole Polytechnique.

⁸⁶ LEFEEZ S., *op. cit.*, p51.

⁸⁷ *Id.*

⁸⁸ *Ibid.*, p52.

⁸⁹ DUBEY G., *op. cit.*

La numérisation et l'automatisation ont eu très tôt pour effet la dissipation de « l'intentionnalité humaine (l'attribution d'une finalité par un sujet) dans l'acte de programmation (l'algorithme), jusqu'à la soustraire à la connaissance même de l'usager »⁹⁰. L'objet de son action lui étant désormais devenu hermétique, il n'est plus exigé de l'opérateur pour les systèmes de dernière génération qu'une présence de type « surveillant » ou « gestionnaire de systèmes »⁹¹. Sujet d'une « fonctionnalisation » de l'homme réduit à l'utile et de l'opacité des algorithmes qui président au bon fonctionnement de la machine, il fait fonctionner le système d'armes sans (re)connaître la place qu'il a pris réellement dans la production finale des effets.

D'une manière générale, outre son rôle, sa responsabilité dans la réalisation des objectifs, c'est donc la place et le sens de son action qui lui sont rendus confus. Le sens de son action n'est plus l'atteinte des objectifs mais la supervision du système. Un voile d'opacité est dressé entre l'opérateur et le but final de la mission. Et quand bien même un opérateur aguerri et expérimenté arrive à appréhender sa part d'action dans le schéma global des forces en jeu vers l'objectif final, il ne dispose plus forcément des ressources pour corriger les pannes ou les défaillances du système.

2.1.4. La perte possible de savoir-faire

L'accroissement de la place accordée aux armements automatisés tend en effet à obérer la capacité de réaction des opérateurs et à diminuer leurs savoir-faire dans leur fonction « historique », anté-automatisation. L'exemple précédemment évoqué des tireurs missiles n'ayant jamais effectué de tir réel à l'entraînement est symptomatique du manque de pratique pour des matériels modernes et coûteux⁹². Cette politique de formation minimaliste, tant pour des raisons de baisse des coûts que de conception du rôle de l'opérateur « superviseur », a conduit à la réduction de la formation tireur MILAN de 7 à 4 semaines⁹³ et a une diminution

⁹⁰ *Id.*

⁹¹ Cela ne se limite évidemment pas au cas des armées. Ainsi, il n'est pas rare que les conducteurs de TGV roulent « volet fermé » et se contentent de gérer le système, la vitesse à laquelle le train se déplace ne leur permettant de toute façon pas de réagir en cas d'obstacle sur la voie.

⁹² Cette situation va se reproduire pour la formation des tireurs du nouveau missile MMP (Missile Moyenne Portée) coûtant environ 200k€ l'unité. A ce prix, le tireur ne fera aucun tir réel d'entraînement.

⁹³ LEFEEZ S., *op. cit.*, p50.

inévitable des savoir-faire. Ceux-ci sont par exemple limités aux aspects techniques d'utilisation et négligent les aspects tactiques d'emploi⁹⁴.

Une logique comparable peut se retrouver dans la formation des tireurs d'engins blindés AMX10RC : les tirs particuliers (tirs de nuit, tirs en « mode dégradé » lorsqu'une partie de la conduite de tir automatique tombe en panne) ne sont plus abordés dans les centres d'entraînement mais laissés au soin des régiments. Le tempo imposé par le format et l'emploi qui est fait des armées peut donc s'avérer défavorable à la transmission des connaissances et de l'expérience.

D'une part, l'impératif de jeunesse pour engager une armée en bonne condition physique en opération nécessite un renouvellement incessant des ressources humaines. Dès lors, une armée fonctionnant sur la base de contrats courts va préférer des systèmes d'armes rapidement appropriables, à l'utilisation simplifiée et au fonctionnement assisté par des automatismes. Par ailleurs, le système décisionnel français se caractérise par la facilité avec laquelle les décideurs politiques peuvent déclencher une opération militaire, faisant des armées un outil très souvent employé. Le turnover permanent en déploiement opérationnel pour des missions de natures diverses est source de contraintes sur le temps accordé à la formation et à l'entraînement. Le soldat « multitâches » peut ainsi passer de longues périodes sans disposer de son matériel de prédilection⁹⁵, ce qui plaide là aussi pour l'emploi de systèmes d'armes s'appuyant sur des fonctions automatisées pour en réduire la durée de réappropriation.

Les savoir-faire risquent alors d'être limités à l'essentiel, ne pas considérer les modes d'utilisation en situation particulière ou en cas de dysfonctionnement de la machine⁹⁶. Lorsque la machine est défaillante, l'opérateur peine à réagir s'il n'y a pas été entraîné. De la même façon qu'un conducteur dont le GPS serait tombé en panne aura besoin d'un certain temps pour se réapproprier sa carte Michelin, un pilote habitué aux automatismes aura des difficultés à gérer en situation perturbée sa « *capacité [... à] reprendre la conduite manuelle et [...] sa crainte de ne pas avoir de réaction immédiate appropriée. La capacité de pilotage s'émousse en effet lorsqu'elle n'a plus à s'exercer en permanence (notamment au gré de tâches répétitives et qualifiées d'automatisables, car simples). De même l'attention à*

⁹⁴ *Id.*

⁹⁵ C'est notamment le cas des troupes déployées dans le cadre des missions sur le territoire national pour SENTINELLE.

⁹⁶ Par exemple pour un engin blindé, tir de nuit, tir selon différentes amplitudes thermiques, tir d'urgence, tir de très courte portée, tir de munitions particulières, tir en mode dégradé, tir au jugé, en présence de troupes à proximité de l'engin...)

*l'évènement exceptionnel, exigeant une décision rapide, faiblit lorsqu'elle est transformée en surveillance passive*⁹⁷. »

Moins entraîné, sollicité d'une manière différente par les systèmes automatisés, l'opérateur est donc confronté à une perte possible de savoir-faire qui lui feront défaut dans les situations « extraordinaires ». Eloigné de l'objet final du combat, ayant affaire à des situations inédites et utilisant des systèmes qui semblent parfois lui échapper, l'opérateur peut subir les effets négatifs des systèmes automatisés/autonomes qui se traduisent sur le terrain par la surprise, l'inadéquation de la réaction, voire l'incapacité à réagir. Ces dérives ne sont pourtant pas une fatalité mais elles sont plutôt liées à des facteurs exacerbés par le cas particulier des systèmes autonomes.

2.2. Origines des dérives constatées dans les processus d'autonomisation

Les défauts détaillés dans la partie 2.1. paraissent trouver leur origine dans les choix adoptés principalement lors de deux phases particulières : la conception du système d'armes et la formation de l'opérateur. Effectivement, dès les premières esquisses réalisées par les ingénieurs, une tendance naturelle pour un choix plus favorable à la technologie qu'à l'homme s'installe. Mais tout au long des étapes suivantes, les spécificités induites par le tandem « opérateur humain – système à fonctions autonomes » ne sont pas toujours suffisamment prises en compte. Dès lors, les solutions aux problèmes rencontrés sont habituellement recherchées parmi des choix technologiques censés améliorer la situation. Néanmoins, le « facteur humain »⁹⁸, dans toute sa complexité qui dépasse la simple prise en compte ergonomique des caractéristiques physiques de l'homme, est généralement sous-estimé et ne rivalise pas avec les enjeux technologiques et économiques. Cette tournure d'esprit modèle largement la façon dont sont menés les programmes d'armement.

⁹⁷ FREYSSINET M., « Processus et formes sociales d'automatisation. Le paradigme sociologique », *Sociologie du travail*, 1992, n°4, p469-496, p478.

⁹⁸ L'étude des facteurs humains porte sur les relations entre les individus et les systèmes avec lesquels ils interagissent. Selon les domaines d'expertise et les sources bibliographiques sur lesquels s'appuie cette étude, cette expression revêt diverses acceptions. Pour en simplifier la lecture, le facteur humain intègrera donc ces différentes réalités d'une place de l'homme dans le système qui recouvre des aspects ergonomiques, de particularismes humains physiques, psychologiques et cognitifs qui peuvent être source d'erreur comme de réactivité.

2.2.1. La tendance souvent « technocentrée » des programmes d'armement

Deux approches différentes peuvent être adoptées pour déterminer si les armements doivent s'adapter aux hommes ou bien les hommes aux armements. L'approche technocentrée donne « *la priorité aux fonctions à assurer par le système technologique. Le combattant est ici opérateur. Il peut le cas échéant lui être demandé des tâches supplémentaires pour dépasser les limites technologiques.*⁹⁹ »

L'approche anthropocentrée, quant à elle, met « *en avant la plus-value de l'homme avant de parler des moyens techniques. Tout en ayant une grande vulnérabilité (physique, psychoaffective ou cognitive), l'homme a cependant un indéniable avantage sur la technique pour appréhender son environnement, pour décider et agir en fonction. La technologie vient en support de ses qualités humaines.*¹⁰⁰ »

Sans préjuger des avantages et inconvénients de chaque approche, des conséquences catastrophiques ont pu être constatées lorsque le facteur humain n'était pas suffisamment pris en compte. Ce fut le cas en 2002 lors de l'expérimentation d'une maquette ergonomique en contreplaqué à taille réelle d'un VBCI¹⁰¹ en cours de développement. Le compte rendu qui en est fait relate les faits suivants : « *L'entrée des troupes par l'arrière est laborieuse et les hommes ne peuvent se tenir droit [...]. La trappe supérieure n'est pas suffisamment large pour qu'un militaire, armé de son fusil Famas, puisse se retourner [...] Le pilote ne peut ni regarder dans les épiscopos ni appuyer sur les pédales car son siège n'est pas réglable [...]* »¹⁰²

D'autres soucis ont été constatés et heureusement corrigés depuis. Mais le primat accordé aux fonctions techniques peut encore parfois conduire à ce type d'aberrations et de gabegies. Souvent, les facteurs humains ne sont pas prioritaires car non seulement, les armées n'ont pas le temps de s'attarder sur ces considérations, mais en plus, le culte voué à la réussite de la mission fait que le soldat se débrouille toujours pour dépasser les « obstacles » techniques, favorisant l'impression que le système donne pleinement satisfaction.

⁹⁹ CHEAR, *op. cit.*, p8.

¹⁰⁰ *Ibid*, p9.

¹⁰¹ Véhicule Blindé de Combat d'Infanterie.

¹⁰² Source : rapport d'information n° 3254 du 5 juillet 2006, en conclusion des travaux de la Mission d'évaluation et de contrôle (MEC) sur les programmes d'armement, présenté par MM. François CORNUT-GENTILLE et Jean-Claude VIOLLET, députés, §I.3.a.

Pourtant, au-delà des « impressions », l'analyse organique de l'importance accordée par les acteurs de la Défense à la prise en compte du facteur humain ainsi que son analyse « procédurale » dans les différentes étapes du programme d'armement apportent les preuves d'un tropisme pour l'orientation technocentrée des programmes d'armement.

La prise en compte du facteur humain suppose avant tout l'existence de spécialistes du sujet chez les acteurs de la Défense. Dans les organisations étatiques, on peut les trouver au sein du pôle SHP (Sciences de l'Homme et Protection) de la Direction Technique à la DGA (Direction Générale de l'Armement), au Centre d'Expertise des Programmes Navals (CEPN) à Toulon pour la Marine Nationale, de l'équipe FHMO (Facteurs Humains et Milieux Opérationnels) du CReA (Centre de Recherche de l'Armée de l'air) à Salon-de-Provence et au groupement AM-FH (Armes de Mêlée – Facteur Humain) de la STAT (Section Technique de l'Armée de Terre) à Satory. Ces équipes, dont le volume se situe généralement autour de 5-6 personnes, sont garantes de l'expertise des facteurs humains pour toute leur armée d'appartenance. Dans le cas de la STAT, le groupement FH a connu un effectif qui atteignait jusqu'à 12 personnes. Les réductions d'effectif ont contribué à la situation actuelle d'une équipe de 4 personnes :

- 2 personnes d'un niveau de formation BAC+5 ;
- 2 spécialistes de la métrologie (mesure des ambiances physiques de travail) comprenant généralement un sous-officier du matériel et un ouvrier d'Etat.

L'équipe pourrait par ailleurs être renforcée d'un médecin dans un avenir proche.

A l'instar des armées, les industriels se sont intéressés à la question qui se concrétise par deux options possible : se doter de spécialistes ou faire appel à des cabinets extérieurs. Mais bien souvent, l'investissement reste faible dans la constitution de ces équipes et les cabinets sous-traitants le sujet méconnaissent le milieu militaire¹⁰³. En outre, la logique technocentrée peut aisément trouver la faveur des industriels à la lumière des enjeux économiques et financiers. *« La démarche anthropocentrée peut même être perçue comme un frein à l'exportation. Nécessitant une approche itérative sinon incrémentale, une telle démarche peut conduire à des durées de développement préjudiciables aux opportunités de marché.¹⁰⁴ »*

¹⁰³ CHEAR, *op. cit.*, p18.

¹⁰⁴ *Ibid.*, p17.

Ainsi, l'analyse organique des acteurs du développement des programmes d'armement indique bien l'existence de spécialistes. Pour autant, la présence d'ergonomes au sein de services sujets aux baisses d'effectifs, n'est pas la garantie que leur point de vue prévaudra. D'ailleurs, l'analyse de la procédure de conduite d'un programme et les exemples tirés de faits récents tendent aussi à montrer que les spécifications liées au facteur humain passent après la performance et l'apport technologique dans les arbitrages.

« Le groupement constitué de Nexter et Texelis vient de remporter le marché de production du VBMR¹⁰⁵ léger. On nous a demandé de faire un véhicule qui fasse 10 tonnes de moins que le GRIFFON. Forcément les considérations ergonomiques ne seront plus prioritaires et les objectifs en percentiles devront être revus à la baisse. »

Un ingénieur de Nexter.

Dans le cadre des études à caractère opérationnel et technico-opérationnel (Eoto) de la DGA, les études à caractère opérationnel (EO) menées de concert avec les équipes des armées concernées s'intéressent à l'emploi des équipements, sans remettre en question les choix techniques¹⁰⁶. Pour éviter une dérive définitivement technocentrée, le ministère de la Défense a mis en place le Laboratoire Technico-Opérationnel (LTO) en 2006. Mais malgré une volonté affichée de prendre davantage en compte les facteurs humains, la dimension technologique a rapidement repris le dessus¹⁰⁷.

Du côté des armées qui sont responsables de la formulation de l'expression de besoin, le facteur humain est présent dès le stade de préparation d'un programme. On peut ainsi trouver un paragraphe « Composante humaine - ergonomie » dans l'Objectif d'Etat-Major (OEM) qui initie le projet. Mais cet aspect ne pèse que faiblement face aux considérations technologiques¹⁰⁸. D'ailleurs si le sujet continue d'être évoqué lors de la phase de la conception dans un paragraphe « Facteur humain – Ergonomie » de la Fiche de Caractéristiques Militaires (FCM), le sujet se limite à des généralités des techniques d'ergonomie à ce stade où le projet n'est pas encore très avancé. L'heure de vérité et d'arbitrage entre les démarches anthropo et technocentrées a lieu lors des évaluations technico-opérationnelles (EVTO) qui visent à valider les qualités opérationnelles et techniques de l'équipement avant d'en lancer la production. Les matériels terrestres sont par

¹⁰⁵ Véhicule Blindé Multi-Rôles dont la version classique, le GRIFFON, est un véhicule de 25 tonnes.

¹⁰⁶ CHEAR, *op. cit.*, p23.

¹⁰⁷ *Ibid.*, p24.

¹⁰⁸ *Ibid.*, p25.

exemple éprouvés dans des conditions réelles par les équipes de marque de la STAT qui font de plus en plus appel aux unités et utilisateurs finaux pour donner leur impression. Mais sauf à rencontrer des difficultés insurmontables telles qu'évoquées dans l'exemple précédemment cité du VBCI, les considérations techniques priment à ce stade sur les « détails » ergonomiques, d'autant que tout aménagement requiert un délai supplémentaire alors que les unités ont besoin de remplacer leurs matériels vieillissants.

« Les facteurs humains, il y a 15 ans, on s'en foutait complètement. Aujourd'hui, on y porte plus d'intérêt. Néanmoins, j'ai assisté par hasard aux tests d'intégration de la nouvelle version de SENIT-8¹⁰⁹ dans le cadre du deuxième Arrêt Technique Majeur du porte-avions Charles de Gaulle qui doit à cette occasion être totalement modernisé. L'IHM¹¹⁰ est restée sur un standard qui fait penser aux années 80 ! Je n'étais pas parti pris au projet, mais j'ai quand même dit à un officier que je connaissais que c'était surprenant de ne pas avoir intégré un « look and feel » plus conforme à ce que connaissent les jeunes qui s'engagent aujourd'hui. Il m'a répondu qu'il préférerait avoir quelque chose de fonctionnel mais rustique plutôt que de consacrer de l'argent à l'IHM. »

Un ingénieur des études et techniques de l'armement.

