



# À LA RECHERCHE DU SOLDAT AUGMENTÉ

Espoirs et illusions d'un concept  
prometteur

**Jean-Christophe NOËL**

Septembre 2020



L'Ifri est, en France, le principal centre indépendant de recherche, d'information et de débat sur les grandes questions internationales. Créé en 1979 par Thierry de Montbrial, l'Ifri est une association reconnue d'utilité publique (loi de 1901). Il n'est soumis à aucune tutelle administrative, définit librement ses activités et publie régulièrement ses travaux.

L'Ifri associe, au travers de ses études et de ses débats, dans une démarche interdisciplinaire, décideurs politiques et experts à l'échelle internationale.

Les opinions exprimées dans ce texte n'engagent que la responsabilité de l'auteur.

ISBN : 979-10-373-0229-8

© Tous droits réservés, Ifri, 2020

**Comment citer cette publication :**

Jean-Christophe Noël, « À la recherche du soldat augmenté : espoirs et illusions d'un concept prometteur », *Focus stratégique*, n° 99, Ifri, septembre 2020.

**Ifri**

27 rue de la Procession 75740 Paris Cedex 15 – FRANCE

Tél. : +33 (0)1 40 61 60 00 – Fax : +33 (0)1 40 61 60 60

E-mail : [accueil@ifri.org](mailto:accueil@ifri.org)

**Site internet :** [ifri.org](http://ifri.org)



## Focus stratégique

Les questions de sécurité exigent une approche intégrée, qui prenne en compte à la fois les aspects régionaux et globaux, les dynamiques technologiques et militaires mais aussi médiatiques et humaines, ou encore la dimension nouvelle acquise par le terrorisme ou la stabilisation post-conflit. Dans cette perspective, le Centre des études de sécurité se propose, par la collection **Focus stratégique**, d'éclairer par des perspectives renouvelées toutes les problématiques actuelles de la sécurité.

Associant les chercheurs du centre des études de sécurité de l'Ifri et des experts extérieurs, **Focus stratégique** fait alterner travaux généralistes et analyses plus spécialisées, réalisées en particulier par l'équipe du Laboratoire de Recherche sur la Défense (LRD).

## Auteur

**Jean-Christophe Noël** est chercheur associé au Centre des Études de Sécurité de l'Ifri. Il est un ancien officier de l'armée de l'Air. Après avoir mené une carrière de pilote de chasse, il a tenu diverses places en état-major, traitant notamment des affaires de doctrine ou de prospective. Il a également été l'adjoint du chef de cabinet du chef d'état-major de l'armée de l'Air de 2006 à 2009, *Military Fellow* au Center for Strategic and International Studies à Washington D.C. en 2009 et expert chargé des affaires politico-militaires pendant cinq ans au Centre d'analyse, de prévision et de stratégie du Ministère des Affaires étrangères de 2012 à 2017.

## Comité de rédaction

Rédacteur en chef : Élie Tenenbaum

Rédactrice en chef adjointe : Laure de Rochegonde

Assistants d'édition : Antoine Labarre et Claire Mabile



## Résumé

Longtemps cantonnée au champ de la science-fiction, la perspective d'un combattant aux ressources physiques et cognitives transformées par la technologie afin d'accomplir des performances extrahumaines dans le cadre d'un usage militaire semble de moins en moins éloignée de la réalité. Il s'incarne actuellement dans l'avènement d'un « soldat connecté » qui utilise ses sens pour savoir ce qui se déroule dans des lieux hors d'atteinte dans des conditions normales. Cette augmentation n'est toutefois pas générale. En dépit d'avancées certaines dans de nombreux domaines technologiques, elle ne s'étend pas encore aux secteurs de la mobilité et de la protection. Par ailleurs, ces avancées se limitent pour l'instant à des techniques d'augmentation *sur* le corps, ce qui limite leur aspect original et novateur. Le soldat augmenté du futur n'émergera vraiment qu'avec des progrès sensibles dans le domaine des sciences de la vie et l'introduction de techniques nouvelles d'augmentation *dans* le corps du soldat.

## Abstract

The idea of using technology to transform soldiers' physical and cognitive abilities so that they would perform superhuman works is commonplace in science fiction. It is now progressively becoming one in real life too. The coming of age of "network-centric soldiers" illustrates this trend as these can now access information well beyond their physical reach. Yet, not all soldier warfighting skills have benefited from such progress. In spite of promising technological prowess, soldiers' mobility and protection have not yet been significantly improved. Besides, when improvements have been made, they have only been applied *around* soldiers' bodies, therefore limiting their innovative potential. For super-soldiers to become true, breakthroughs have to be made in life sciences and augmentation techniques have to be integrated *into* the soldiers' bodies.