De manière globale et pour des raisons qui peuvent se comprendre, les performances techniques des programmes développés ne laissent au final que peu de place aux facteurs humains, tant dans les armées qu'auprès des industriels. Les esprits de tous ces acteurs sont imprégnés de la tendance technocentrée. Considéré comme un coût supplémentaire dans un contexte de budget contraint et de coût unitaire croissant des matériels modernes, l'intérêt consenti au facteur humain est d'autant plus dur à concrétiser que de nombreux programmes sont désormais portés par des groupes ou organisations multinationaux. Le partage des coûts pousse par exemple à privilégier les programmes européens. Or il est particulièrement délicat d'exprimer des besoins communs sachant que les doctrines d'emploi, et donc potentiellement la place accordée à l'homme, sont bien différentes d'un pays à l'autre¹¹¹. Chaque culture possède ses « postulats implicites » et ses « pratiques non écrites » qui ne peuvent être expliquées mais sont simplement vécues¹¹². Elles ne peuvent donc pas être intégrées au cas par cas dans le cadre d'exportations. Les organisations telles que l'OTAN, basées sur

¹⁰⁹ Système d'Exploitation Navale des Informations Tactiques, cerveau informatique du nouveau système de combat.

¹¹⁰ Interface Homme-Machine.

¹¹¹ Cela se traduit par des versions différenciées des matériels comme cela a été le cas pour les hélicoptères Tigre français et allemands.

¹¹² WEIZENBAUM J., *Computer power and human reason: from judgment to calculation*, 1976, New York, W. H. Freeman and Co, 300p, p225.

l'uniformisation, la standardisation et l'interopérabilité, ne peuvent s'embarasser des particularismes qui, ajoutés à l'influence forte des choix d'armement préférentiellement américains, concentrent définitivement leur attention sur des approches technocentrées.

L'analyse des origines de la tendance technocentrée du développement ne serait pas complète sans insister sur le rôle particulier qu'y joue la « philosophie » inspirant les ingénieurs et qui relève – comme dans la première partie à propos du phénomène d'autonomisation – en partie de l'idéologie ou en tout cas de biais.

Depuis le XIX^e siècle s'est installée l'idée que l'avenir de l'homme serait forcément technologique dans le sens où le progrès est associé à la sophistication des technologies. Cette conception prométhéenne d'un homme au degré d'évolution caractérisé par son niveau technologique est le fait des premiers paléontologues qui ont déterminé les grandes ères du développement de l'homme en fonction des outils utilisés (terminologies de « l'Age de pierre », etc.). En soi, le choix de l'outillage comme facteur de caractérisation comprend un premier biais lié au fait que seuls ont subsisté les objets de pierre alors que du travail du bois ou de l'organisation sociale, il ne reste aucune trace. Or les activités culturelles ou artistiques auraient pu offrir un cadencement et une dénomination différente. Considérer que la solution à un problème est avant tout technologique est donc une première forme de « dogme » dont sont naturellement pétris les ingénieurs.

Le second biais qui agit sur les ingénieurs est la conséquence de la division du travail. Il leur est demandé de modéliser une réalité qu'ils ne connaissent pas pour développer une solution technique qui sera utilisée par d'autres corps de métier. Par exemple, les ingénieurs ont une « représentation » de ce qu'est le pilotage et sont aidés en cela par leurs contacts avec les pilotes d'essai. Mais un pilote d'essai n'est pas exactement un pilote de ligne. Et les représentations du réel que se font un ingénieur, un pilote de ligne et un pilote d'essai sont toutes les trois différentes. Au final, les ingénieurs vont concevoir des automatismes et des systèmes de collaboration entre l'homme et la machine calqués sur leur propre représentation du réel sans les avoir pensés dans une relation avec d'autres cultures de métier que la leur.

Au terme de cette partie, on réalise à quel point la prise en compte des facteurs humains dans toute leur variété est exigeante et cède la place à un paradigme technocentré perçu comme plus aisé à manipuler. C'est ainsi qu'une part importante de ce qui constitue le travail de

chacun et, dans le cas qui nous intéresse, de l'opérateur, est dans une certaine mesure négligée, notamment pour ce qui est de l'aspect social du travail.

2.2.2. Le rôle et la place de l'opérateur de machine autonome : un impact social sous-estimé

En libérant l'homme de la réalisation de tâches simples ou répétitives, l'automatisation a été pensée comme pouvant lui permettre de se consacrer à des activités plus complexes considérées comme « supérieures », ce que Michel FREYSSINET appelle la « requalification des opérateurs¹¹³ ». Les progrès dans le domaine de l'IA ouvrent de nouvelles perspectives vers ce qui constitue une nouvelle vision du travail.

« Le spécialiste du tourisme Marco Vasco a ainsi lancé en septembre un « chatbot » (contraction de « tchat » et de « robot ») à l'occasion d'une campagne visant à embaucher quarante conseillers. L'outil est capable de préselectionner des candidats sur les réseaux sociaux avant l'étape des entretiens, en leur posant une série de questions interactives et en sondant leur personnalité. « C'est un gain de temps fabuleux », assure le PDG, Geoffroy de BECDELIEVRE. »¹¹⁴

L'activité de recrutement, pourtant éminemment humaine, en vient, elle aussi, à réduire, dans une certaine mesure, l'homme à des coordonnées analysables par des automatismes transformant ainsi le périmètre de travail du recruteur.

« Ces délégations à la machine permettent aux collaborateurs de se concentrer davantage sur des activités plus créatives », explique Laurent STEPHANI [directeur de l'IA chez Accenture Technology]»¹¹⁵ 2

Pour Michel BARABEL, maître de conférences en sciences de gestion à l'université Paris-Est, *« les missions simples vont disparaître. [...] Les collaborateurs comme les managers vont devoir « monter en gamme » pour se concentrer sur des tâches à plus haute valeur ajoutée.»¹¹⁶*

¹¹³ FREYSSINET M., « La requalification des opérateurs et la forme sociale actuelle d'automatisation », *Sociologie du travail*, 1984, n°4, p422-433.

¹¹⁴ DENOYERS F., « Un nouveau collègue, l'intelligence artificielle », *Le Monde*, mardi 17 octobre 2017, p.8.

¹¹⁵ *Id.*

¹¹⁶ *Id.*

La thèse de la requalification prend dans cet exemple tout son sens. En « requalifiant » le rôle de l'opérateur, c'est le poids des changements sociaux dans la mise en service de nouvelles technologies qui est ici illustré. Gérard BUBEY en donne un autre exemple au travers de la mise en place de nouveaux systèmes auprès des contrôleurs aériens et leur impact sur la façon dont ils appréhendent leur travail¹¹⁷. L'espace aérien est découpé en secteurs dans lesquels évoluent les avions. Les contrôleurs ont pour mission à partir des échos radars de coordonner et faciliter l'évolution des aéronefs. Ceux-ci passent d'une zone de responsabilité d'un contrôleur à une autre, impliquant des contacts radios permanents. Une véritable organisation sociale du travail de contrôleur, fondée sur la coresponsabilité et l'échange s'est instituée de manière empirique pour anticiper les risques de collision au travers d'un dialogue. Ce modèle est pourtant menacé tant par les évolutions sociologiques que par l'introduction de nouvelles technologies d'automatisation. *« En premier lieu, dans un environnement social de plus en plus marqué par l'individualisme et les rapports contractuels, l'autonomie des collectifs est de moins en moins tolérée [...], [et peut être perçue] comme un obstacle à la réalisation personnelle. Ensuite, parce que les outils mis à disposition des contrôleurs sont de plus en plus fiables et offrent un grand confort d'utilisation. C'est ainsi que se mettent en place de nouvelles pratiques [...] aux dépens du collectif au sens large. Cela se manifeste, aux dires d'anciens formateurs, par une moindre attention au tableau de strip¹¹⁸ et une focalisation plus grande sur l'image radar (qui livre une image en temps réel et dynamique du trafic)¹¹⁹. »*

De manière générale, l'introduction de la machine n'a pas fait que modifier le périmètre d'action de l'utilisateur, il modifie aussi la physionomie sociale, la représentation que l'opérateur se fait de son travail, le sens qu'il donne à sa mission. Les excès de l'automatisation peuvent rappeler les critiques formulées par Karl MARX où *« sur les bases capitalistes, [...] ce n'est pas le travailleur qui emploie les moyens de travail, mais l'inverse¹²⁰ »*. Pour Georges BERNANOS¹²¹, l'homme réduit à l'utile n'est plus à proprement parler un homme. Il n'est plus que l'exécutant d'une tâche quelconque, un opérateur froid qui a depuis longtemps renoncé à l'usage de son libre arbitre, homme « idéal » promu par la civilisation des machines.

¹¹⁷ DUBEY G., *op. cit.*

¹¹⁸ Fiche sur laquelle sont inscrits les principaux éléments du plan de vol à la base du dialogue entre les contrôleurs.

¹¹⁹ DUBEY G., *op. cit.*

¹²⁰ MARX K., *Le Capital – Critique de l'économie politique*, Paris, Presses Universitaires de France, 1993, 990p, p723.

¹²¹ BERNANOS G., *op. cit.*

Sans aller jusqu'à de tels extrêmes, il reste toutefois notable que le phénomène d'autonomisation comporte des impacts sociaux déstructurants. Le cas des pilotes de drones français évoqué comme un *spleen de l'homme-machine*¹²² montre bien le sentiment de déclassement ressenti par ces opérateurs. En effet, les pilotes de drones actuels sont tous d'anciens pilotes de chasse qui, bon gré mal gré, se sont convertis au « pilotage¹²³ » de drone. Aux commandes de l'avion, ils ont connu une progression graduelle technique et morale lors d'activités mêlant entraînement et situation opérationnelle. Ces pilotes aguerris étaient parvenus à une véritable fusion entre l'homme et la machine dont ils connaissaient le potentiel. Arrachés de leurs cockpits, se retrouvant ainsi cloués au sol après tant de sacrifices pour dompter la puissance machinique d'un avion de chasse objet de leurs rêves d'enfants, ces pilotes subissent une « *seconde chute d'Icare*¹²⁴ » incarnée par leur déclassement statutaire vis-à-vis de l'opérateur de renseignement qui les accompagne et devient le nouveau centre des attentions¹²⁵. L'organisation « aristocratique » de l'armée de l'Air au sommet de laquelle se trouvaient les pilotes de chasse est ébranlée et ces derniers se retrouvent privés de l'addiction du vol comme de leur « espace de démonstration de virilité ». Dans ce contexte, les « *données anthropologiques du combat*¹²⁶ » (dominer sa peur, protéger le collectif, se distinguer) n'ont plus leur place et modifient radicalement la perception que les pilotes se font de leur métier. Reste à savoir s'il s'agit d'un effet transitoire qui disparaîtra si le choix est fait – comme aux USA – de former des pilotes de drones qui n'auront jamais été pilotes de chasse.

Chaque période de transition technologique comporte son lot d'impacts sociaux. Pascal VENNESSON va jusqu'à dire que « *dans l'art de la guerre, les transformations décisives proviennent moins de changements dans la technologie que de l'organisation sociale des guerriers*¹²⁷ ». Dès l'avènement de l'automatisation dans l'aviation, les pilotes « *ont été contraints de renoncer à un type d'habileté liée à une connaissance intime de la machine et*

¹²² DUBEY G., MORICOT C., *Dans la peau d'un pilote de chasse – Le spleen de l'homme machine*, s.l., Presses Universitaires de France, 2016, 240p.

¹²³ Il n'y a pas à proprement parler de pilotage au sens où on l'entend communément car il n'y a pas de joystick. Le plan de vol s'effectue au travers de points de passages entrés par le pilote dans le système.

¹²⁴ DUBEY G., MORICOT C., *Dans la peau d'un pilote de chasse*, *op. cit.*,

¹²⁵ Fait symbolique : le lieutenant-colonel Christophe FONTAINE, premier chef de l'escadron de drones « 1/33 Belfort » de l'Armée de l'Air en 2013, est un officier renseignement.

¹²⁶ DUBEY G., MORICOT C., *Dans la peau d'un pilote de chasse – Le spleen de l'homme machine*, chapitre 1.

¹²⁷ VENNESSON P., 1997, *Les chevaliers de l'air – Aviation et conflits au XX^e siècle*, Paris, Presses de la Fondation nationale des sciences politiques, 210p, p24.

*qui montrait leur capacité à briser l'opacité de l'objet*¹²⁸ ». De nos jours, les progrès de l'ergonomie et des systèmes d'assistance au pilotage sur des avions tels que le Rafale ont tendance à « égaliser » les pilotes. Leurs facultés de résistance physique ou d'adresse au pilotage sont moins indispensables. Ainsi, les entretiens menés par Gérard DUBEY et Corinne MORICOT font émerger un avis unanime des pilotes, « *avec le Rafale, il n'y a plus de bons pilotes, mais de bons ou de mauvais gestionnaires (du système technique, de l'automatisation)* »¹²⁹. Ce sentiment n'est pas réservé aux « élites » et aux pilotes. Les tireurs de JAVELIN ont aussi vécu un « changement » du sens de leur métier. De tireur chargé de guider au but un missile, ils se limitent désormais au rôle d'opérateur chargé de restituer un processus d'utilisation. D'ailleurs, la terminologie du type de munition montre bien la philosophie sous-tendue par des armes automatisées : « Fire and Forget », comme une injonction donnée au tireur¹³⁰.

« Déclassé » par la place principale accordée aux automatismes, l'opérateur, dont l'expérience sociale se dévitalise, applique des pratiques de plus en plus procédurières. Soumis au sentiment de « déprise » vis-à-vis de machines ultra-rapides avec qui il ne peut rivaliser, le maintien de son « statut », de son « métier », passe par une « *demande en systèmes d'aide à la décision et en nouveaux automatismes. Mis dans l'incapacité de faire face à partir de leurs ressources propres aux conditions d'une activité à flux tendus, les opérateurs recherchent les protections du côté du système technique* »¹³¹. Un cercle vicieux s'installe alors vers toujours plus d'automatismes qui ne feront que renforcer la transformation concrète de son métier et celle socialement ressentie de son statut.

La réalité du phénomène d'automatisation/autonomisation et son lot d'effets pervers, s'expliquent donc notamment par une prise en compte insuffisante des facteurs humains et une vision réduite des domaines de l'activité de l'opérateur impactés par ces innovations. Les aspects sociaux de l'introduction de ces technologies constituent indéniablement une des dimensions des facteurs humains, dont les implications sont peu considérées et n'ont que peu de poids face aux performances techniques. Le mythe de supériorité absolue conquise grâce aux armes modernes automatisées ou autonomes s'en trouve quelque peu écorné. La foi en la

¹²⁸ DUBEY G., MORICOT C., *La polyvalence du Rafale ou l'objet total*, op. cit., p40.

¹²⁹ DUBEY G., op. cit.

¹³⁰ LEFEEZ S., op. cit, p54.

¹³¹ DUBEY G., op. cit.

technique et dans le champ des possibles offerts par l'intelligence artificielle ne doivent pas elles aussi mener à un aveuglement quant à leurs limites, pourtant bien réelles.

2.3. Une intelligence artificielle qui possède des limites

Malgré les progrès incessants dans le domaine de l'IA, les robots « autonomes » se restreignent encore à des tâches « simples », dans un environnement facile à appréhender. En dépit de résultats encourageants dans le cadre de situations prédéterminées¹³², les robots terrestres rencontrent toujours d'énormes difficultés de mobilité et de bonne appréhension de la situation. L'accompagnement de troupes au plus près des combats demeure donc un horizon lointain. Outre les défis purement techniques de mobilité et d'endurance des robots terrestres, les obstacles à franchir par leur IA sont liés à la formalisation de la compréhension du monde et à la manière dont il doit être représenté pour pouvoir être encodé. Dans ce domaine, les avancées ne sont pas à la hauteur des ambitions pour l'autonomie des machines et mettent finalement en avant les limites ontologiques de l'intelligence artificielle.

Ainsi, rappelons que des données telles que celles manipulées par l'IA peuvent avoir un sens variable en fonction du contexte. Un homme armé sans uniforme est-il un adversaire, un partisan, un homme protégeant sa famille, une menace ou un appui ? Or « *afin de doter la machine de la même souplesse d'interprétation que celle de l'esprit humain, le programmeur se verrait contraint d'explicitier tout ce qu'il considère d'ordinaire comme allant de soi dans sa vie d'être humain*¹³³. » Pour résoudre cette difficulté, le programmeur serait « *contraint d'envisager le monde comme un objet et notre bagage de savoir empirique comme une somme de connaissances*¹³⁴. » Le défi de l'encodage de l'ensemble des données numériques est déjà intrinsèquement insurmontable. Y ajouter des éléments abstraits, dont le sens n'est pas uniformément partagé par tous rend la tâche impossible, d'autant qu'il faudrait aussi formaliser les évidences du quotidien. Or, comme le remarque John MCCARTHY, « *il est*

¹³² Se référer aux vidéos du « 2015 DARPA Robotics Challenge Finals », concours organisé par l'agence de recherche du Pentagone (Defense Advanced Research Projects Agency) mettant en compétition des robots devant réaliser un certain nombre de missions sur un parcours jonché d'obstacles.

¹³³ DREYFUS H., *op. cit.*, p372.

¹³⁴ *Ibid.*, p399.

*fort malaisé de donner une représentation formelle aux faits qui constituent nos connaissances usuelles.*¹³⁵ »

Ainsi, l'étude d'Hubert DREYFUS tend à démontrer que la principale erreur de l'intelligence artificielle est de vouloir imiter l'humain. Car les hommes font preuve de formes de réactions non explicites. Face à une situation nouvelle, un être humain va percevoir les objets matériels comme déjà reliés entre eux et chargés de signification. De plus, il va pouvoir porter d'emblée son attention sur certains points significatifs d'un environnement donné alors que les machines doivent faire le tri pour trouver l'élément pertinent parmi les détails. Ainsi, l'humain percevrait le tout avant de le découper en particules élémentaires (si nécessaire) à l'inverse de ce qui est demandé à un ordinateur (considérer l'ensemble et par heuristique y repérer l'essentiel). Dès lors, ce qui est à tort dénommé une « intelligence » artificielle ne parvient pas à copier les processus cognitifs permettant à l'homme d'évoluer naturellement dans son environnement. Pour le philosophe Maurice MERLEAU-PONTY¹³⁶, l'homme dispose d'un corps qui le rend capable d'appréhender globalement, de manière efficace bien qu'essentiellement intuitive, l'énorme masse de données fournie par l'environnement. Cette différence fondamentale entre une perception formalisée par une méthode informatique et une perception « incarnée » s'appuyant sur des aspects intuitifs et sensoriels, marque l'impossible similitude entre deux formes d'« intelligence ». L'intelligence limitée, finie, de systèmes fonctionnant sur la base d'algorithmes, et celle d'un « *corps propre* [qui] *se dérobe dans la science même au traitement qu'on veut lui imposer* »¹³⁷. Pour l'heure, les travaux menés sur le *deep learning* en sont aux prémices de ce qui pourrait permettre de surmonter ces limites à l'avenir. Car comme s'interrogeait déjà Hubert DREYFUS en 1984, « un « *bébé ordinateur* » *pourrait-il faire ses débuts dans l'existence avec un stock de réactions indépendantes du contexte, puis apprendre progressivement ?* »¹³⁸

Quels que soient les espoirs permis par ces hypothèses, ceux-ci devront se confronter aux mythes et aux réalités de l'autonomisation. La guerre est une activité qui reste proprement

¹³⁵ McCARTHY J., « Epistemological problems of artificial intelligence », *Proceedings of the 5th international joint conference on Artificial intelligence*, vol.2, 1977, Cambridge, USA, p1038-1044, p1038.

¹³⁶ MERLEAU-PONTY M., *Phénoménologie de la perception*, 1945, Paris, Gallimard, 545p.

¹³⁷ *Ibid*, p100. Pour MERLEAU-PONTY, le « corps propre » est d'une réalité « *ambigüe puisqu'il se manifeste à la fois comme corps sensible et sentant, objet et sujet* », selon la thèse de Gül Cevahir Sahin Granade sur « *La phénoménologie du corps et de l'intersubjectivité incarnée chez Gabriel Marcel et Merleau-Ponty* ».

¹³⁸ DREYFUS H., *op. cit.* p373.

humaine. Elle comporte certes sa part de sciences, de technique et d'aspects modélisables, dont tirent parti les systèmes d'armes automatisés/autonomes. Mais elle comprend surtout une part « d'art », non encodable, qui fait appel à des capacités intrinsèques de l'homme : l'intuition, l'audace, le courage, etc. Il est erroné de croire que les données objectives, complétées « *d'extrapolations, de déductions [et] d'hypothèses par nature très probabilistes*¹³⁹ » vont réduire à zéro la part d'art dans la guerre « *lorsque le progrès scientifique aura comblé toutes les carences* ». En effet, « *tant que la guerre résultera d'un débat entre société et dirigeants, l'aspect « art » y restera prégnant. [...] Confrontée à la surprise, la machine se révèle intrinsèquement moins performante que l'homme*¹⁴⁰ ». Cette dimension non réductible de la place accordée à l'homme, confortée par les dérives imputables au manque de considération du facteur humain dans le développement des programmes d'armement, consacre ainsi « *la nécessité de penser ensemble le système d'armes, l'équipage et la mission.*¹⁴¹ ».

3. Une collaboration homme-machine optimisée

Cette activité « humaine » qu'est la guerre ne peut plus s'appuyer uniquement sur l'homme ou sur des systèmes automatisés, et les différents exemples cités démontrent le caractère parfois imparfait du tandem homme-machine. Ainsi la dernière partie de cette étude vise à proposer des conditions qui doivent impérativement être prises en compte si on veut maximiser le bénéfice d'avoir un opérateur humain pour des matériels autonomes. Pour autant, les pistes présentées favorisent une démarche plus anthropocentrée et ont des implications importantes pour les différents acteurs des programmes d'armement. Elles dessinent toutefois des perspectives envisageables d'amélioration globale de la collaboration homme-machine.

3.1. Redonner sa place à l'homme

Il ne s'agit ni de faire un plaidoyer contre les machines, ni de surévaluer les capacités de l'homme. Redonner sa place à l'homme dans la collaboration homme-machine c'est d'abord

¹³⁹ YAKOLEFF M, *Tactique théorique*, Paris, Economica, 2009, 702p, p30.

¹⁴⁰ *Ibid*, p31.

¹⁴¹ DUBEY G., MORICOT C., *La polyvalence du Rafale ou l'objet total*, op. cit, p18.

éviter les positions dogmatiques et rappeler les raisons objectives pour lesquelles il n'est pas souhaitable voire possible que l'homme soit situé complètement hors de la boucle de contrôle et de décision de la machine. De même, redonner sa place à l'opérateur, c'est considérer dès les premières phases le binôme homme-machine comme un tout. Un ensemble dont les relations et les interactions ne sont pas des éléments périphériques au système qu'il conviendra d'optimiser par des techniques d'ergonomie, mais plutôt le cœur du système, l'axiome de base sur lequel bâtir l'architecture globale qui permettra au système de réaliser efficacement la mission pour laquelle il a été conçu. Enfin, pour que l'opérateur ne soit pas le maillon le plus faible ou encore le facteur limitant du système, un effort devra être porté dès la conception sur l'optimisation de l'appropriation de la machine par l'homme.

3.1.1. De la nécessité de maintenir un opérateur

« La solution la plus « technologique » n'est pas forcément la meilleure. Par exemple dans le cadre du développement du Jaguar¹⁴², il a fallu batailler avec les ingénieurs et notamment grâce aux évaluations faites avec la STAT, pour leur faire admettre qu'un système de visée en voie jour était meilleur en « voie directe¹⁴³ » qu'en voie numérique. Outre des effets d'éblouissement et de baisse de performances des caméras numériques lors des phases de lever ou de coucher du soleil, le tireur « voit mieux » et distingue plus nettement la cible dans son environnement grâce à une simple lunette. »

Un cadre supérieur de Nexter.

En dépit du fait illustré ci-dessus montrant que la technologie n'est pas une garantie absolue d'efficacité, nous avons établi dans la première partie de cette étude que l'accompagnement des combattants par des systèmes de plus en plus autonomes était inéluctable. Certains, prompts à verser dans le technosensationalisme et dont se moque gentiment Joseph HENROTIN dans son article « Les robots de combat vont-ils massacrer l'humanité (et les petits chats) ? »¹⁴⁴, craignent de voir les robots remplacer les combattants. Mais la machine est encore loin d'être capable d'évincer complètement l'homme du champ de bataille. Outre le coût, trop élevé pour un Etat, d'investissements dans les technologies de rupture¹⁴⁵ liées à

¹⁴² Dénomination du futur char médian de l'armée de Terre française appelé à remplacer l'ERC90 SAGAIE et l'AMX10RC.

¹⁴³ Système de visée fonctionnant à l'aide d'un système classique de grossissement par lentilles.

¹⁴⁴ HENROTIN J., « Les robots de combat vont-ils massacrer l'humanité (et les petits chats) ? Sociologie d'un débat non-informé », *DSI*, n°132, novembre-décembre 2017, 112p, p76-82.

¹⁴⁵ Dwight D. EISENHOWER school, *op. cit.*, p19.

la pleine autonomisation¹⁴⁶ des systèmes, les limites ontologiques de l'intelligence artificielle décrites dans la partie 2.3. impliquent une impossible disparition de l'opérateur humain pour des raisons d'abord techniques. « *L'ordinateur, faute de corps et de milieu culturel propre pourrait ne jamais rivaliser avec l'être humain.* »¹⁴⁷. DREYFUS énonce encore qu'« *il semblerait bien qu'entre en jeu, dans toute conduite intelligente, des facultés humaines non programmables* »¹⁴⁸ car non formalisables. L'intelligence humaine, les facultés d'évaluation d'une situation et d'appréciation de la pertinence d'un choix tactique restent à ce jour hors de portée technique des machines. L'opérateur possède en effet cette capacité « *de porter d'emblée son attention sur un secteur particulier de son champ d'expérience* »¹⁴⁹ et d'y distinguer l'essentiel à sa prise de décision. Or le combat moderne, au milieu des populations, exige de la part des combattants une aptitude à discerner le potentiel de dangerosité de ce qui l'entoure, de discriminer parmi les personnes armées autour de lui lesquelles sont alliées, neutres ou des adversaires. Enfin, et là encore pour respecter les règles du Droit Humanitaire International (ex Droit des Conflits Armés), le combattant doit faire preuve de « proportionnalité » dans l'exercice de la violence pour éviter de causer des dommages collatéraux sans commune mesure avec le gain militaire obtenu. Et en ce qui concerne les principes de Distinction, comme de Proportionnalité, « *il n'est pas possible pour un robot d'effectuer l'analyse subjective du jugement humain, nécessaire pour prendre des décisions de juste proportionnalité* »¹⁵⁰. Ces subtilités tendent à établir que « *le processus de décision éthique n'est pas complètement algorithmique* »¹⁵¹, car « *dans les cas où il y a conflit de valeurs, le problème essentiel réside dans l'appréciation du poids respectif des valeurs en opposition* »¹⁵². Les limites techniques sont donc ici compensées par le rôle de l'opérateur et sa prise de responsabilité, y compris et surtout juridique. Car « *c'est bien [la] complexité et subtilité infinie des détails du contexte qui expliquent que le programme informatique (même s'il a bien implémenté les paramètres juridiques ou une logique évoluée pour les traiter) ne peut se substituer au décideur qu'il soit magistrat, médecin ou militaire.* »¹⁵³

Cette intelligence de contexte, dont on peut se demander si elle n'est pas l'apanage de l'homme, a été illustrée en 1972 par Eugene CHARNIAK alors qu'il rédigeait sa thèse sous la

¹⁴⁶ Voir le niveau 4 d'autonomie en 1.1.1. et la note 6.

¹⁴⁷ DREYFUS H., *op. cit.*, p404.

¹⁴⁸ *Ibid.*, p367.

¹⁴⁹ *Ibid.*, p381-382.

¹⁵⁰ DOARE R., HUDE H., *op. cit.*, p96.

¹⁵¹ *Ibid.*, p97.

¹⁵² *Id.*

¹⁵³ *Id.*

direction de Marvin MINSKY, fondateur du Groupe d'intelligence artificielle du Massachusetts Institute of Technology (MIT).

Aujourd'hui c'est l'anniversaire de Jack. Penny et Janet sont allés dans un magasin pour acheter des cadeaux. Janet s'est décidée pour un cerf-volant. « Surtout pas », a dit Penny. « Jack a déjà un cerf-volant. Il t'obligerait à le rapporter. »

Traduit de la thèse d'Eugene CHARNIAK¹⁵⁴

Comment expliquer que le pronom le se rapporte au nouveau cerf-volant, et non pas à celui que Jack possède déjà ? On ne peut le savoir sans connaissance des pratiques commerciales de notre société.

Aux obstacles techniques, et leurs effets juridiques, s'ajoutent des motivations déontologiques à la suppression pure et simple des opérateurs. En cas de situation litigieuse, n'est-ce pas le rôle de l'opérateur, sous la responsabilité de son officier supérieur, que de « lever l'indécision, [de] refuser ou accepter l'usage des armes dont est porteur le robot¹⁵⁵ » ? Si on veut maintenir aussi longtemps que possible la possibilité de stopper l'action en cours, la présence d'un opérateur est indispensable. Même dans le cas d'un système léthal disposant d'un mode de tir automatique, comme c'est le cas du SAMSUNG SGR-A1 à la frontière entre les 2 Corées, c'est bien l'opérateur qui « peut décider (mais il garde son pouvoir de revenir sur sa décision) d'opter pour un mode de réaction automatique¹⁵⁶ ». La machine qui remplit des objectifs fixés par l'homme ne peut donc être considérée indépendamment d'un opérateur. La présence de l'homme s'avère même de plus en plus nécessaire qu'il y a automatisation. « Tandis que la machine exécute souvent une action répétitive, programmée, l'homme intervient dans l'interprétation des actes de la machine, il en restitue la cohérence, il en rectifie parfois les défauts¹⁵⁷ ». C'est bien au militaire qu'est donné le droit d'utiliser la violence légitime pour si nécessaire tuer un ennemi, pas à la machine. Se passer d'opérateur serait remettre en cause les fondements de la spécificité militaire. Et comme le rappelle Noël SHARKEY, « nous serions probablement désespérants si nous renoncions, en tant que chefs

¹⁵⁴ CHARNIAK Eugene, *Toward a model of children's story comprehension* – 302p, sous la direction de MINSKY Marvin, Ph.D. thesis, Artificial Intelligence Laboratory, MIT, 1972, p12.

¹⁵⁵ DOARE R., HUDE H., *Op. cit.*, p96.

¹⁵⁶ *Ibid.*, p98.

¹⁵⁷ DUBEY G., MORICOT C., *La polyvalence du Rafale ou l'objet total*, *Op. cit.*, p40.

*et soldats dotés de compréhension et de compassion humaine, à notre responsabilité pour toute prise de décision de vie ou de mort sur le champ de bataille*¹⁵⁸ ».

Une autre raison « immatérielle » empêche pour l'instant l'éviction de l'opérateur et qui est observable dans le domaine civil : celui de la confiance. Même si le sujet évolue très rapidement, le déploiement de voitures autonomes sans chauffeur fait encore l'objet de débats en France¹⁵⁹. Bien sûr, cette confiance évolue avec l'usage et la téléopération fait par exemple désormais l'objet d'une confiance très bonne¹⁶⁰. Mais la situation est encore délicate au regard des engins létaux ou évoluant auprès des troupes au contact. Les lois d'Asimov¹⁶¹ ne restent après tout que des principes tirés d'un roman et les systèmes robotisés suscitent plutôt de la méfiance. On peut même observer une relation inversement proportionnelle entre la confiance et l'autonomie : l'augmentation de l'autonomie se traduit par une confiance plus faible dans le système¹⁶².

Les esprits et les comportements ne sont généralement pas prêts à « laisser la main » aux machines pour les sujets impliquant la vie des êtres humains. Bien que selon les américains, le nombre de personnes tuées lors des conflits a plutôt eu tendance à baisser avec le développement de machines de guerre toujours plus précises¹⁶³, il est généralement considéré comme immoral qu'une machine tue un homme. Les arguments éthiques les plus fréquents jettent ainsi l'opprobre sur les SALA, dont l'usage pourrait, selon leurs détracteurs, abaisser le seuil d'entrée en conflit puisque moins de vies humaines seraient en jeu.

Pour conclure sur la nécessaire présence d'un opérateur par un argument philosophique sur l'ontologie de la guerre, en dépit de l'avènement de l'intelligence artificielle, la bataille

¹⁵⁸ SHARKEY N., *op. cit.*, p63.

¹⁵⁹ NOGUEIRA D., « Les voitures autonomes circuleront partout en France dès l'année prochaine », *01net.com*, mis en ligne le 15 mai 2018, consulté le 26 juin 2018, URL : <https://www.01net.com/actualites/les-voitures-autonomes-circuleront-partout-en-france-des-l-annee-prochaine-1445607.html>

¹⁶⁰ C'est le cas des tourelleaux téléopérés chez les militaires ou du *cruise control* et du *park assist* dans l'industrie automobile.

¹⁶¹ Les Trois lois de la robotique, formulées par l'écrivain de science-fiction Isaac Asimov, sont des règles auxquelles tous les robots positroniques 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.

¹⁶² Dwight D. EISENHOWER school, *op. cit.*, p17.