# Sommaire

<b>INTRODUCTION .....</b>	<b>9</b>
Soldat augmenté : de quoi parle-t-on ? .....	10
Le soldat augmenté à court et moyen terme .....	13
<b>L'HOMME CONNECTÉ : APPRÉHENDER L'ENVIRONNEMENT .....</b>	<b>15</b>
L'enjeu de la connectivité .....	15
Quelle connectivité pour demain ? .....	20
<b>L'HOMME PRÉSERVÉ OU L'AVENIR DE LA MOBILITÉ DÉBARQUÉE ..</b>	<b>31</b>
Réduire le poids de l'équipement .....	32
Améliorer la mobilité .....	38
<b>LE SOLDAT ÉVOLUÉ : INTÉGRER LES PROGRÈS TECHNOLOGIQUES...</b>	<b>43</b>
Intégrer les technologies existantes .....	43
Aiguiser les sens .....	44
Développer de nouvelles technologies .....	44
Imiter la nature .....	46
S'inspirer des technologies civiles .....	47
Automatiser et miniaturiser le champ de bataille .....	48
<b>L'HOMME AUGMENTÉ : LE PARI DU VIVANT .....</b>	<b>51</b>
Améliorer les capacités physiologiques .....	51
Des interrogations éthiques .....	54
Des problèmes opérationnels .....	55
Le nouveau rôle du médecin .....	57
<b>CONSÉQUENCES OPÉRATIONNELLES .....</b>	<b>59</b>
La banalisation de la technologie .....	59
Un champ de bataille vide ? .....	62
<b>CONCLUSION .....</b>	<b>65</b>



# Introduction

L'influence de la technologie sur la forme des combats est sensible dès les temps préhistoriques. La plus ancienne trace d'outils de guerre a été découverte à Schöningen, en Allemagne, dans une mine de lignite à ciel ouvert. Entre 1994 et 1998, huit bâtons en bois pointus, semblables à des lances, des épieux ou des sagaies, et datant d'environ 300 000 ans, ont été sortis de terre<sup>1</sup>. L'usage de ces outils est inconnu, mais ils pouvaient être lancés de manière précise jusqu'à 35 mètres, et étaient donc adaptés à la chasse... ou à la guerre<sup>2</sup>. Les premiers arcs et flèches sont apparus il y a plus de 40 000 ans. Le char de combat, qui équipait les armées du Moyen-Orient à l'âge de Bronze, est le premier système d'armes connu. Il pouvait servir de véhicule pour déplacer des soldats, de plateforme de tir pour les archers ou d'engin de choc pour disloquer les rangs ennemis.

La technologie a continué d'évoluer et ses applications n'ont cessé de transformer le champ de bataille, à la manière des lances, arcs et chariots d'autrefois. Après la découverte de la poudre, des armes toujours plus puissantes ont été confectionnées. Le moteur a été perfectionné pour propulser des véhicules de plus en plus rapides au sol, sur la mer ou dans les airs. Les tactiques et les organisations des armées ont sans cesse été revues. Si les composantes de la guerre se transforment régulièrement sous l'effet des avancées technologiques, un élément demeure cependant constant : l'homme<sup>3</sup>. Certes, son évolution génétique au long cours se poursuit, mais ses qualités physiques, cognitives ou mentales demeurent sensiblement les mêmes sur le champ de bataille. Des soldats entraînés peuvent parcourir aujourd'hui les mêmes distances que les légionnaires romains autrefois, soit environ 25 kilomètres (km) par jour. Les formes endocrâniennes et l'organisation cérébrale moderne sont apparues il y a 35 000 ans, à la suite

---

L'auteur souhaite remercier Messieurs Nicolas Boichis, Benoit Segueineau de Preval, Thomas Reydellet de la société Thalès, le lieutenant-colonel Quentin Watrin de l'EMAT et Monsieur Gérard de Boisboissel du Centre de recherche des écoles de Saint-Cyr Coëtquidan (CREC) pour l'aide qu'ils ont lui apportée dans les recherches pour l'écriture de ce *Focus*.

1. N. J. Conard, J. Serangeli et G. Bigga, « A 300,000-Year-Old Throwing Stick from Schöningen, Northern Germany, Documents the Evolution of Human Hunting », *Nature, Ecology & Evolution*, n° 4, 2020, p. 690-693.

2. Des athlètes peuvent même lancer des répliques jusqu'à 70 mètres. Voir H. Thieme, « Altpaläolithische Holzgeräte aus Schöningen », *Germania* 77, Lkr. Helmstedt, 1999, p. 451-487 in « Schöningen Spears », *Wikipedia*, article disponible sur : [en.wikipedia.org](https://en.wikipedia.org).

3. C. Ardant du Picq, *Études sur le Combat*, Paris, Hachette et Dumaine, 1880.

d'un processus d'évolution commencé il y a 100 000 ans<sup>4</sup>. Notre manière de réfléchir pour affronter une menace suit des logiques similaires depuis cette époque. D'un point de vue psychologique, la peur occupe toujours l'esprit des combattants au moment du choc, qu'ils soient hoplites au v<sup>e</sup> siècle avant J.-C., archers anglais au Moyen Âge, cavaliers français sous Napoléon ou fantassins allemands au xx<sup>e</sup> siècle<sup>5</sup>. Et à chaque innovation, les soldats parviennent à s'adapter à leurs nouveaux matériels et équipements, en conservant leurs qualités humaines.