¹⁶³ *Ibid*, p18.

restera un lieu de confrontation et de « dialectique des volontés », ignorées des robots, tout comme le courage, la résistance désespérée et le libre arbitre.

3.1.2. Replacer l'homme au cœur du système

Si l'opérateur est nécessaire, encore faut-il que l'armement lui soit adapté. C'est le sens de « l'axiome de base » selon lequel la relation homme-machine est le point de départ de la conception et non un corollaire périphérique de fin de programme. Plutôt que de définir initialement des fonctions du système et d'y intégrer ensuite des normes d'ergonomie, il semble plus pertinent d'établir en premier lieu les conditions de la meilleure relation homme-machine et ensuite d'en déduire quelle architecture permettra la meilleure atteinte des objectifs assignés au système. Adapter les armements aux hommes et non l'inverse est même devenue dans certains cas une exigence de l'opinion publique. Ainsi, après l'embuscade d'Uzbin qui causa 10 morts parmi les soldats français en août 2008, une polémique a éclaté à propos du matériel dépassé et inadapté équipant les troupes déployées.

Cela ne signifie pas pour autant que tous les programmes d'armement doivent obéir à une approche anthropocentrée. « *Plus une arme ou un équipement est stratégique, plus la place laissée à l'homme est faible ; plus l'arme ou l'équipement est tactique, plus la primauté est donnée à l'homme. Il serait illusoire, voire dangereux, d'exiger par exemple que le missile nucléaire M51 obéisse à une approche anthropocentrée*¹⁶⁴ ». D'autant que le choix d'une démarche anthropocentrée n'est pas sans conséquences. Elle exige des expérimentations, des validations par les Forces beaucoup plus poussées et fréquentes que la démarche technocentrée qui bénéficie davantage des outils de simulation. Mais il semble intuitivement admissible que pour optimiser la gestion des systèmes d'armes dans une accélération du tempo de la bataille, il faut encore plus qu'avant faire « corps » avec la machine, utiliser au maximum ses sens afin de concentrer l'esprit sur le discernement et la prise de décision. C'est cette logique qui a guidé le développement de l'ergonomie très poussée du Rafale. A tel point que les pilotes parlent d'un avion « naturel¹⁶⁵ » et vantent ses mérites d'ergonomie générale,

¹⁶⁴ CHEAR, *op. cit.*, p47.

¹⁶⁵ DUBEY G., MORICOT C., *La polyvalence du Rafale ou l'objet total*, *op. cit.*, p49.

de confort d'utilisation au plan proprioceptif, de lisibilité de l'interfaçage et d'usage des commandes¹⁶⁶.

Considérer l'homme comme une composante à part entière du système revient à prendre en compte ses spécificités et notamment le fait que les êtres humains ne se rapportent pas à leur environnement à la manière dont les ordinateurs traitent l'information. « *Ils produisent des significations de leur environnement, en fonction d'une expérience pluridimensionnelle, marquée par un ancrage à la fois social, historique et corporel*¹⁶⁷ ». A titre d'illustration, les tachymètres digitaux peuvent être considérés comme une aberration : il est plus rapide de repérer dans l'espace une aiguille qui indique la vitesse sur un cadran plutôt que de lire, puis d'interpréter un nombre qu'on situera ensuite dans une échelle de valeurs. Gérard DUBEY explique que pour les pilotes, « *l'emplacement, la configuration spatiale des artefacts dans le cockpit, est déterminant dans le processus d'élaboration d'une connaissance commune. Le pilote ne traite pas l'information qui s'affiche à la manière d'un lecteur ou d'un ordinateur (en se la représentant mentalement), il la saisit d'un simple coup d'œil, à partir de données purement perceptives et objectives (comme la couleur de l'aiguille par exemple). Cela [revient], in fine, à reconnaître le caractère incarné du mode de présence au monde des humains*¹⁶⁸ ».

Mais cette aisance sensorielle ne doit pas faire oublier d'autres facettes plus négatives de la démarche anthropocentrée. Premièrement, le risque de surconfiance et d'incapacité à détecter et apprécier la réalité des pannes. Car l'intimité rapidement acquise avec le système requière en contrepartie d'être davantage à l'écoute des signes indicateurs de problèmes et de se forger une compréhension des « dessous » du système.

*Piloter le Rafale demande une plus grande connaissance du système qui va quelque part à l'encontre du concept dont je rappelle qu'il avait pour objectif d'alléger la charge de travail. En fait ça l'alourdit, car il faut connaître tous les cas qui sont derrière. C'est d'autant plus insidieux que, comme on effectue moins d'actions, on est mis hors de la boucle.*¹⁶⁹

Un pilote de Rafale

¹⁶⁶ A titre d'exemple, chacun des 37 boutons qui figurent sur les deux manches et permettent d'activer par une simple pression des doigts les principales fonctions de l'avion offrent un ressenti différent au toucher. Leur surface est lisse, rayée ou granulée, leur forme ronde, anguleuse ou pointue et leur résistance à la pression différenciée (DUBEY G. *op. cit.*).

¹⁶⁷ DUBEY G. *op. cit.*

¹⁶⁸ *Id.*

¹⁶⁹ *Id.*

Enfin, et pour terminer cette description objective des implications de « l'homme dans le système », Gérard DUBEY pointe cette contradiction épistémologique de la démarche anthropocentrée qui fait « *apparaître l'humain comme un capteur de plus au sein du dispositif technique. Un capteur sensoriel, certes, mais au final, un « instrument pour les instruments » pour reprendre la terminologie de Gunther Anders analysant le phénomène d'obsolescence de l'homme dans un monde fortement automatisé (Anders, 1956) »*¹⁷⁰.

3.1.3. Faire l'effort sur l'appropriation du système

Faire de l'homme l'angle d'approche par lequel un système d'armes doit être conçu n'est certes pas exempt de contraintes mais permet néanmoins de maximiser le bénéfice d'avoir un opérateur pour un système automatisé/autonome. Entre la phase de conception anthropocentrée et celle de l'utilisation en situation opérationnelle, le défi majeur – et peut-être principal – pour l'opérateur réside dans l'appropriation efficace du système. Comme le rappelle Sophie LEFEEZ¹⁷¹, l'emploi de matériels automatisés semble certes une bonne option pour les armées modernes car l'entraînement s'en retrouve réduit. Cela est parfait pour des recrues qui doivent être capables d'utiliser une palette de moyens variés en moins de temps qu'auparavant et dans une période de contraintes budgétaires défavorables aux longs entraînements coûteux. Mais le gain de temps se fait au prix de la baisse de l'adaptabilité des soldats. Et citant Gilbert de Terssac¹⁷², Sophie LEFEEZ souligne que le travail ne se limite pas à la mise en œuvre de processus, mais aussi à la gestion de l'environnement dans lequel l'action s'effectue. Dès lors, il apparaît que l'apprentissage et l'entraînement par le truchement de la simulation sont insuffisants pour rendre compte de cet environnement et exigent au contraire une manipulation réelle et la constitution d'une expérience. Par exemple, utiliser des équipements pour autre chose que ce pourquoi ils ont été prévus demande de se les être fortement appropriés (comme d'utiliser un missile anti-char contre une grotte). De la même manière, observer un tir de JAVELIN et se limiter à la simulation ne suffit pas : il existe un besoin ressenti de s'approprier le système d'armes par le corps¹⁷³. La simulation possède en soi des avantages : lors des formations, celle-ci permet d'apprendre aux opérateurs à faire confiance aux automatismes et est idéale pour s'entraîner aux procédures.

¹⁷⁰ *Id.*

¹⁷¹ LEFEEZ S., *op. cit.*, p55.

¹⁷² De TERSSAC G., « L'implicite et le décrit », *Projet*, n°236, 1993, pp19-20.

¹⁷³ LEFEEZ S., *op. cit.*, p53.

Je n'ai moi-même jamais piloté, mais mon travail consiste à connaître et faire appliquer la procédure aux pilotes. Et pour cet apprentissage, la formation que j'ai reçue est suffisante.

Un formateur à l'outil de simulation des avions-ravitailleurs de la base d'Itsres

Mais les séances de simulation ne sont vraiment profitables que si les opérateurs possèdent en plus une certaine expertise, acquise au gré du maniement du système d'armes. Pour COLLINS et EVANS, « l'expert » est celui qui a appris à faire des liens entre des événements apparemment disparates, grâce aux différentes manipulations qu'il a effectuées et qui sont les fondements de son expérience transformée en expertise. Ainsi, « l'appropriation » ne doit pas être prise dans une acception de « propriété » mais plutôt dans le sens d'un apprentissage et d'une incorporation au sein d'un groupe d'opérateurs. Ces deux auteurs définissent l'expertise interactionnelle comme une connaissance fluide qui se base principalement sur les connaissances tacites et les expériences de contact¹⁷⁴. L'expertise contributive individuelle, quant à elle, est une connaissance cristallisée, qui intègre à la fois des compétences acquises formellement, des compétences acquises au travers de pratiques effectives sur l'objet et des connaissances tacites partagées par un même groupe de spécialistes¹⁷⁵. En d'autres termes, l'expertise interactionnelle serait la résultante d'apprentissage par contacts tandis que l'expertise contributive serait le fruit d'une enculturation effective nécessitant une relation actualisée et importante sur l'objet¹⁷⁶. Il ressort de la notion « d'expert » que l'appropriation est un phénomène qui peut être très long et nécessiter pour des systèmes conçus de manière anthropocentrés l'acquisition d'une certaine expertise via des cycles d'essais-erreurs. Mais cette démarche d'appropriation est pourtant nécessaire pour que l'opérateur puisse faire preuve d'agilité et d'adaptabilité. Pour DUBEY et MORICOT, plus qu'une adaptation, l'appropriation est la capacité à opérer dans un rapport de familiarité aux choses. Et pour cela, il y a une intelligence du corps qui permet de se mouvoir dans le réel. Car le corps est le médiateur de notre rapport au monde, notre outil de connaissance du monde¹⁷⁷. La dimension physique des sens est donc profondément liée à la notion d'appropriation.

Par ailleurs, puisqu'il s'agit de développer un rapport de familiarité au système considéré, il convient de se demander si on peut avoir une connaissance intime de ce qu'on ne comprend

¹⁷⁴ COLLINS H., EVANS R., *Rethinking Expertise*, Chicago and London: University of Chicago Press, 2007, 176p, p30 et 34.

¹⁷⁵ *Ibid.*, p60.

¹⁷⁶ *Ibid.*, p35 et 73.

¹⁷⁷ DUBEY G., MORICOT C., *La polyvalence du Rafale ou l'objet total*, op. cit., p37.

pas. L'opacité n'est-elle pas dans une certaine mesure un obstacle à l'appropriation ? En outre, sur le plan de la perception, « *ne sont appropriables que les objets dans lesquels on peut se reconnaître. Autrement dit, un pilote ne peut faire sien un avion qui ne lui renverrait pas son identité de pilote*¹⁷⁸. » C'est ici l'opacité fonctionnelle qui s'oppose à la pleine appropriation du système. Enfin, il convient de rajouter que l'enjeu essentiel de toute innovation technique est son appropriation dans une culture préexistante au système.

Ainsi, l'appropriation, enjeu de l'introduction de nouveautés technologiques, pourrait donc se résumer, en tenant compte de ce qui a été décrit jusque-là, par la nécessité de :

- **Expérimenter le système (par la formation, l'entraînement et la simulation) ;**
- **Ressentir le système (effort sur la dimension physico-sensorielle) ;**
- **Comprendre le système (en réduire l'opacité) ;**
- **Donner un sens, valoriser la part de l'action de l'opérateur ;**
- **Inscrire la collaboration homme-machine dans une histoire, une continuité vis-à-vis des systèmes antérieurs et des traditions/expériences des « corporations » d'opérateurs.**

Parmi les clés de la maximisation du bénéfice d'avoir un opérateur pour des matériels de plus en plus autonomes figurent donc la bonne appropriation de son outil, l'appréhension de sa mission et de son environnement. L'apport des technologies automatisées ne doit ainsi pas se faire au détriment d'un des atouts majeurs de l'opérateur : sa capacité à sentir l'adversaire et à se mettre à sa place. L'intuition, l'empathie, le « sens du terrain » comme le « sens de l'air » des pilotes ou le « sens marin » peuvent être certes perçus comme source de risque pour la logique des ingénieurs mais surtout et plutôt comme un avantage décisif dans une lutte entre combattants. L'attention portée aux « sens » constitue une des pistes développées ci-après permettant d'optimiser la collaboration homme-machine.

3.2. Éléments d'optimisation de la collaboration homme-machine

Puisque l'homme doit être considéré comme un des éléments du système, il convient de le caractériser lors des phases de définition puis de développement d'un programme d'armement. Cette caractérisation ne se limite pas à des données de morpho-types mais

¹⁷⁸ *Id.*

gagnerait à prendre en compte trois dimensions majeures dans lesquelles s'inscrit l'opérateur. En gardant à l'esprit que l'opérateur est un objet physique du système, mais de surcroît doté de sens, s'inscrivant dans un contexte d'interactions sociales et d'actions possédant leurs dynamiques temporelles propres, il doit être possible d'améliorer la façon dont sont conçus les systèmes autonomes, la façon dont ils sont employés et l'efficacité du tandem homme-machine

3.2.1. La dimension physico-sensorielle : le corps comme interface avec le monde

« Le passage de l'analogique (mécanique) au numérique (et de l'échelle décimale à l'échelle binaire) se caractérise en effet par la transformation d'un message en un code préétabli qui ne lui ressemble en rien et que seuls sont capables de déchiffrer les machines et ceux qui les programment. Cela représente une discontinuité majeure avec la phase analogique antérieure dans laquelle, par le biais des sensations et des retours d'efforts, l'opérateur se trouvait de plain-pied dans la réalité qu'il interprétait.¹⁷⁹ »

A en croire certaines interprétations de la thèse de la requalification¹⁸⁰, le passage à l'ère du numérique et de la robotique, synonyme de progrès, s'appuie davantage sur les qualités intellectuelles des opérateurs que sur leurs compétences techniques et manuelles, connotées comme inférieures. C'est pourquoi Gérard DUBEY note que cela revient à admettre que *« le travail gagnerait en dignité à mesure qu'il s'émanciperait des activités impliquant davantage le corps, autrement dit, à minorer le rôle des sens dans la production de connaissances.¹⁸¹ »* Pourtant les sens peuvent au contraire être les meilleurs éléments de compréhension d'une situation. Par exemple, il suffit d'entendre un ronronnement inhabituel de son réfrigérateur pour estimer qu'il est très probablement en panne. Nul besoin de le passer sur un banc d'essai ! Mauss cite Halbwachs en disant que *« l'homme est un animal qui pense avec les doigts¹⁸² »*. Sa relation avec la machine et avec le monde ne passe pas que par l'intellect mais passe bien aussi par le corps. Or pour DUBEY et MORICOT, *« le processus*

¹⁷⁹ DUBEY G. *op. cit.*

¹⁸⁰ Cf §2.2.2

¹⁸¹ DUBEY G. *op. cit.*

¹⁸² MAUSS M., *Techniques, technologies et civilisation*, Paris, Presses Universitaires de France, 2012, 504p.

d'autonomisation tend à évincer le corps de l'Homme. Sa présence intellectuelle continue d'être requise tandis que son corps est de plus en plus contraint à l'immobilité¹⁸³ ».

Un premier axe d'amélioration du développement des programmes de systèmes collaboratifs homme-machine devrait ainsi consister en la reconnaissance de l'importance des sens dans le rôle de l'opérateur. Mais pour cela, il faut d'abord en convaincre des ingénieurs peu enclins à considérer les aspects sensoriels et encore moins émotionnels comme des éléments clés du système homme-machine. Pourtant, en s'appuyant sur le cas concret de « Phinéas Gage », António DAMÁSIO démontre le rôle des émotions dans la relation qu'entretiennent le corps et le cerveau dans la perception des objets et donc dans la prise de décision¹⁸⁴. A la suite d'un accident d'explosif, Gage, travailleur sur les chemins de fer de l'Ouest américain, eut le crâne transpercé par une barre à mine. Gage sortit miraculeusement vivant de ce drame, mais en changeant radicalement de personnalité : l'homme qui était apprécié et respecté avant l'accident devint, à la suite de celui-ci, asocial et très mal habile dans ses choix de vie. Pour DAMÁSIO, le « cas Gage » illustre comment une lésion dans une zone temporale gérant les émotions a un impact direct sur la capacité de bien programmer ses actions dans l'avenir, de se conduire adroitement en fonction des règles sociales antérieurement apprises et enfin de faire des choix susceptibles d'être plus avantageux pour sa survie. Ainsi, les sens, l'émotion et l'intuition pourraient être des gages de survie ou d'efficacité dans l'usage des systèmes autonomes. « *On ne peut pas piloter sans son corps !*¹⁸⁵ » rappelle G. DUBEY. Même sur nos véhicules personnels, les sensations sont prises en compte avec la nouvelle direction assistée progressive¹⁸⁶. Dans le cas du vol Rio/Paris¹⁸⁷ : « *une note émanant de la principale organisation internationale de pilotes de ligne (IFALPA, 2012) et tirant les conclusions de l'accident survenu au vol AF 447 Rio/Paris, pointe le déficit d'informations sensorielles comme l'un des facteurs ayant pu contribuer à la perte de contrôle de l'appareil*¹⁸⁸ ». Au-delà du problème médiatisé des sondes pitot gelées, les pilotes ont été directement mis en cause. Le constat a été celui d'un manque de cohésion de l'équipage, d'un effet de panique, de désorientation et de confusion totale. Ainsi on peut dire que les systèmes automatisés, s'ils sont, il est vrai, la cause d'accidents de plus en plus rares, créent toutefois des cas d'une

¹⁸³ DUBEY G., MORICOT C., *La polyvalence du Rafale ou l'objet total*, op. cit., p72.

¹⁸⁴ DAMASIO A., *L'erreur de Descartes : la raison des émotions*, Paris, Ed. O. Jacob, 1995, 368p'

¹⁸⁵ DUBEY G. op. cit.

¹⁸⁶ Direction assistée offrant beaucoup de souplesse à faible vitesse pour faciliter les manœuvres, mais qui offre plus de résistance à haute vitesse pour éviter des coups de volant trop brutaux.

¹⁸⁷ Vol 447 d'Air France qui s'est abîmé en mer le 1^{er} juin 2009.

¹⁸⁸ DUBEY G. op. cit.

nature nouvelle. Pour le vol Rio/Paris, les analyses des boîtes noires ont permis d'observer, dans une situation de crise, un « découplage » entre la machine et l'humain où chacun agit ensuite indépendamment l'un de l'autre selon sa propre « logique ». Le sentiment de « déprise » est total. L'une des premières mesures après cet accident a d'ailleurs été de réintroduire un module de vol à voile pour les pilotes d'Air France. L'intérêt de « ressentir » et d'avoir déjà opéré « en prise directe » paraît donc essentiel. **L'hypothèse peut se résumer ainsi : par la manipulation et le « pilotage » en voie directe, les opérateurs s'approprient les sensations d'évolution du système dans son environnement et, lorsqu'ils ont affaire à un système automatisé, mobilisent leur expérience passée et la réinjectent dans le pilotage à distance (drone, robot sous-marin, etc.).** Parallèlement au phénomène inéluctable d'automatisation/autonomisation s'érige donc la nécessité d'en revenir aux sens.

Car « *l'automatisation participe au processus qui rend le corps immobile, contraint, effacé* » comme l'énonce Gérard DUBEY. Prenons l'exemple des pilotes de drones : le corps reste d'une certaine façon mobilisé par le circuit visuel inlassable de vérification des écrans et des données. Mais en cas de perte de contrôle (rupture de transmission de données), l'opérateur est impuissant. L'opérateur et plus généralement l'homme sauront-ils se satisfaire de cette impuissance ? Se pourrait-il que soudain l'Homme parvienne à s'arracher au désir de puissance suscité par le dualisme Sujet-Objet¹⁸⁹ ? Sans doute, non. C'est pourquoi sont apparus une nouvelle génération d'artefacts technologiques ayant pour objet le branchement direct du corps sur les environnements numériques et qui contribuent, dans une certaine mesure à une meilleure collaboration entre les hommes et les machines. Ainsi, dans l'hélicoptère Tigre, la désignation et le traitement des cibles s'effectuent au travers de l'asservissement du canon à la visée du casque. Cette technologie s'appuyant et augmentant les sens est facteur d'efficacité dans la mission et dans la communication entre le pilote et le tireur¹⁹⁰. Pour le cas du Rafale, les capacités sensorielles du corps humain semblent avoir été prises en compte et intégrées très en amont dans le processus de conception¹⁹¹. « *Cela concerne aussi bien la lisibilité des interfaces et les commandes [...] que la position du corps dans le poste qui atténue considérablement le facteur de charge. Plutôt qu'évacué par les dispositifs de traitement de l'information, le corps est donc sollicité de manière nouvelle*¹⁹² ».

¹⁸⁹ DUBEY G., MORICOT C., *Dans la peau d'un pilote de chasse, op. cit.*,

¹⁹⁰ ERBLAND B., *Dans les griffes du Tigre : récits d'un officier pilote d'hélicoptère de combat en Afghanistan et en Libye, février-octobre 2011*, Paris, les Belles Lettres, 2013, 101p, p10.

¹⁹¹ DUBEY G., MORICOT C., *La polyvalence du Rafale ou l'objet total, op. cit.*, ch.2, p49.

¹⁹² DUBEY G. *op. cit.*

L'ergonomie des interfaces ou le confort d'utilisation sont vécus alors comme un palliatif à la perte d'autonomie vécue¹⁹³. Les ingénieurs tenteraient donc d'influer sur le sentiment de déprise avec des « simulacres de prises », même si la « reprise en main » au sens propre n'est pratiquement plus possible. « *La main se referme, somme toute, sur une réalité déjà préformée. Ce sont bien les algorithmes qui transmettent désormais les directives à l'avion.*¹⁹⁴ » Dès lors, l'équilibre entre sentiment de déprise et assistance au pilotage calibrée au juste degré est éminemment compliqué à saisir. A ce sujet, les philosophies diffèrent selon les constructeurs. Ainsi lorsqu'Airbus opte pour une automatisation complète de ce qui constitue le « pilotage » et l'assume en ne laissant plus au pilote qu'un joystick sur un accoudoir, Boeing préfère coupler ses systèmes automatiques à un « volant » comme dans les anciens modèles. Cela a au moins la vertu pour le copilote de maintenir une vision latérale de ce que fait le pilote et donc potentiellement de « reprendre la main » plus aisément en cas de besoin. **On peut donc établir une autre hypothèse selon laquelle le point d'équilibre recherché pour une collaboration optimale homme-machine est obtenu lorsque le système permet de maintenir un croisement d'informations entre celles qu'il fournit et celles obtenues du « réel ».** L'intérêt étant de réduire le risque de déréalisation diffusé par la représentation « calculée » du réel fournie par les automatismes. Toutefois, bien que la prise en compte de la dimension physico-sensorielle constitue bien une première étape clé de l'amélioration de la collaboration homme-machine, il convient d'en peser les effets avec prudence. A l'instar des effets pervers de la bureaucratie décrits par Michel CROZIER, l'introduction de ces artefacts nous rend prisonniers d'un « cercle vicieux numérique »¹⁹⁵. Car « *si le corps est directement connecté au milieu technique ambiant,[...] le fait est que le système d'information figure de plus en plus comme le véritable sujet de l'action*¹⁹⁶ ». Ainsi, comme le résumait DUBEY et MORICOT, à travers son corps, c'est la place de l'homme

¹⁹³ *Id.*

¹⁹⁴ *Id.*

¹⁹⁵ Michel Crozier dans *Le phénomène bureaucratique* montre que l'organisation bureaucratique est génératrice d'un effet pervers majeur. Il l'appelle le « cercle vicieux bureaucratique ». Au sein de la bureaucratie, chacun cherche à accroître son pouvoir au détriment des autres individus en essayant de contrôler les zones d'incertitudes qu'engendre le fonctionnement bureaucratique. Pour ce faire, les individus cherchent à faire adopter des règlements qui augmentent leur propre autonomie. L'amplification de ces réglementations paralyse peu à peu le fonctionnement bureaucratique.

Source : CROZIER M., *Le phénomène bureaucratique: essai sur les tendances bureaucratiques des systèmes d'organisation modernes et sur leurs relations en France avec le système social et culturel*, Paris, Edition du Seuil, 1971, 382p.

¹⁹⁶ DUBEY G. *op. cit.*

dans les dispositifs socio-techniques dont il s'agit. D'une pratique physique, l'automatisation est venue bouleverser le pilotage et l'idée que les pilotes se font de leur métier¹⁹⁷.

En plus de réinvestir avec précaution le champ des sensations pour optimiser l'appropriation et la collaboration homme-machine, la conception des systèmes automatisés/autonomes ne doit donc pas exclure de l'équation l'aspect social du travail de l'opérateur. Car l'opérateur met en œuvre et contrôle le système d'armes pour produire des effets, visant à atteindre des buts, au profit de la mission ou d'autres personnes ou systèmes, le tout dans un environnement où il n'évolue pas seul. Le couper de ces finalités, c'est le couper de ce qui l'anime en tant qu'opérateur. « *L'une des caractéristiques des machines cybernétiques est d'avoir disjoint le sens (l'attribution d'une finalité) des sens.*¹⁹⁸ »

3.2.2. La dimension sociale d'altérité et de sens donné au travail

Le caractère anthropocentré de la conception des systèmes d'armes développé en 3.3.1. a rappelé que l'homme n'était pas qu'un « volume » à intégrer mais que la prise en compte de ses caractéristiques sensorielles et émotionnelles était facteur d'optimisation de sa relation à la machine. De la même façon, l'homme n'est pas un être dégagé de rapports sociaux dans son travail. L'ignorer ou l'oublier a un impact direct sur la façon dont on se représente le rôle de l'opérateur et donc sur la façon dont est développé le système. Or « *ce rapport à l'altérité dans ce qu'elle comporte de plus radical et d'intraitable mérite sans doute d'être davantage pris en compte dans l'examen des projets technologiques actuels*¹⁹⁹ ». En effet, même dans le cas des systèmes automatisés/autonomes, il sera question pour l'opérateur d'établir une relation avec l'Autre, qu'il s'agisse de la machine par l'intermédiaire de commandes (éventuellement vocales), de collègues partageant la même expérience parfois anxiogène voire traumatisante ou encore des acteurs sur lesquels l'action du binôme homme-machine agit (troupes au contact, adversaire et/ou population). Ces « destinataires » sont particulièrement importants pour donner un sens au travail collaboratif : savoir pourquoi et surtout pour qui l'opérateur agit. Car même aux commandes de machines modernes, c'est la

¹⁹⁷ DUBEY G., MORICOT C., *La polyvalence du Rafale ou l'objet total*, op. cit, p36.

¹⁹⁸ DUBEY G. op. cit.

¹⁹⁹ Id.

relation humaine qui prime sur la relation homme-machine et dont les liens font la force d'une unité²⁰⁰.

Le champ social du rapport de l'Homme à son travail est ainsi réelle une piste d'amélioration : donner un sens à son action (à quoi ça sert ?), comprendre le mécanisme qui sous-tend l'action en réduisant l'opacité du système (comment ça marche ?) et valoriser l'action en ne la limitant pas à une simple supervision du système (à quoi je sers ?). La perception du rôle de l'opérateur est d'autant plus essentielle qu'elle a tendance à se diluer avec l'essor des automatismes. En effet, le combat revenait jusqu'alors à « *s'engager dans un rapport singulier et absolu à l'altérité* »²⁰¹. Tandis qu'aujourd'hui il est marqué par une dévitalisation de l'expérience mais aussi par la quasi-impossibilité de se distinguer des autres opérateurs. Les pilotes répètent ainsi à l'envie « *qu'avec le Rafale, il n'y a plus de bons pilotes, mais de bons ou de mauvais gestionnaires (du système technique, de l'automatisation)* »²⁰².

On en arrivera d'ailleurs peut-être à brider comme en Formule 1 les automatismes, car ça détruisait le spectacle... Enfin, le fait est qu'il n'y a plus de bons pilotes. Il y a des gestionnaires, des pilotes de drones.

Un pilote de Mirage 2000D²⁰³

Ces éléments de questionnement des opérateurs mériteraient ainsi d'être intégrés ou pour le moins connus des concepteurs de systèmes de collaboration homme-machine. Ces ingénieurs ont pour objectif de développer des systèmes autour desquels graviteront des hommes aux rôles différents, aux perceptions différentes de ce qu'est le réel de leur travail (le réel de l'ingénieur, de l'opérateur, du maintenancier, du chef d'unité) et à l'appréciation différente de leurs rôles respectifs les uns par rapport aux autres.

Pour rendre plus palpable la réponse à la question « à quoi ça sert », concepteurs et employeurs devraient dans un premier temps s'employer à réduire « l'opacité fonctionnelle » dans laquelle évolue le binôme homme-machine. Le principe est de s'attacher à donner davantage de visibilité aux effets produits par l'homme au sein du binôme homme-machine. Il convient d'éviter que l'opérateur ne se limite à être un « valideur » mais soit à l'origine d'une action, d'un effet qui ait du sens. Car donner du sens à ce que l'on fait est valorisant et

²⁰⁰ ERBLAND B., *op. cit.*, p91.

²⁰¹ DUBEY G., MORICOT C., *Dans la peau d'un pilote de chasse, op. cit.*

²⁰² DUBEY G. *op. cit.*

²⁰³ *Id.*

stimulant pour l'opérateur. C'est à la fois source de reconnaissance et générateur de compétences qui peuvent être mises en avant voire transposables dans d'autres métiers, d'autres milieux. Donner du sens à son activité, c'est aussi permettre d'appréhender son environnement, ses collègues. C'est faire en sorte qu'ils s'inscrivent dans le schéma d'emploi du système d'armes afin que ce dernier ne produise pas des effets complètement déconnectés du réel et de leurs « bénéficiaires ». L'opacité fonctionnelle est donc d'abord une affaire de perception.

Mais la réglementation est elle aussi un facteur potentiellement source d'éloignement entre l'opérateur et le but recherché. Pour les technologies modernes et tout particulièrement les systèmes autonomes, une évolution de la place accordée à « la règle » pousse celle-ci à devenir omniprésente et à restreindre le champ des possibles. Pour le pilote, par exemple, le respect de la règle normative en vient à l'emporter sur le but à atteindre dans l'ordre des priorités. « *Procédure et action sont dissociées. Les cadres normatifs semblent prendre le pas sur l'action, ou plutôt s'articuler autrement à elle.*²⁰⁴ »

Sur les avions modernes, on colle davantage aux textes... On va vérifier la conformité à toutes les procédures, mais pas les actions réelles des pilotes, un peu comme dans la justice civile. Au final, les gens sont plus autonomes et plus responsables sur Jaguar.

Un pilote de Jaguar²⁰⁵

Une autre piste pour optimiser le sens donné au travail est celle de la réduction de l'opacité technique. Elle s'appuie sur l'hypothèse qu'en comprenant a minima comment la machine fonctionne, l'opérateur est tout d'abord capable de vérifier qu'elle fonctionne bien. Ensuite, il gagne en adaptabilité car il peut se permettre d'employer la machine dans une situation inédite : en en connaissant parfaitement les mécanismes et les effets, il dispose des ressources pour utiliser le système dans une configuration inhabituelle. Enfin, la capacité à comprendre et à expliquer à une tierce personne les principes de base de fonctionnement du système d'armes qu'il sert confère un réel statut d'opérateur, digne de reconnaissance et implique pour l'opérateur de (re)connaître sa part de responsabilité dans l'effet final produit par le système. Cette notion est peut-être davantage nécessaire avec les systèmes automatisés, moins aisément intelligible par le commun des mortels, qu'un système analogique ou mécanique des générations précédentes. Pour résumer, il s'agit de connaître suffisamment le fonctionnement du système pour l'utiliser au mieux. Car pour les systèmes d'armes

²⁰⁴ *Id.*

²⁰⁵ *Id.*

autonomes, « *en amont de l'engagement, il est important que les officiers [et les opérateurs ?] connaissent les contenus précis des logiciels éthiques intégrés dans les robots armés pour qu'ils puissent en percevoir la portée mais aussi et surtout les limites (car une trop grande confiance dans les capacités d'un ordinateur peut avoir des conséquences dramatiques)*²⁰⁶ ».

Une dernière piste consisterait à réduire l'opacité environnementale afin d'améliorer la clarté du positionnement de l'opérateur dans la chaîne des actions, des effets, des buts. Comme évoqué plus haut lorsqu'il s'agit de répondre à la question « pour qui ? », offrir la possibilité d'établir un contact direct avec l'unité amie bénéficiaire est déjà en soi une capacité clé pour que l'action de l'opérateur ne soit pas décorrélée de sa finalité. Cela entretient à la fois la motivation de l'opérateur et exige de lui lucidité et responsabilité. Il est ainsi en mesure de comprendre « à quoi ça sert ». Mais pour qu'il agisse de manière la plus efficace et sans entraves intellectuelles, il convient au préalable de préciser le cadre juridique d'emploi des systèmes autonomes de façon à ce que l'opérateur n'ait pas à s'interroger sur la légalité de son action. Dès lors et pour éviter de le « brider », une certaine transparence juridique doit accompagner l'action de l'opérateur et poser clairement les différentes responsabilités. Si dans le cas des machines téléopérées, « *l'opérateur est individuellement responsable des actions de sa machine, son supérieur, des ordres donnés à l'opérateur et l'Etat du déploiement et de l'emploi de cette arme* »²⁰⁷, dans le cas des machines plus « autonomes », c'est le « *degré d'autonomie [...] qui va influencer sur la responsabilité juridique des acteurs de la robotisation militaire* »²⁰⁸. Cet aspect juridique est probablement amené à prendre une place de plus en plus importante et est incontournable pour réduire l'opacité de l'environnement dans lequel l'opérateur évolue. « *Dès lors que le robot deviendra de plus en plus autonome, l'établissement d'un protocole de relation entre le robot et le soldat en opération serait indispensable, au moins pour déterminer la part d'autonomie décisionnelle du robot. [...] Le cas d'un règlement de conflit d'appréciation entre le robot et le soldat devra être pris en compte et tout cela dans un contexte de tension forte, lors d'un combat militaire ou d'une intervention de maintien de l'ordre public.* »²⁰⁹

²⁰⁶ DOARE R., HUDE H., *op. cit.*, pp98-99.