Cet état de fait pourrait toutefois être remis en cause. Les performances annoncées des futurs systèmes d'armes sont telles que les hommes pourraient éprouver les plus grandes difficultés à appréhender leurs effets sur le champ de bataille, notamment d'un point de vue cognitif. Incapables de réagir rapidement face à des armes guidées par des processeurs informatiques traitant de plus en plus vite un nombre toujours plus imposant de données, dépassés par la vitesse de déplacement de certains engins et, impuissants contre des vecteurs saturant l'espace, les humains seraient amenés à tenir un rôle de plus en plus restreint en raison des limites de leurs facultés. Certains auteurs annoncent même leur disparition du champ de bataille et leur remplacement progressifs par des machines autonomes et des algorithmes nettement plus performants que le cerveau humain<sup>6</sup>.

Une solution iconoclaste est parfois envisagée pour faire face à ces prétendus manques et faiblesses intrinsèques à l'homme : ce serait de le « mettre à jour », à la manière d'un logiciel, pour qu'il puisse appréhender cette nouvelle donne. Ce serait de l'augmenter.

## Soldat augmenté : de quoi parle-t-on ?

De nombreuses questions viennent immédiatement à l'esprit face à cette éventualité. Une telle perspective est-elle vraiment raisonnable ? Que sera alors la guerre de demain ? Les machines nous dicteront-elles leurs lois ? Avant de répondre à ces interrogations qui dominent la littérature contemporaine sur l'éthique militaire, il convient de réfléchir à la manière de définir le soldat augmenté, et à son existence, réelle ou fantasmée, sur le champ de bataille.

Les chercheurs du Centre de recherche des écoles de Saint-Cyr Coëtquidan (CREC) le définissent comme « un soldat dont les capacités sont augmentées, stimulées et créées dans le but de renforcer son efficacité

---

4. « Modern Human Brain Organization Emerged Only Recently », Max Planck Gesellschaft, 24 janvier 2018, article disponible sur : [www.mpg.de](http://www.mpg.de).

5. V. D. Hanson, *Le Modèle occidental de la guerre*, Paris, Les Belles Lettres, 1990 ; J. Keegan, *The Face of Battle*, New York, The Viking Press, 1976.

6. J. R. Allen et A. Husain, « On Hyper War », *Proceedings Magazine*, vol. 143, n° 373, juillet 2017.

opérationnelle<sup>7</sup> ». Cette définition est particulièrement stimulante si l'on en juge par la quantité et la qualité des travaux produits par ce centre, qui font aujourd'hui référence<sup>8</sup>. Elle ouvre également de nombreuses voies.

Elle peut d'abord être prise dans un sens classique. D'une certaine manière, le soldat augmenté a toujours existé et son premier représentant est l'homme de Schöningen, au moment où il saisit sa lance. De fait, l'homme a sans cesse tenté d'améliorer ses capacités pour dominer son adversaire sur le champ de bataille. Il s'est doté d'équipements qui s'adaptaient aux formes de son corps pour être plus efficace. Le soldat qui utilise des jumelles pour lire les mouvements de troupes distantes est augmenté. L'opérateur radar qui lit son écran pour voir au loin l'est plus encore. Par nature, aucune rupture fondamentale ne distinguerait le combattant de ces derniers millénaires de celui du futur, si ce n'est un progrès technologique constant.

Pris dans ce sens, ce terme n'est que peu utile pour caractériser l'originalité de la situation actuelle. Un nouvel environnement intellectuel et technologique se dessine en effet, incarné par le désir de « mettre l'homme à jour ». Le transhumanisme offre certains fondements théoriques pour appréhender ce nouveau paradigme. Ce mouvement prône l'utilisation des anthropotechniques pour améliorer l'homme et corriger ses défauts, sources de souffrance ou d'inadaptabilité à son environnement naturel. Il s'appuie sur le développement des nouvelles technologies de l'information et des communications (NTIC), des nanotechnologies, biotechnologies, sciences de l'information et sciences cognitives (NBIC) pour atteindre son but. Le soldat augmenté est, dans ce cadre, un homme dont les facultés physiques et cognitives sont transformées pour accomplir sa tâche avec le plus de succès possible.

Le terme de soldat augmenté peut donc renvoyer à deux types de guerriers différents. D'une part, le guerrier classique, immuable, *sur* le corps duquel on applique des techniques d'augmentation ; et d'autre part le guerrier du futur *dans* le corps duquel ces techniques seraient introduites. Cette distinction en renvoie à une autre, celle entre l'homme amélioré et l'homme augmenté<sup>9</sup>. L'augmentation sera ici définie comme l'acquisition de capacités spécifiques, que l'homme ne posséderait pas naturellement. Il s'agit alors d'accomplir des performances dont aucun homme n'est physiquement, physiologiquement ou cognitivement capable, compte tenu

---

7. G. de Boisboiselle et J. M. Le Masson, « Le soldat augmenté : définitions », in « Le soldat augmenté : les besoins et les perspectives de l'augmentation des capacités du combattant », *Les Cahiers de la Revue Défense Nationale*, 2017, p. 22.