²⁰⁷ DIH, titre III, Méthodes et moyens de guerre ; statut de combattant et de prisonnier de guerre, Section I : Méthodes et moyens de guerre ; Article 36 du protocole I additionnel aux Conventions de Genève de 1949 : Armes Nouvelles

²⁰⁸ DOARE R., HUDE H., *op. cit.*, p122.

²⁰⁹ *Ibid.*, p172.

En somme, l'amélioration de la prise en considération des dimensions sociales d'altérité et de sens donné au travail trouve son application dans la conception des systèmes, mais aussi l'organisation des forces, les concepts d'emploi, la formation et l'acculturation des opérateurs, les procédures opérationnelles et le cadre juridique d'emploi du système. Les ingénieurs ne sont ainsi plus les seuls concernés, mais bien aussi une large part des acteurs du développement et de l'emploi des systèmes d'armes si l'on veut maximiser le bénéfice d'avoir un opérateur humain pour les systèmes autonomes. D'ailleurs pour ancrer complètement ces systèmes dans le réel de ce qu'est le travail d'opérateur, une dernière dimension, prolongation des deux précédemment étudiées, doit être gardée à l'esprit lors de la conception de ces systèmes : celle du temps dans lequel s'inscrit l'expérience physico-sociale de la collaboration homme-machine.

3.2.3. La dimension temporelle dans laquelle s'inscrivent l'opérateur et la machine

Avant la mise en service du système considéré, il y en avait un autre, avec sa propre histoire, ses propres RETEX²¹⁰ et les trouvailles des utilisateurs se l'étant approprié pour en optimiser l'emploi technico-tactique. Puis il y a eu des faits nouveaux qui ont conduit au remplacement de l'ancien système par un nouveau (raisons politiques, technologiques, d'évolution de la menace, etc.). L'expérimentation du système moderne et les premières doctrines sont faites en lien avec les systèmes et les connaissances antérieurs. Les premières unités qui serviront ces systèmes modernes sont héritières d'expériences, de traditions, de cultures qui vont imprégner la méthode de formation et l'usage qui sera initialement fait des nouveaux matériels. Leur intégration ne s'effectue pas ex nihilo dans un environnement « chimiquement pur ».

Ainsi, les notions de temporalité et de continuité – ou au contraire de rupture – avec les systèmes antérieurs et leur usage doivent être pris en considération dans la rédaction des doctrines d'emplois, dans les méthodes de formation et d'entraînements. Il est même souhaitable que ces « facteurs culturels » soient pris en compte dès la conception du système. Car l'innovation s'inscrit dans une histoire de systèmes d'armes. Considérant que lors d'une panne, le mode « dégradé » d'emploi d'un système revient souvent à l'utiliser sans les automatismes les plus récents, il est intéressant de savoir « comment faisaient-ils avant ? ». La

²¹⁰ RETEX (retour d'expérience) : enrichissement des connaissances d'un groupe par la capitalisation des leçons tirées de l'expérience.

culture associée au système d'armes se transmet ainsi comme un héritage. Dès lors, face à un système nouveau, l'opérateur pourra soit se raccrocher à cet héritage pour s'approprier la machine, soit en inventer les emplois au fur et à mesure d'une appropriation empirique. Ce qui fait dire à DUBEY et MORICOT à propos du Rafale qu'il s'agit d'un « *objet ouvert*²¹¹ » dont l'usage n'est initialement pas figé et que sa « *conception se poursuit dans l'usage*²¹² ». Dans le cas plus récent de SCORPION²¹³, programme d'armement majeur de l'armée de Terre, un « laboratoire SCORPION » a été mis en place pour anticiper cette phase de flou et imaginer le combat du futur à partir des capacités nouvelles offertes par le programme. Pour les programmes très innovants, les caractéristiques techniques et la doctrine d'emploi se nourrissent mutuellement durant les phases de conception, de développement et les premiers temps de mise en service. Mais malgré la volonté d'éviter une rupture entre modèle ancien et moderne, il est regrettable que le sujet des « cultures d'armes » ne fasse pas l'objet d'un examen plus profond. En effet, le phénomène observé lors de la mise en service du Rafale monoplace pour lequel le pilote devait intégrer une double acculturation « chasse » et « bombardier » auparavant réparties dans des types d'unités différentes va se reproduire avec les matériels à venir tels que le Jaguar. Ce futur Engin Blindé de Reconnaissance et de Combat du programme SCORPION, sera servi par un opérateur qui sera à la fois tireur canon et tireur missile. Ces deux métiers étaient jusque-là dissociés et bénéficiaient d'une culture et d'un cursus de formation bien différents. L'appropriation de ce système va donc impliquer d'intégrer une nouvelle culture d'armes pour les tireurs. Comme pour le Rafale en son temps, « *il y aura un passage durant lequel les gens seront moins bons dans leur domaine respectif*²¹⁴ ». Le choix doit alors être fait entre l'augmentation de la charge de compétences à acquérir pour une population exerçant désormais deux métiers et une simplification de leur charge de travail par une automatisation plus poussée des tâches liées aux deux métiers. Cette phase de transition cristallise les impacts de la dimension temporelle dans laquelle s'inscrivent l'opérateur et le système d'armes pour offrir deux possibilités : opter pour un système ne rompant pas totalement avec les expériences passées pour faciliter l'appropriation de la population passant d'un système à un autre, ou bien, développer un système totalement novateur, en rupture avec son prédécesseur, mais facilitant un apprentissage ne nécessitant pas de connaissances initiales (cas d'une population de d'opérateurs non expérimentés). Quelle que soit l'orientation choisie, la collaboration homme-machine, les capacités d'adaptation et

²¹¹ DUBEY G., MORICOT C., *La polyvalence du Rafale ou l'objet total*, op. cit, p25.

²¹² *Id.*, p18.

²¹³ Synergie du contact renforcée par la polyvalence et l'infovalorisation.

²¹⁴ DUBEY G., MORICOT C., *La polyvalence du Rafale ou l'objet total*, op. cit, p29.

de réversibilité de l'opérateur d'un système autonome confronté à une panne ou une situation inconnue, peuvent être renforcées par une meilleure connaissance de la ou des cultures dans laquelle s'inscrit le système d'armes automatisé/autonome.

Ainsi, au terme de cette partie, trois axes d'amélioration de la démarche anthropocentrée se dégagent pour favoriser la symbiose opérateur-système autonome. Ces trois dimensions visent à réintégrer dans le développement des technologies modernes et automatisées les spécificités du comportement humain dans son rapport à son environnement physique, social et temporel. Ignorer ces principes lors de la phase de conception implique de trouver des solutions palliatives lors de la mise en service en cherchant soit à adapter la machine aux hommes aux prix de modifications coûteuses, soit en modifiant le rôle et la tâche exigés des opérateurs. Maximiser le bénéfice d'avoir un opérateur pour un système autonome implique de comprendre à la fois les fondamentaux du métier de l'opérateur, notamment dans ses aspects les plus immatériels et d'y intégrer les éléments constitutifs de la relation homme-machine. Toutefois, derrière ces recommandations et ces concepts se cachent des réformes ou des transformations qui peuvent être délicates voire coûteuses. Gardons à l'esprit qu'une démarche résolument anthropocentrée n'est pas une « solution miracle » et que l'optimisation de la collaboration homme-machine n'a de sens que si elle offre des solutions réalistes. Elle n'est pas un but en soi. Il conviendra donc d'en mesurer les implications pour en apprécier la valeur ajoutée et déterminer les axes d'efforts à produire.

3.3. Une démarche plus anthropocentrée : perspectives

Parmi les éléments de réponse proposés dans cette étude, deux d'entre eux apparaissent comme des **présupposés majeurs à une bonne collaboration homme-machine : l'entraînement et la confiance**. Un entraînement poussé, composante clé du processus d'appropriation, permet à l'opérateur de connaître et d'exploiter au mieux le potentiel de la machine tout en étant conscient de ses propres limites (physiques, de contrôle de la machine, etc.). La confiance, ensuite, intimement liée à l'entraînement, passe aussi par la compréhension du fonctionnement de la machine et une réduction de l'opacité générale. **Enfin, il est raisonnable d'estimer qu'une condition du succès de la collaboration homme-machine se situe dans le positionnement équilibré entre l'opérateur et le système autonome**. Ainsi, « *les termes de l'interaction, ou plutôt du couple homme/machine, se*

*trouveraient dans un rapport de complémentarité plutôt que d'exclusion ou de subordination.*²¹⁵ »

Dès lors, cette ultime partie vise à décrire quelles pourraient être les exigences et conséquences pratiques du choix de la démarche anthropocentrée au bénéfice du perfectionnement de la collaboration homme-machine.

3.3.1. Implications pour l'opérateur

L'opérateur est évidemment le premier acteur impliqué par ces évolutions tant au niveau de son recrutement, de sa sélection que de sa fidélisation. En effet, même si les nouvelles générations seront davantage aptes au travail multitâche, un effort de niveau de recrutement va s'imposer pour former des opérateurs capables de manipuler des machines complexes tout en utilisant avec discernement les fonctions automatisées. L'éthique et l'intelligence de situation, auxquels étaient prioritairement sensibilisés les cadres, feront partie des qualités recherchées dorénavant aussi chez les opérateurs. Mais ces employés, plus qualifiés qu'autrefois, pourraient ainsi constituer un vivier d'emplois critiques à préserver. Si le sentiment de déclassement des pilotes de chasse requalifiés en pilote de drones peut déjà en soi constituer une première motivation pour quitter les armées, une revalorisation des carrières des opérateurs semble indispensable pour endiguer la fuite vers les opérateurs civils de technologie duale. C'est ce défi que relève le rapport 2009 du CHEAR : « *Avec l'apport des technologies, le métier de soldat se trouve redéfini. À l'instar du pilote de chasse qui voit apparaître les opérateurs de drones dans la troisième dimension, le combattant fait de plus en plus place au technicien, voire à l'ingénieur. Ceci n'est pas sans conséquence sur le recrutement des hommes au sein des forces. Pour combattre faudra-t-il être titulaire d'un diplôme d'ingénieur ? Comment les armées pourront-elles être concurrentielles sur le marché de l'emploi face à la puissante attractivité des grands groupes industriels ?*²¹⁶ » Cette revalorisation des compétences exigées des opérateurs doit également être assumée dans la revalorisation de sa fonction pour en faire plus qu'un superviseur. C'est par exemple le cas du navigateur Rafale dont le rôle consiste désormais aussi à « *occuper une nouvelle place, celle*

²¹⁵ DUBEY G., MORICOT C., *La polyvalence du Rafale ou l'objet total*, op. cit., p51.

²¹⁶ CHEAR, op. cit., p38.

d'interface ou de relais entre la réalité construite par les automatismes et le réel, de référent face à un risque jamais à écarter de déréalisation²¹⁷ ».

Mais l'implication la plus délicate à résoudre reste sans doute la question épineuse de la confiance. Ce problème revêt plusieurs aspects. Tout d'abord le risque de « surconfiance » lié au fait que la machine parvient à corriger une partie des erreurs de l'opérateur. L'entraînement et l'*after action review* proposé par la simulation permet d'éviter les excès d'hubris. Il s'agira ensuite de développer une solution permettant aux opérateurs d'exercer leur métier en confiance. Cela exige une clarification du contexte juridique d'emploi des matériels autonomes et la question de l'imputabilité des actions devra donc être résolue. La confiance dans la machine, ensuite, sera un point à dépasser, critique mais accessible. Outre la méfiance quasi-naturelle envers les systèmes robotisés, il suffit de se remémorer des réticences initiales des conducteurs vis-à-vis du régulateur automatique de vitesse et les polémiques suscitées par les accidents en phase de « jeunesse » de ce système. Quelques années plus tard, les conducteurs voient leurs véhicules se garer seuls, rouler automatiquement à distance de sécurité du véhicule précédent ou rester aligné sur une voie d'autoroute sans plus se poser de question sur la fiabilité des systèmes. Ainsi, la confiance dans la machine réside principalement dans le temps d'appropriation de la technologie pour qu'elle fasse la démonstration de sa performance. Cette confiance ne va particulièrement pas de soi dans le cas de systèmes potentiellement létaux « *et sera la réunion de conditions psychologiques et organisationnelles [...avec] l'impérieuse nécessité de garantir une sûreté de fonctionnement sans défaut²¹⁸ ».* Parmi les conditions psychologiques se trouvent aussi les réponses aux points suivants qui seront essentiels dans le cas de collaboration entre équipiers humains et robotiques. Pour « gagner » la confiance de son « équipier », la machine devra prouver qu'elle est plus performante qu'un homme. Elle devra ensuite garantir une performance de mobilité, notamment dans le cas des robots terrestres. Un groupe de combat ne peut se permettre de se demander si le robot d'accompagnement va rester bloqué. Elle devra en outre faire preuve de sa « fiabilité algorithmique » pour éviter que l'équipier ne se retrouve incapable de « prédire » le comportement de la machine. Une fois encore, la formation sera essentielle. Car il faudra effectivement des heures d'entraînement et de démonstrations pour que des hommes en première ligne prennent le risque d'évoluer en compagnie d'un robot et qu'ils puissent faire confiance en sa discrétion pour ne pas être décelés. Dans le cas contraire, nous risquons d'être

²¹⁷ DUBEY G., MORICOT C., *La polyvalence du Rafale ou l'objet total*, op. cit., p76.

²¹⁸ DOARE R., HUDE H., op. cit., p15.

confrontés à des soldats qui trouveront des prétextes pour ne pas employer ces robots. Enfin, et pour évoquer une possibilité diamétralement opposée, il conviendra aussi de prêter une attention particulière à la relation entre l'opérateur et la machine, certains retours d'expérience ayant montré qu'une relation « affective » pouvait se développer au point que l'opérateur prenne des risques inconsidérés pour préserver un robot.

Requalifications de l'opérateur (de ses compétences) comme de sa fonction (de son rôle) et contrôle de la confiance sont des implications majeures d'une collaboration plus poussée entre l'homme et la machine. Néanmoins à ce stade, deux questions restent ouvertes aux conséquences encore difficiles à appréhender. Tout d'abord, assiste-t-on à la fin des « as », des experts ? Le « héros viril » est-il supplanté par le « geek » et quels en sont les impacts sur le potentiel de combat de nos armées ? Enfin, quel pourra être le système défini pour gérer les conflits d'appréciation entre homme et machine ? Qui aura le dernier mot ? Et qui sera « responsable » en cas d'erreur ? Répondre aux défis de la collaboration homme-machine et à l'amélioration de l'efficacité du tandem opérateur-système automatisé/autonome va ainsi avoir des répercussions sur l'armée en général, dans bien des domaines.

3.3.2. Des conséquences significatives pour les armées (organisation, hiérarchie, soutien)

Au regard des derniers éléments soulevés, il apparaît indispensable de développer une expertise dans la prévention des risques qui pourrait enquêter en cas d'accident ou favoriser le développement de certifications préalables au déploiement de matériels. Là encore, il s'agit d'œuvrer en faveur de la « confiance dans le système automatisé/autonome ». D'autant que dans une situation de combat stressante, l'opérateur, même s'il est placé « dans la boucle » comme « valideur », aura tendance à agir rapidement quitte à valider la proposition offerte par l'aide à la décision de la machine, sans avoir pris le temps d'en apprécier toutes les conséquences.

Le système Scorpion devra être capable, à partir d'une menace identifiée, de proposer aux opérateurs le mode de riposte considéré comme le plus approprié. Mais la prise en compte de l'environnement n'est pas encore au point. Or on constate lors de tests que les opérateurs ont tellement de fonctions à gérer qu'ils valident systématiquement les propositions de la machine.