8. « Le soldat augmenté : les besoins et les perspectives de l'augmentation des capacités du combattant », *op. cit.*, « Le soldat augmenté : regards croisés sur l'augmentation des performances du soldat », Fondation pour l'innovation politique, 2019.

9. Pour les paragraphes suivants, voir B. Baertschi, *De l'humain augmenté au post-humain : une approche bioéthique*, Paris, Vrin, 2019, p. 27-28.

des limitations de l'espèce. À l'inverse, l'amélioration désigne le perfectionnement des capacités intrinsèques de l'homme.

Quelques exemples permettent d'illustrer ces définitions. Un individu qui consomme une substance pour stimuler ses capacités intellectuelles est un homme *amélioré*. Grâce à la pharmacologie, il est en mesure de mieux exploiter les capacités de son cerveau. Un humain qui aurait implanté des composantes électroniques dans son cerveau pour commander des prothèses greffées sur son corps ou transmettre des ordres à des machines distantes est en revanche considéré comme un homme *augmenté*. Il accomplit des tâches impossibles naturellement, grâce à des artifices et au suivi de procédures qui tranchent radicalement avec ceux dont la nature l'a doté.

Alors qu'il s'agit dans le premier cas de faire *mieux*, c'est-à-dire d'améliorer l'existant, il est question dans le second cas d'obtenir *plus*, à savoir quelque chose qui n'existe pas, qui dépasse la nature humaine. Être assisté par un dispositif permettant de courir 100 mètres en moins de 10 secondes permet à un individu d'atteindre la limite de l'amélioration. Si cette même distance peut être parcourue en 5 secondes, ce dispositif augmente l'humain.

Si ces définitions permettent de dresser une typologie plus fine des applications technologiques, elles n'en demeurent pas moins poreuses. Le *mieux* et le *plus* peuvent se combiner, et des effets de seuil sont alors susceptibles d'apparaître. Une substance chimique peut rendre à un individu fatigué l'essentiel de ses ressources intellectuelles. Si, pour différentes raisons, elle le stimule à tel point qu'il possède momentanément des capacités de mémorisation supérieures à la normale, l'aide pharmacologique dépassera l'amélioration pour atteindre l'augmentation. En réalité, l'intention doit être prise en compte : si le but est de dépasser volontairement les limites des capacités naturelles de l'homme, il appartiendra à la catégorie de l'augmentation ; dans le cas contraire, il participera à l'amélioration de l'individu.

Compte tenu de ces remarques, le soldat amélioré sera défini dans cette étude comme un combattant dont les ressources physiques ou cognitives sont amplifiées, dans les limites des possibilités humaines, pour atteindre les performances souhaitées lors de l'usage militaire de la force ou de la contrainte. Un soldat augmenté verra en revanche son état physique, intellectuel ou cognitif transformé afin d'accomplir des performances extrahumaines dans le même cadre.

## À court et moyen termes

Aujourd'hui, peut-on trouver dans les forces armées des hommes dont le corps est capable de performances extrahumaines ? À défaut, existe-t-il des plans concrets d'ingénieurs, de médecins, ou d'états-majors pour faire aboutir de tels projets ? L'objet est ici de qualifier l'augmentation du soldat à travers l'examen de technologies en cours de développement. L'impact de ces technologies sur la manière dont le soldat opère est aussi dessiné. Sans adhérer à l'idée selon laquelle la technologie est le seul critère déterminant pour définir le soldat du futur, il s'agit de décrire son influence sur la façon dont le guerrier du futur est envisagé aujourd'hui.

L'ensemble des technologies n'est toutefois pas examiné dans cette étude. Seules celles présentant un degré avancé de maturité ou de recherche seront évoquées. Il s'agit ainsi d'éviter le risque de tomber dans la littérature d'anticipation. L'implant d'un œil pour voir le spectre électromagnétique est une perspective fascinante qui augmenterait indéniablement le soldat, mais il est peu probable que les combattants en soient dotés prochainement. L'horizon technologique fixé est donc 2030-2035.

En outre, les technologies d'armement n'ont pas leur place ici. Seules nous intéressent les technologies qui permettent au corps d'interagir avec son environnement, c'est-à-dire un espace à cinq dimensions : les trois qui définissent l'espace euclidien, auxquelles s'ajoutent le temps et le cyberspace, seul milieu artificiel. Les interactions y sont d'ordre physique, moral ou intellectuel. Il s'agit donc de se concentrer sur les technologies qui permettent à l'homme d'appréhender cet environnement d'un point de vue cognitif, de s'y déplacer, d'y conserver son intégrité tout en minimisant les contraintes liées à la violence ou au stress des combats. Ainsi, l'homme connecté, l'homme préservé, l'homme évolué et finalement l'homme transformé seront successivement abordés, au travers des technologies qui les redéfiniront dans un avenir proche.

Par soucis de concision, nous nous limiterons par ailleurs à un type de combattant : le fantassin débarqué. Les problématiques sont largement différentes selon que le soldat travaille en équipage ou ne soit qu'un des maillons d'un système d'arme complexe. Loin du pilote associé à son avion, du marin à son bateau, le fantassin est probablement le combattant dont le corps est l'outil de travail le plus essentiel, dont les performances définissent les possibilités de victoire... ou de défaite. D'autres études pourront être menées à l'avenir sur d'autres fonctions combattantes.

On verra enfin que la technologie n'est pas encore toute-puissante. Si le soldat augmenté s'incarne pour l'instant dans l'homme connecté (1), il peine à émerger dans d'autres champs comme la mobilité, du fait notamment des

contraintes de protection (2). Pouvant bénéficier d'avancées certaines dans de nombreux autres domaines (3), le soldat augmenté du futur n'émergera vraiment qu'au gré des progrès dans le domaine des sciences de la vie (4). À moyen terme, les conséquences opérationnelles les plus importantes devraient se faire sentir dans la manière dont les hommes sont distribués sur le champ de bataille, et dont leur cohésion évolue (5).

# L'homme connecté : appréhender l'environnement

Une nouvelle ère semble s'ouvrir pour le fantassin. Autrefois apprécié dans les armées de masse par son nombre plutôt que par sa valeur individuelle, il est aujourd'hui devenu plus rare et plus cher. Il fait donc l'objet d'une attention accrue. Cette nouvelle donne entraîne une redistribution des cartes sur différents aspects, tels que l'emploi, l'entraînement et l'équipement du fantassin. Il ne s'agit plus de vêtir et d'armer des millions d'hommes avec des équipements peu onéreux et reproductibles en grande série, comme au temps de la guerre froide. Le défi est désormais d'intégrer des technologies de pointe dans son équipement, afin de le faire monter en gamme et de lui assurer une supériorité relative sur ses adversaires, avant même d'être à leur contact.

## L'enjeu de la connectivité

### *L'origine des projets actuels*

À la fin du xx<sup>e</sup> siècle, le concept de révolution dans les affaires militaires (RAM) domine les débats dans le monde de la défense. En 1991, la guerre du Golfe a montré l'intérêt des nouvelles technologies d'information et de communication (NTIC) pour les militaires. Il s'agit alors d'exploiter plus systématiquement les informations recueillies sur le champ de bataille grâce à la multiplication des capteurs et des moyens de leur traitement. Dissiper le brouillard qui voile le dispositif ennemi permet d'améliorer les processus de décision, de frapper avec précision les postes de commandement et les moyens de l'adversaire à l'aide de munitions guidées, pour finalement le paralyser. L'intégration des échelons de commandement et des unités tactiques facilite la diffusion de l'information et réduit le temps entre l'acquisition d'un renseignement sur un objectif potentiel et sa destruction<sup>10</sup>.

Les principes opérationnels que dessine la RAM s'imposent progressivement dans les esprits et certains projets émergent au début du XXI<sup>e</sup> siècle pour redessiner l'architecture des forces. En France, dans le domaine terrestre, le projet de Numérisation de l'espace de bataille (NEB)

---

10. A. F. Krepinevich, « Cavalry to Computers: The Pattern of Military Revolutions », *The National Interest*, n° 37, automne 1994, p. 30-42 ; E. A. Cohen, « A Revolution in Warfare », *Foreign Affairs*, mars-avril 1996, p. 37-54.

incarne cette volonté de donner toute leur place aux NTIC. Mais le programme le plus ambitieux est le Future Combat System (FCS) de l'US Army. Il doit fournir aux soldats américains les moyens de se déployer en moins de 96 heures dans n'importe quelle partie du monde et d'y triompher de leurs adversaires. Les véhicules doivent être assez légers pour être transportés dans des avions C-130 ou des C-17 capables d'atterrir sur n'importe quel aéroport secondaire dans le monde. Le FCS se présente comme un système de systèmes, composé de 18 éléments dont des plateformes terrestres ou aériennes, pilotées ou automatisées, connectés entre elles par des réseaux de communication et d'ordinateurs. La valorisation des capacités C4ISR ou la grande mobilité des plateformes doivent contribuer à garantir la protection des unités. Le déploiement initial des premières brigades FCS est prévu pour 2015, et une force de 15 brigades FCS doit être constituée en 2025<sup>11</sup>.

Des programmes plus spécifiques se concentrent sur les performances des fantassins. En France, le système FELIN (Fantassin à équipements et liaisons intégrés) prévoit d'équiper le combattant débarqué de systèmes optroniques, électroniques et informatiques. Le fantassin doit par exemple disposer d'ordinateurs portables, d'un casque sur lequel se fixe un monoculaire avec deux écrans LED, d'une caméra avec intensification de lumière et d'un ostéophone pour communiquer discrètement avec les autres membres d'une section. Les appareils de visée des armes sont reliés aux systèmes de communication. Les images des points d'impact potentiels peuvent être envoyées en temps réel aux autres membres de la section. Il est ainsi possible de tirer sur une cible en restant à couvert<sup>12</sup>.