Un ingénieur d'Arquis

Les méthodes de prise de décisions et, d'une certaine façon, de commandement pourraient donc également être affectées par l'essor de la collaboration homme-machine. Il conviendra peut-être de s'éloigner de la culture de « l'acte réflexe » pour « réincarner » les prises de décision et de responsabilité²¹⁹. Cela paraît d'autant plus pertinent au niveau des officiers si on envisage qu'à moyen terme, le chef déléguera probablement l'analyse de la fraction « scientifique » de la guerre à son « R2-D2²²⁰ » d'état-major pour se concentrer davantage sur « l'art de la guerre ». Les possibilités de transformation du mode de fonctionnement des armées sont nombreuses. Si un effort est réalisé pour redonner une place et une identité à l'opérateur de systèmes autonomes au sein des opérations, les capacités offertes par les progrès technologiques en robotique pourraient donner un réel « pouvoir » à ces opérateurs et aux forces armées en général. L'opérateur de systèmes autonomes, drones ou robots armés par exemple, va être capable avant les autres de comprendre une situation et de pouvoir y produire des effets. Mais pour être optimisé, cet usage devra se faire dans un délai bref, libéré des contraintes des étapes de validation d'une chaîne hiérarchique complexe. Pour être efficace, faudra-t-il donner plus de marges de manœuvre aux opérateurs de systèmes autonomes ? Ainsi, l'exploitation du potentiel de la collaboration homme-machine optimisée va offrir l'opportunité de repenser les niveaux de responsabilités et de promouvoir le commandement par objectif inspiré du modèle allemand. Au niveau tactique, on peut imaginer que les mesures de coordination et les renforts robotisés pourront s'adapter au gré des initiatives d'unités capables de se disperser puis de se concentrer vers un objectif d'opportunité. Faut-il encore que les armées acceptent de déconcentrer la prise de décision vers les niveaux intermédiaires, d'en assumer les risques et d'y préparer ses cadres²²¹.

La formation et l'entraînement restent bien les pierres angulaires du progrès d'une armée « robotisée ». La formation des opérateurs a déjà été évoquée et se traduit par un délicat alourdissement de celle-ci si on souhaite réellement qu'ils reprennent une place plus active pour équilibrer leur rôle vis-à-vis du système autonome. Les maintenanciers constituent une population qui sera tout autant touchée et requalifiée. Essentiellement spécialisés à l'heure actuelle, la généralisation des systèmes automatisés/autonomes va nécessiter l'intégration de maintenanciers plus généralistes au sein des unités déployées qui devront être capables

²¹⁹ BELLANGER F., de FRANCE B., LAUDY J-L, *op. cit.*

²²⁰ Robot assistant d'astro-pilote de la saga *Star Wars* de Georges Lucas.

²²¹ *Id.*

d'aborder les équipements sous l'angle de systèmes globaux pour établir les premiers diagnostics²²². Quant aux chefs des opérateurs, outre les évolutions possibles sur les méthodes de commandement, ils devront au moins être sensibilisés au sujet de la collaboration homme-machine. Ainsi, ils pourront prendre conscience des risques et effets pervers associés à ces nouvelles technologies. Car ils sont encore trop nombreux à croire systématiquement le travail de l'opérateur simplifié par les automatismes et que les tireurs de missiles JAVELIN se contentent d'appuyer sur un bouton²²³.

Derniers acteurs majeurs des armées à être impliqués dans la démarche anthropocentrée de développement des systèmes d'armes : les équipes de programme. Avant tous les autres, ce sont bien les principaux artisans de la définition du besoin des armées. Il est donc indispensable qu'ils soient formés à la problématique du facteur humain dans son ensemble. Ils doivent ainsi être capables d'appréhender l'ergonomie dans ses applications relatives à la sûreté et à la dimension physique des opérateurs (protection acoustique, etc.), comme dans celles relatives à l'utilisabilité et à la dimension cognitive des opérateurs (émotions, psychologie, liens sociaux). Cela implique des équipes plus volumineuses et formées à ces sujets.

3.3.3. Les évolutions impliquant les industriels de la défense

Si les équipes institutionnelles de programmes doivent se transformer pour optimiser la collaboration homme-machine, il en est de même pour leurs homologues de l'industrie de défense. La prise en compte du facteur humain leur incombe tout autant. Ainsi, on ne peut se satisfaire de l'externalisation de la spécificité facteur humain observée chez certains. *« Confier à un organisme extérieur aux armées le soin de répondre à la question cruciale « doit-on adapter les armements aux hommes ou les hommes aux armements ? » ne pourra que générer méfiance quant à la validité de sa réponse de la part des opérationnels. »*²²⁴

Une autre piste d'amélioration se trouve dans le processus de RETEX ou d'audit auprès des « opérationnels ». D'une part, les contacts directs avec les utilisateurs une fois les systèmes d'armes mis en service opérationnel sont extrêmement rares. D'autre part, et quand ces rencontres ont lieu, y compris lors des phases de conception ou de développement, il s'avère

²²² *Id.*

²²³ LEFEEZ S., *op. cit.*, p53.

²²⁴ CHEAR, *op. cit.*, p51.

que les ingénieurs ne sont tout simplement pas formés à la conduite d'entretiens. Les questions posées et leur analyse peuvent ainsi être inappropriées alors que cela exige une méthode bien spécifique. Par ailleurs, les ingénieurs des industriels ne savent pas réagir aux particularismes des unités, à leurs traditions opérationnelles, leurs bonnes pratiques développées en marge des habitudes des autres unités. Ainsi, le tropisme scientifique les pousse à ne prendre en compte qu'une « moyenne » des besoins exprimés durant les phases d'audit alors qu'un cas unique peut constituer la solution la meilleure d'un point de vue technique et/ou opérationnel.

La démarche anthropocentrée implique par ailleurs, nous l'avons vu, de réduire l'opacité, notamment technique, de la machine. Mais il s'agit de déterminer jusqu'à quel point. Pour y parvenir, on peut s'interroger sur la nécessité qu'il y ait un contact plus marqué entre armées et industriels, sans filtre de la DGA. Auprès de qui l'opacité des algorithmes doit-elle être dissipée en dehors des ingénieurs de la DGA ? Les officiers de programme ? Les officiers de marque ? Les officiers chargés des opérations ? Aux plus bas échelons, on peut imaginer que les industriels fourniraient en plus du mode d'emploi, un guide simplifié de vulgarisation du mode de fonctionnement du système d'armes.

Enfin, les industriels, de concert avec les armées, devraient œuvrer à la réforme de la méthode de conduite des programmes. Cette réforme est actuellement engagée sous l'impulsion de la ministre des Armées. Reste à savoir si les industriels auront été associés à la réflexion. Mais les premiers éléments annoncés et relayés dans les blogs défense laissent penser qu'il y aura davantage de prototypes, ce qui est favorable à la prise en compte du facteur humain. En effet, il est identifié depuis longtemps la nécessité de « *sortir d'une logique de tunnel programmatique pour permettre une conduite incrémentale, acceptant d'entrée des modifications, des réorientations tout au long de la phase de développement de l'armement*²²⁵ ». La durée des programmes s'oppose à l'obsolescence des technologies et ne peut plus se satisfaire de cet effet tunnel et des modifications de dernière minute. Mais cela implique des changements substantiels sur les plans juridiques et financiers. Ainsi, « *les services de l'État (forces armées, DGA, ministère des Finances) et les industriels doivent pouvoir contractualiser autour d'un programme dont le développement autorise des remises en cause régulières*²²⁶ »

²²⁵ *Ibid.*, p46.

²²⁶ *Id.*

Adapter davantage les systèmes d'armes automatisés/autonomes aux hommes exigent donc des efforts des armées comme des industriels. Mais pour être tout à fait complet, il semble qu'une attention toute particulière doit être portée à la formation des ingénieurs, des industries comme de la DGA, pour améliorer la collaboration homme-machine.

3.3.4. Et les ingénieurs ?

Tout au long de cette étude est apparue la nécessité d'admettre qu'il y avait plusieurs « réalités » dans lesquelles s'inscrit le rôle de l'opérateur de systèmes autonomes. Celle vécue par l'opérateur, celle qu'il sera capable de décrire, celle expliquée par l'officier de programme, celle comprise par l'ingénieur, celle qui sera retranscrite dans ses lignes de code, etc. Au final, maximiser le bénéfice d'avoir un opérateur pour un système autonome exige d'abord d'être capable de penser la réalité comme plurielle. Pour cela, il convient de favoriser les espaces intermédiaires communs aux différents acteurs des programmes d'armement durant lesquels s'effectue la prise de conscience de ces différences. Des périodes « d'embarquements » des ingénieurs au sein des forces, parmi les utilisateurs finaux seraient ainsi grandement profitables. Car malgré les échanges réguliers, malgré la tendance actuelle de rapprochement des interlocuteurs par le biais de travail en « plateaux », malgré des processus qui évoluent vers davantage de dialogue et d'itération, les « asymétries » de perception restent très marquées. Là encore, la période clé de la « formation », des ingénieurs comme des utilisateurs finaux, est pointée comme critique et essentielle.

Le processus de division du travail peut difficilement être remis en cause et il ne s'agit pas de former des ingénieurs qui soient aussi utilisateurs et inversement. Mais avec l'émergence de technologies complexes comme celles permettant de développer des matériels automatisés ou autonomes, on constate qu'il y a un besoin plus grand de « médiateurs », de « traducteurs », pour que chaque milieu socio-professionnel puisse parler aux autres. Dans le cas des programmes d'armement, le dialogue ne semble pas suffisant, et ce, en dépit de l'existence d'une comitologie, bien que probablement imparfaite, mais en tout cas organisée et structurée. Ainsi, il semble indispensable de favoriser les initiatives permettant les contacts directs entre les acteurs et avec le milieu d'évolution réel de l'opérateur. Ces « embarquements » d'ingénieurs constituent, dans ce cadre, une solution aisée à mettre en œuvre et profitable pour tous.

Conclusion :

Au terme de cette analyse, il convient de rappeler que cette étude ne se veut pas moralisatrice et ne prétend pas détenir les solutions absolues aux problématiques complexes de la collaboration homme-machine. Les pistes d'amélioration évoquées comportent parfois des implications non négligeables dont il appartient aux différents acteurs du développement des programmes d'armement d'en apprécier la pertinence et surtout la rentabilité à travers un équilibre coût-performance.

L'élan vers les systèmes automatisés et autonomes est inéluctable. Avant tout autre considération, son apport indéniable aux opérations milite en sa faveur. En prenant uniquement pour exemple le cas de la robotique militaire, on comprend aisément qu'elle offre l'opportunité de réduire l'exposition des combattants, d'augmenter leur efficacité tout en optimisant la conception et l'exécution de la manœuvre. En outre, la guerre « automatisée » constitue un élément important d'accélération de « l'OPTEMPO » pour briser de l'intérieur le cycle décisionnel de l'adversaire²²⁷ et s'inscrire dans le style « fulgurant » de l'action. Les avantages sont évidents.

Néanmoins, nous avons vu quels étaient en contrepartie les défauts du processus d'automatisation/autonomisation. Tendance à l'éviction du corps de l'homme, pourtant son outil principal, naturel et son interface avec le monde. Eviction de la relation sociale ou personnalisée que les acteurs ont les uns des autres dans un système de relations à distance. Décontextualisation de l'information fournie par des systèmes de transmission automatique de données. Déconnexion de l'opérateur de son environnement. Sentiment général de « déprise » voire rupture de la collaboration homme-machine dans des situations de danger et de pannes. Cercle vicieux poussant à assister toujours davantage l'opérateur pour « améliorer la collaboration homme-machine », mais qui finalement donne le sentiment d'une « *obsolescence programmée des êtres humains par rapport à leurs productions techniques* »²²⁸.

La problématique posée par les systèmes automatisés et quasi autonomes actuels est résumée ainsi par Gérard DUBEY : « *Nous savons qu'il existe une corrélation forte entre la crise de*

²²⁷ YAKOLEFF M, *op. cit.*, p181.

²²⁸ DUBEY G. *op. cit.*

*confiance qui traverse aujourd'hui nos sociétés et la dématérialisation des relations entre les hommes, la relégation du corps dans les échanges. L'automatisation a contribué de manière incontestable à augmenter le niveau de sécurité de nos sociétés en éliminant un nombre important de sources d'erreurs, erreurs globalement imputables au caractère approximatif de l'interprétation. Mais elle fragilise dans le même temps le cadre social au sein duquel se construit la confiance dont dépend la possibilité pour les humains de mettre en œuvre leurs propres compétences.*²²⁹ »

Des progrès indéniables ont certes été réalisés quant à la prise en compte des aspects ergonomiques, psychologiques, éthiques ou encore juridiques que revêt la collaboration homme-machine. Mais maximiser le bénéfice d'avoir un opérateur humain pour des matériels autonomes ne pourra se faire qu'au prix d'un retour incessant lors des phases de conception comme de développement vers trois caractéristiques fondamentales du travail de l'opérateur :

- **sa dimension physico-sensorielle, permettant à l'opérateur d'interpréter son environnement, de s'approprier sa machine et d'en optimiser les effets en y réinjectant son expérience physique du monde ;**
- **sa dimension sociale, constituant le substrat des savoir-faire humain et ressort d'une volonté de comprendre pourquoi, pour qui l'opérateur agit, élément source de motivation et moteur d'efficacité ;**
- **sa dimension temporelle, plaçant l'opérateur dans la lignée de ses anciens, détenteur de savoir-faire et d'une « culture d'armes », éléments immatériels mais démultiplicateurs, là encore, d'efficacité mais aussi de capacités d'adaptation comme de réversibilité.**

Cette étude énonce en outre des hypothèses visant à exprimer le plein potentiel de la collaboration homme-machine :

- **l'homme doit être considéré comme faisant partie du système dès sa conception afin que ses spécificités matérielles et immatérielles constituent un axiome fondamental dans l'établissement de l'architecture globale du système d'armes et non une considération périphérique ;**

²²⁹ *Id.*

- **l'appropriation est un enjeu majeur de l'introduction des technologies de l'automatisation qui passe avant toute chose par la formation/l'entraînement et l'acquisition de la confiance dans la fiabilité et la performance du système ;**
- **le bénéfice d'avoir un opérateur pour un système autonome est maximisé par la mobilisation d'une expérience antérieure directe appliquée au pilotage à distance ;**
- **l'apport d'un opérateur humain au titre de la collaboration homme-machine est optimisé lorsque le système permet de maintenir un croisement d'informations entre celles qu'il produit et celles que peut percevoir directement l'opérateur afin de réduire les erreurs d'appréciation et de jugement ;**
- **la compréhension, même sommaire, du mode de fonctionnement d'un système garantit une meilleure capacité d'adaptation de l'opérateur confronté à des situations inédites.**

Toutes les questions soulevées n'ont pas trouvé de réponse dans cette étude et plusieurs sujets méritent une attention particulière. Ainsi, malgré une volonté de réinvestir le champ physico-sensoriel par l'intermédiaire d'artefacts réduisant le sentiment de « déprise », on peut se demander si cette forme nouvelle d'implication du corps ne va pas encore davantage couper l'opérateur de la finalité de l'action. De plus, comment compte-t-on cultiver cette nouvelle forme d'habileté sans perdre les savoir-faire classiques et en maintenant une durée de formation raisonnable ? Il sera intéressant à l'avenir de comparer l'évolution des opérateurs de systèmes d'armes automatisés/autonomes avec l'évolution que connaît le monde de la médecine. Quelques ressemblances existent en effet entre ces deux milieux. Dans les deux cas, la vie d'un autre peut être en jeu. Et de la même manière que l'opérateur s'est éloigné des effets produits, le médecin s'est éloigné du patient. Autrefois, le médecin établissait des diagnostics par contact direct avec le patient et le chirurgien opérait en « allant voir » à l'intérieur du corps à soigner. Aujourd'hui, le médecin est assisté par des outils de diagnostic (radiographie, scanner) qu'il doit interpréter. Le chirurgien, quant à lui, ne pratique plus de larges incisions mais agit par « téléopération » grâce à la coelioscopie. Mais de nouvelles pratiques sont apparues : des diagnostics peuvent être obtenus à distance grâce à des « assistants algorithmiques » et un simple appel téléphonique au médecin. Quant aux chirurgiens – y compris militaires – ils peuvent opérer des patients distants de plusieurs milliers de km au moyen de robots. Les impacts de l'automatisation et de l'introduction de systèmes autonomes dans les autres milieux socio-professionnels pourront donc utilement

éclairer les choix futurs des armées. Mais il y a un domaine dans lequel nous ne pourrions pas trouver d'inspiration chez les autres. Celui du combat. Ainsi, il conviendra de se demander dans quelle mesure l'héroïsme et le courage physique ne sont-ils pas consubstantiels à la guerre ? En diminuant l'implication physique de l'opérateur sur le champ de bataille, ne prend-on pas le risque de perdre d'avance face à des adversaires résolus, aguerris, prêts à prendre l'ascendant par la qualité du lien unissant leurs combattants et la vigueur de leur force morale ?