Quatre-vingt-dix systèmes FELIN sont initialement livrés en mai 2010 à l'École de l'infanterie, avant d'être testés en Afghanistan. Ils ne donnent qu'une satisfaction relative dans un premier temps. Un des reproches leur étant souvent adressé est le poids de l'équipement, épuisant à porter en conditions opérationnelles<sup>13</sup>. Certaines fonctions sont peu utilisées car trop compliquées à mettre en œuvre. Enfin, certaines technologies ne sont pas encore arrivées à maturité, comme le *Big Data*, l'intelligence artificielle ou les solutions de sécurité dans le domaine cyber. Le fonctionnement au quotidien de FELIN s'en ressent.

---

11. C. G. Perrin *et al.*, *Lessons from the Army's Future System Combat Program*, Santa Monica, RAND Corporation, 2012.

12. J. Gordon IV, J. Matsumura, A. Adler, *et al.*, *Comparing U.S. Army Systems with Foreign Counterparts*, Santa Monica, RAND Corporation, 2015, p. 85-86.

13. Audition du général Bertrand Ract Madoux, chef d'état-major de l'armée de Terre, Paris, Assemblée Nationale, Commission de la défense nationale et des forces armées, juillet 2012.

Le constat est encore plus amer pour les grands programmes structurants. En France, la NEB peine à convaincre ses utilisateurs. Les raisons de cette déception sont proches de celles qui ont causé la déconvenue des premières versions de FELIN<sup>14</sup>. Mais l'échec le plus retentissant survient aux États-Unis quand le Secrétaire à la Défense Robert Gates décide de mettre brutalement fin au FCS en 2009, en abandonnant les programmes des véhicules et en restructurant ceux des plateformes automatisées et des réseaux.

Plusieurs raisons expliquent son choix. La première est opérationnelle. L'US Army était alors impliquée depuis plus de cinq ans en Irak et en Afghanistan. Les retours d'expérience de ces théâtres montrent que les véhicules lourds et bien protégés restent indispensables, notamment face à la menace des engins explosifs improvisés (ou IED) qui constituent alors la majorité des pertes américaines. Or les véhicules du FCS ne dépassaient pas 20 tonnes. Sauver le programme aurait impliqué de changer ses fondements doctrinaux trop prononcés, et donc de le dénaturer.

Le choix des projets s'était par ailleurs révélé trop hardi d'un point de vue technique, comme pour le programme FELIN. Les responsables avaient décidé de s'appuyer sur des technologies prometteuses mais encore peu développées pour fabriquer simultanément les réseaux ou les véhicules. Malheureusement pour l'Army, les industriels ne parvenaient pas à maîtriser ces technologies avancées, manquant de savoir-faire et de personnel qualifié. La mauvaise gouvernance industrielle du FCS fut aussi évoquée pour enterrer définitivement le programme, qui a coûté environ 18 milliards de dollars aux contribuables américains. Le projet prenait toujours plus de retard avec un prix en constante augmentation<sup>15</sup>.

La situation semble donc paradoxale aux alentours des années 2010-2015. L'importance de la numérisation du champ de bataille est bien perçue par les états-majors. Des programmes naissent qui couvrent à la fois tout le spectre de la guerre et se déclinent plus étroitement en réseau, véhicules ou équipements individuels. Les résultats sont cependant en deçà des espérances initiales, notamment du fait d'un manque de maturité de certaines technologies. Les efforts et les recherches se poursuivent néanmoins, de sorte que de nombreux projets qui se concrétisent aujourd'hui bénéficient des recherches du passé.

---

14. C. Bedez, « De la numérisation de l'espace de bataille à l'info-valorisation : gagner la confiance des utilisateurs tactiques », *Pensée Mili-Terre*, CDEC, 13 juillet 2018, article disponible sur : [www.penseemiliterre.fr](http://www.penseemiliterre.fr).

15. C. G. Perrin et al., *Lessons from the Army's Future System Combat Program*, op. cit.

## Tour d'horizon des projets en cours

La plupart des pays proposent désormais des programmes bâtis autour de la connectivité, afin d'améliorer les capacités tactiques du fantassin. Les principales puissances militaires déclinent leurs propres architectures et équipements pour favoriser cette mise en réseau des différents acteurs du champ de bataille.

En France, le programme FELIN continue à évoluer. Le soldat est vêtu d'un gilet de protection balistique et pourrait être équipé à l'avenir d'une visière pare-éclats pour se protéger. Des jumelles de vision nocturne et des pointeurs laser sont mis à sa disposition pour améliorer ses capacités de tir. Les moyens de communication intra-groupe seront renouvelés, avec la mise en place l'équipement radio standard portatif (ERS-p) CONTACT à la place de l'actuel poste radio de 4<sup>e</sup> génération (PR4G)<sup>16</sup>. Surtout, l'ensemble des éléments qui forment les groupes de combat sont mis en réseau et peuvent échanger. Par ailleurs, les systèmes de communication des fantassins, des VBMR (Véhicule blindé multi rôle) *Griffon*, des EBRC (Engin blindé de reconnaissance et de combat) *Jaguar* ou de la version rénovée du char *Leclerc* seront bientôt compatibles et intégrés au sein du seul système d'information de Scorpion (SICS)<sup>17</sup>.

En Grande-Bretagne, la mise au point de la troisième version du programme Future Integrated Soldier Technology (FIST), dédié à l'équipement du fantassin débarqué, est en cours. La connexion du fantassin avec les autres plateformes qui l'entourent fait l'objet d'une attention particulière. Les soldats britanniques devraient pouvoir accéder à terme aux images recueillies par le drone britannique *Watchkeeper*, actuellement en développement. Elles seraient projetées sur des moyens de restitution solidement fixés au casque du soldat. Les points d'impact des nouveaux armements, comme le lance-grenades SA-80, devraient aussi apparaître sur ces dispositifs. La tenue du fantassin doit également évoluer pour réduire ses signatures visuelle ou thermique. L'ensemble est en outre modulaire, c'est-à-dire que le commandement décide des équipements à prendre en fonction du type de mission. Un million de livres sterling est enfin investi dans un programme de réalité virtuelle pour que le combattant appréhende mieux son environnement<sup>18</sup>.

---

16. « Félin, fantassin à équipement et liaisons intégrés », Armée de Terre, page technique disponible sur : [www.defense.gouv.fr](http://www.defense.gouv.fr).

17. « Le programme Scorpion », Armée de Terre, brève disponible sur : [www.defense.gouv.fr](http://www.defense.gouv.fr).

18. « Programmes At a Glance : January 2020 », *soldierMod.Com*, p. 11, rapport disponible sur : [www.soldiermod.com](http://www.soldiermod.com).

En Israël, Elbit Systems a été chargé de la modernisation numérique des équipements des sections d'infanterie. Leur projet industriel s'est incarné dans le Dominator Integrated Infantry Combat Systems (IICS)<sup>19</sup>. La connectivité entre les différents acteurs est bien sûr particulièrement soignée, puisqu'il est possible de partager la situation tactique instantanément ou de prendre connaissance d'informations enregistrées sur les dispositifs intégrés au casque. L'équipement est modulable selon la mission, et la section peut être entourée de drones aériens ou terrestres qu'elle contrôle pendant sa progression. Pour continuer à s'orienter dans des rues où la réception du signal GPS est mauvaise ou dans les souterrains, le fantassin israélien dispose d'un système de navigation qui s'affranchit, si besoin, de la réception des satellites. À la manière des centrales à inertie, un système détecte tous les mouvements d'un soldat. Il en déduit son trajet et sa position. Le soldat peut dès lors plus facilement rejoindre un point de rendez-vous s'il s'est égaré.

Le programme IICS connaît plusieurs succès à l'export, avec des modules achetés par les armées de terre autrichienne, finlandaise, et bientôt indienne. Les ingénieurs israéliens poursuivent néanmoins leurs recherches pour continuer à enrichir leurs produits. À terme, les fantassins israéliens devraient être équipés du *Raptor*, petit ordinateur portable pensé spécifiquement pour le soldat. Il ne pèse que 285 grammes, dispose d'un écran résistant de 4,3 pouces et peut être utilisé avec des gants. Le soldat pourra envoyer depuis cet ordinateur des données en temps réel sur les prochains objectifs, et gérer toutes les phases de combat comme la planification d'une opération, son briefing, son exécution et son débriefing<sup>20</sup>. D'autres appareils, comme des smartphones cryptés devraient compléter la panoplie numérique des soldats de Tsahal.

La Russie développe ses propres solutions avec le programme *Ratnik*, dont la troisième version est annoncée<sup>21</sup>. Là encore, l'intégration du fantassin dans les réseaux de communication est jugée indispensable. Le système *Musketeer* assure la transmission des informations essentielles. Les aides à la navigation tirent bien sûr leurs informations des signaux reçus depuis la constellation GLONASS, version russe du GPS américain.

Enfin aux États-Unis, l'US Army soutient le projet *Nett Warrior*<sup>22</sup>. La connectivité est notamment assurée par un téléphone de type Samsung

---

19. *Ibid.*, p. 6.

20. « Tactical Computers », Elbit Systems, fiche technique disponible sur : [elbitsystems.com](http://elbitsystems.com).

21. I. D'Costa, « This Is Russia's Next Generation Combat Armor Suit – and It's Straight Out of Robocop », *Military Times*, article disponible sur : [www.militarytimes.com](http://www.militarytimes.com).

22. S. McIntire, « Nett Warrior: Enhancing Battlefield Connectivity and Communications », *Aerospace & Defense Technology*, 1<sup>er</sup> avril 2018, article disponible sur : [www.aerodefensetech.com](http://www.aerodefensetech.com).

Galaxy, qui offre les traditionnelles capacités d'imagerie ou d'écriture de texte et dispose de fonctions GPS. La position du chef de groupe est fournie sur une carte digitale. Des radios complètent les besoins en communication. Sept mille systèmes avaient déjà été fournis en janvier 2020 à l'armée de Terre américaine. Dix mille autres sont en fabrication. Le système a déjà été testé avec succès lors de l'exercice multinational *Saber Strike 18*, facilitant les échanges entre les différents échelons du commandement, depuis les états-majors de régiment jusqu'aux sections de combat<sup>23</sup>.