Bibliographie :

- Actes des colloques sur les aspects éthiques et juridiques de la robotisation du champ de bataille organisés les 18 juin et 14 décembre 2010 à l'École militaire, Paris, par le Centre de Recherches des Ecoles de Saint-Cyr Coëtquidan. DOARE R., HUDE H. (dir.), *Les robots au cœur du champ de bataille*, Paris, Economica, 2011, 214p.
- *Action terrestre future (ATF)*, Etat-Major de l'armée de Terre, Paris, septembre 2016, 69p.
- BERNANOS G., *La France contre les robots*, Paris, R. Laffont, 1947, 222p.
- BELLANGER F., de FRANCE B., LAUDY J-L, « La robotique militaire, enjeux et perspectives pour l'armée de Terre. Quels changements dans l'art de mener une opération à l'heure du combat Scorpion ? », *Cahiers de la pensée mili-terre*, n°48, 3^e trimestre 2017, 119p, p27-35.
- Centre des Hautes Etudes de l'Armement (45e session nationale sur le thème « Armement et économie de défense », 2009, École militaire, Paris 7e), *Doit-on adapter les hommes aux armements ou les armements aux hommes ?* Rapport du Comité n°5, PERARD, T (dir.), 58p.
- CHARNIAK Eugene
Toward a model of children's story comprehension – 302p
MINSKY Marvin
Ph.D. thesis, Artificial Intelligence Laboratory, MIT, 1972.
- *Chiffres clés de la Défense*, Délégation à l'information et à la communication de la Défense, Edition septembre 2017, 24p.
- COLLINS H., EVANS R., *Rethinking Expertise*, Chicago and London: University of Chicago Press, 2007, 176p.
- *Concept exploratoire de robotique de l'armée de Terre – Robots terrestres, drones de contact*, Etat-Major de l'armée de Terre
Sous-chefferie Plans Programmes, 2017, 65p.

- COURMONT B., CLEMENT P-A. « La pensée géopolitique américaine », in DAVID C-P. (dir.), *Théories de la politique étrangère américaine*, Montréal, Les Presses de l'Université de Montréal, 2012, 532 p.
- CROZIER M., *Le phénomène bureaucratique: essai sur les tendances bureaucratiques des systèmes d'organisation modernes et sur leurs relations en France avec le système social et culturel*, Paris, Edition du Seuil, 1971, 382p.
- CUMMINGS M., “Automation and Accountability in Decision Support System Interface Design”, *Journal of Technology Studies*, 2006, vol.32, 67p, p23-31.
- DAMASIO A., *L'erreur de Descartes : la raison des émotions*, Paris, Ed. O. Jacob, 1995, 368p.
- DAYAN M., « Zéro mort, guerre infinie », *Le Coq-Héron*, n°175, 2003/4, 144p., p101-111.
- DENOYERS F., « Un nouveau collègue, l'intelligence artificielle », *Le Monde*, mardi 17 octobre 2017, p.8.
- DREYFUS H., *Intelligence artificielle : mythes et limites*, s.l., Flammarion, 1984, 443 p.
- *Drones d'observation et drones armés : un enjeu de souveraineté*, rapport d'information de MM. PERRIN C., ROGER G., co-président, BOCKEL J-M., VALL R., sénateurs, au nom de la commission des affaires étrangères, de la défense et des forces armées, n°559 (2016-2017), 23 mai 2017, 99p.
- DUBEY G., MORICOT C., *La polyvalence du Rafale ou l'objet total : la relation entre une technologie nouvelle et ses utilisateurs*, Paris, édition du Centre d'études en Sciences Sociales de la Défense (Les Documents du C2SD, n° 81), 2006, 84 p.
- DUBEY G., MORICOT C., *Dans la peau d'un pilote de chasse – Le spleen de l'homme machine*, s.l., Presses Universitaires de France, 2016, 240p.
- The Dwight D. EISENHOWER school for national security and resource strategy: program industry-study
Robotic and Autonomous Systems (Final report),
Fort McNair, Whashington D.C., Printemps 2017, 39p.
- EDWARDS P., « Construire le monde clos : l'ordinateur, la bombe et le discours politique de la guerre froide », in PESTRE Dominique, DAHAN Amy (dir.), *Les sciences pour la guerre : 1940-1960*, Paris, édition de l'Ecole des Hautes Etudes en Sciences Sociales, 2004, 401 p., p.223-250.

- ERBLAND B., *Dans les griffes du Tigre : récits d'un officier pilote d'hélicoptère de combat en Afghanistan et en Libye, février-octobre 2011*, Paris, les Belles Lettres, 2013, 101p.
- FORRESTER J., « Managerial Decision Making », in GREENBERGER M. (ed.), *Computers and the World of the Future*, Cambridge, MIT Press, 1962, 340p.
- FREYSSNET M., « La requalification des opérateurs et la forme sociale actuelle d'automatisation », *Sociologie du travail*, 1984, n°4, p422-433.
- FREYSSNET M., « Processus et formes sociales d'automatisation. Le paradigme sociologique », *Sociologie du travail*, 1992, n°4, p469-496.
- GALACTEROS-LUCHTENBERG C., *Manières du Monde. Manières de guerre*, Paris, Nuvis, 2013, 146p.
- GRAS A., MORICOT C., POIROT-DELPECH S., SCARDIGLI V., *Face à l'automate, le pilote, le contrôleur et l'ingénieur*, Paris, Publications de la Sorbonne, 1994, 377p.
- GROS F., *Etats de la violence : essai sur la fin de la guerre*, Paris, Gallimard, 2006, 309p.
- GROS P., « La Third Offset Strategy américaine », *Défense&Industries*, n°7, juin 2016, 22p., p17-19.
- HENROTIN J., « Les robots de combat vont-ils massacrer l'humanité (et les petits chats) ? Sociologie d'un débat non-informé », *DSI*, n°132, novembre-décembre 2017, 112p, p76-82.
- JANKOWSKI B., *Opinion publique et armées à l'épreuve de la guerre en Afghanistan*, Etudes de l'IRSEM n°34, Paris, février 2014, 54p.
- JASON GROUP, *Perspectives on Research in Artificial Intelligence and Artificial General Intelligence Relevant to DoD*, Mc Lean, janvier 2017, 76p.
(Groupe scientifique indépendant qui fournit des services de conseil au gouvernement américain en matière de sciences et technologies de défense. Il a été créé en 1960.)
- KANT E., *Critique de la raison pratique*, (1788), Traduction François PICAVET, Première partie, Théorème IV, Paris, Presses Universitaires de France, 1965, 228p.
- LEFEEZ S., « Versatility and Technology: A Case Study of the Milan and Javelin », *RUSI Journal*, vol. 160, n°3, juin 2015, p48-56.
- McCARTHY J., « Epistemological problems of artificial intelligence », *Proceedings of the 5th international joint conference on Artificial intelligence*, vol.2, 1977, Cambridge, USA, p1038-1044.

- MARX K., *Le Capital – Critique de l'économie politique*, Paris, Presses Universitaires de France, 1993, 990p.
- MAUSS M., *Techniques, technologies et civilisation*, Paris, Presses Universitaires de France, 2012, 504p.
- MERLEAU-PONTY M., *Phénoménologie de la perception*, 1945, Paris, Gallimard, 545p.
- *PLF 2017 – extrait du bleu budgétaire de la mission défense – P144 “Environnement et prospective de la politique de défense”*
Paris, octobre 2016, 65 p.
- Rapport d'information n° 3254 du 5 juillet 2006, en conclusion des travaux de la Mission d'évaluation et de contrôle (MEC) sur les programmes d'armement, présenté par MM. François CORNUT-GENTILLE et Jean-Claude VIOLLET, députés.
- RAYNAL J., « Machine learning – Le retour aux commandes », *Industrie & technologie*, n°980, octobre 2015, 66p, p26-29.
- *Revue stratégique de défense et de sécurité nationale 2017*, DANJEAN A. (dir), Paris, octobre 2017, 111p.
- SCARDIGLI V., *Un anthropologue chez les automates : de l'avion informatisé à la société numérisée*, Paris, Presses Universitaires de France, 2001, 245p.
- De TERSSAC G., « L'implicite et le décrit », *Projet*, n°236, 1993, pp19-20.
- *Unmanned Systems Integrated Roadmap FY2011-2036*,
US Department of Defense,
Office of the Undersecretary of Defense for Acquisition, Technology & Logistics,
Washington DC, octobre 2011, 102p.
- VENNESSON P., *Les chevaliers de l'air – Aviation et conflits au XX^e siècle*, Paris, Presses de la Fondation nationale des sciences politiques, 1997, 210p.
- VILLANI C., *Donner un sens à l'intelligence artificielle pour une stratégie nationale et européenne*, Paris, mars 2018, 235p.
- WEIZENBAUM J., *Computer power and human reason: from judgment to calculation*, 1976, New York, W. H. Freeman and Co, 300p.
- YAKOLEFF M., *Tactique théorique*, Paris, Economica, 2009, 702p.

Sources internet :

- ABE N., « The woes of an american drone operator », *Der Spiegel Online*, mis en ligne le 14 décembre 2012, consulté le 1er février 2018, URL : <http://m.spiegel.de/international/world/pain-continues-after-war-for-american-drone-pilot-a-872726.html>
- ARZALIA J-J, « L'opinion publique, le gouvernement et le commandement face aux pertes humaines », *Checkpoint Online*, mis en ligne le 6 février 2000, consulté le 24 juin 2018, URL : <http://www.checkpoint-online.ch/CheckPoint/Forum/For00007-EffetPertesHumaines.html>
- GEORGES B., « Peut-on interdire les robots tueurs ? », *Les Echos.fr*, mis en ligne le 01 septembre 2015, consulté le 24 juin 2018, https://www.lesechos.fr/01/09/2015/LesEchos/22013-048-ECH_peut-on-interdire-les-robots-tueurs--.htm
- Le Bouclier de Minerve, « L'industrie française d'armement : aspects industriels », *Site des industries de l'armement de l'EMSST*, janvier 2015, consulté le 08 mars 2018. URL : <https://armement.ead-minerve.fr/index.php/wike/environnement-des-entreprises/l-industrie-francaise-d-armement/l-industrie-francaise-d-armement-aspects-industriels>
- DUBEY G., « Autonome comme si vous l'étiez », *La nouvelle revue du travail* [En ligne], 4 | 2014, mis en ligne le 26 avril 2014, consulté le 07 février 2018. URL : <http://journals.openedition.org/nrt/1612> ; DOI : 10.4000/nrt.1612
- « Jacques Vaucanson », *Wikipedia*, mis à jour le 21 mai 2018, consulté le 24 juin 2018, https://fr.m.wikipedia.org/wiki/Jacques_Vaucanson
- NOGUEIRA D., « Les voitures autonomes circuleront partout en France dès l'année prochaine », *01net.com*, mis en ligne le 15 mai 2018, consulté le 26 juin 2018, URL : <https://www.01net.com/actualites/les-voitures-autonomes-circuleront-partout-en-france-des-l-annee-prochaine-1445607.html>
- Site de recrutement de l'armée de Terre, <https://www.recrutement.terre.defense.gouv.fr/emplois/artilleur>
- Site de recrutement de MBDA, <https://www.mbda-systemes.com/careers/hr-france/metiers/ingenierie-et-developpement/architecture-systemes/>
- TERTRE M., « Intelligence artificielle : Comprendre le Deep et le Machine Learning », *Mediapart*, mis en ligne le 8 avril 2018, consulté le 24 juin 2018, URL :

<https://blogs.mediapart.fr/marc-tertre/blog/130318/intelligence-artificielle-comprendre-le-deep-et-le-machine-learning>

Source cinématographique :

- NICCOL A., *Good Kill*, USA, 2014, avec Ethan Hawke.

Annexe I : guide d'entretien avec les ingénieurs

Histoire personnelle

- 1) Quelle(s) fonction(s) avez-vous tenue(s) vis-à-vis du système étudié ? Pendant combien de temps ?

L'automatisation/l'autonomisation dans le système étudié

- 2) Décrivez-moi le fonctionnement du système.
- 3) *En déduire les fonctions automatisées avec son aide et ses tâches dans ce cadre.*
- 4) Avez-vous travaillé sur une version antérieure de ce matériel, avec moins d'automatismes ?
- 5) Comment le système s'inscrit dans l'histoire de ce type de système d'armes (continuité, évolution, rupture) ?
- 6) Quelles plus-values reconnaissez-vous à ce système ?
- 7) Quelles limites y voyez-vous ?
- 8) Quelles études ont été faites pour le justifier ?
- 9) Pensez-vous qu'on pourrait automatiser totalement le système ?

La place de l'opérateur dans le système

- 10) Jusqu'à quel point l'opérateur doit-il connaître le fonctionnement de la machine ?
- 11) Jusqu'à quel point peut-on chiner les automatismes de la machine ?

Le travail collaboratif homme-machine :

- 12) Quelle place la collaboration homme/machine a-t-elle dans sa fonction pour ce système ?
Quelle place lui a été accordée dans la conception globale du système ?
- 13) Quelle place la relation humaine a-t-elle dans sa fonction pour ce système ? Quelle place lui a été accordée dans la conception globale du système ?
- 14) Que représente la collaboration homme-machine ?
- 15) Qu'est-ce qui est nécessaire à une collaboration H-M efficace ?
- 16) Que peut-on en espérer ?
- 17) Quelle est la réalité aujourd'hui ?

Ergonomie :

- 18) Quels sont les courants de l'ergonomie qui inspirent votre travail ?
- 19) Dans les phases d'étude, l'homme est-il considéré comme un volume géométrique à intégrer ou bien comme un élément doté d'émotions, de sens éthique ?
- 20) Les sens de l'opérateur sont-ils un atout ou un obstacle ?

Éléments complémentaires d'analyse :

- 21) *Qu'est-ce qui est intéressant dans le domaine de l'autonomie des systèmes ?*
- 22) *Que fait votre entreprise dans ce domaine ?*

Annexe II : guide d'entretien avec les utilisateurs

Histoire personnelle

- 1) Quelle(s) fonction(s) avez-vous tenue(s) vis-à-vis du système étudié ? Pendant combien de temps ?
- 2) Quelle est votre expérience d'emploi du système ?

L'automatisation/l'autonomisation dans le système étudié

- 3) Décrivez-moi le fonctionnement du système.
- 4) *En déduire les fonctions automatisées avec son aide et ses tâches dans ce cadre.*
- 5) Comment viviez-vous ces automatismes ?
- 6) Avez-vous connu une version antérieure de ce matériel, avec moins d'automatismes ?
- 7) Quelle comparaison pouvez-vous établir dans le fonctionnement ? Le ressenti ? La façon de réaliser la tâche ? La qualité de la tâche réalisée ?
- 8) En quoi consistait votre propre travail ? Comment s'intégrait-il dans la mission globale ?
- 9) Le système vous permet-il de ressentir ce qui se passait ? (*corps comme interface avec le monde, sentir l'adversaire*)
- 10) Avez-vous déjà rencontré des pannes ou des faux-positifs ?
- 11) Comment avez-vous réagi à ce moment-là ?
- 12) Quelles ont été les conséquences ?
- 13) Quelles plus-values reconnaissez-vous à ce système ?
- 14) Quelles limites y voyez-vous ?
- 15) Quelles sont les limites d'ordre environnemental ? Réglementaire ? Opérationnel ?
Autres ?
- 16) Quelle formation avez-vous reçue ?
- 17) Que vous a-t-on appris ?
- 18) Comment avez-vous été formé ? (qui ? quand ? combien de temps ? par qui ?)
- 19) *Identifier avec son aide l'écart entre la formation reçue et les tâches réellement réalisées.*
- 20) Pensez-vous qu'on pourrait automatiser totalement le travail que vous faisiez ?
ou bien : à votre avis, votre tâche était-elle suffisamment routinière pour qu'on puisse un jour l'automatiser totalement ?

La place de l'opérateur dans le système

- 21) Quelles sont les qualités/compétences requises pour être opérateur ?
- 22) Jusqu'à quel point connaissez-vous le fonctionnement de la machine ? Etait-ce satisfaisant ? Qu'est-ce que cela vous apporterait d'en comprendre davantage ? Sur la mission ?
- 23) Jusqu'à quel point peut-on chiner les automatismes de la machine ?
- 24) Avez-vous déjà fait sauter certaines sécurités ? Combien de fois ? Pourquoi ?

Eléments complémentaires d'analyse :

- 25) *Déterminer si la place de l'opérateur dans le système requière une part plutôt intellectuelle ou physique ? Plutôt active ou passive ?*
- 26) *Déterminer quelle place la collaboration homme/machine a-t-elle dans sa fonction pour ce système ? Quelle place lui a été accordée dans la conception globale du système ?*
- 27) *Déterminer quelle place la relation humaine a-t-elle dans sa fonction pour ce système ? Quelle place lui a été accordée dans la conception globale du système ? Déterminer comment le système s'inscrit dans l'histoire de ce type de système d'armes (continuité, évolution, rupture).*