Comme le montre ce rapide tour d'horizon, les efforts consentis pour que le simple combattant dispose avec ses frères d'armes de moyens de connexion au moins similaires à ceux d'un civil dans sa vie quotidienne sont significatifs. Les difficultés initiales rencontrées lors du développement des premiers projets sont progressivement surmontées. Les promesses des zélotes de la RAM pourraient lentement se matérialiser, d'autant plus que la réflexion théorique ou les avancées industrielles dans le champ militaire ou civil de la digitalisation se poursuivent.

## Quelle connectivité pour demain ?

Un des défis les plus sérieux de la connectivité est de mettre à disposition du combattant un vaste volume d'informations numériques sans entamer sa capacité d'attention et sa prise sur la réalité. La piste de la réalité augmentée semble aujourd'hui une des plus prometteuses pour répondre à ce défi.

### *La réalité augmentée*

Les pilotes britanniques de la Seconde Guerre mondiale sont les premiers à avoir bénéficié d'un dispositif assimilable à la réalité augmentée. Dans certaines versions avancées du bombardier tactique *Mosquito*, les équipages naviguaient plus facilement de nuit grâce à la projection d'un horizon artificiel et d'informations provenant du radar sur une glace frontale<sup>24</sup>. Ce principe dit de la visée tête haute, ou *head-up display* (HUD) en anglais, est promis à un bel avenir. Alors que les Américains poursuivent les recherches dans ce domaine dans les années 1950, un autre bombardier tactique britannique, le *Buccaneer*, est équipé pour la première fois en 1958 d'un viseur adapté au tir de bombes à basse altitude, avec la projection dans la ligne de vue frontale du pilote des paramètres de vol et de tir<sup>25</sup>.

---

23. « Programmes at a Glance: January 2020 », *op. cit.*, p. 12.

24. J. Johnson, « The Past and Future of the Head-up Display, the Original Augmented Reality », *Intelligencer*, 23 janvier 2019, article disponible sur : [nymag.com](http://nymag.com).

25. D. Nijboer et D. Patterson, *Fighting Cockpits: In the Pilot's Seat of Great Military Aircraft from World War I to Today*, Minneapolis, Zenith Press, 2016, p. 161-162.

Le HUD s'installe définitivement à partir des années 1970-1980, avec les avions de 3<sup>e</sup> et surtout de 4<sup>e</sup> génération. Désormais, les pilotes ont moins besoin de se concentrer sur les instruments ou les écrans répartis dans leurs cockpits. Les principales informations sont répétées devant eux sur une glace frontale et projetées de telle sorte que le pilote n'a pas besoin d'accommoder sa vue quand il regarde à l'extérieur. Elles restent par ailleurs visibles quelle que soit la luminosité extérieure. Les pilotes peuvent se concentrer plus facilement sur la surveillance du ciel, l'identification des points d'intérêts lors des navigations à basse altitude tout en contrôlant la hauteur de vol, la direction et la distance de l'objectif, ou le point d'impact de leurs munitions.

En 1968, un chercheur de l'université d'Harvard, Ivan Sutherland, met au point un dispositif baptisé « Épée de Damoclès », désormais considéré comme le premier casque de réalité augmentée. S'appuyant sur un logiciel de traitement d'image conçu avec deux étudiants, il élabore un détecteur de mouvement, grâce à deux capteurs qui repèrent la position de la tête. L'image projetée est adaptée à chaque nouvelle position des yeux en fonction des mouvements enregistrés. L'ensemble est cependant lourd et rudimentaire. Mais, progressivement, de nouveaux procédés sont développés et les composants voient leur taille se réduire et devenir portables, à l'image des ordinateurs. Des accéléromètres, des gyroscopes, des moyens de géolocalisation aident à suivre la position d'un individu par rapport à son environnement avec plus de précision, et synchronisent l'affichage de la réalité visible et d'informations supplémentaires.

Bientôt, les informations projetées sur les glaces frontales des HUD sont présentées sur les visières mêmes des casques des pilotes. De nouvelles fonctionnalités apparaissent. La direction des canons est asservie à la direction du regard du pilote sur l'hélicoptère de combat AH-64 *Apache*. La position d'un avion est indiquée sur la visière du casque grâce à l'interprétation des informations issues du radar ou d'autres capteurs passifs. Sur certains biplaces, la détection d'un aéronef hostile par un pilote ou un navigateur est automatiquement transmise vers l'autre membre d'équipage, avec le ralliement des autodirecteurs infrarouges des missiles. Alors que les missions deviennent de plus en plus complexes du fait des performances accrues des aéronefs et de leurs équipements, les pilotes peuvent continuer à gérer leur environnement en ayant accès aux informations essentielles sans que leur regard ne passe nécessairement par une position fixe. Signe des temps, le cockpit du F-35 *Lightning II* n'est plus équipé de HUD, rendu superflu par un casque transformé en véritable centre de fusion de données et de commandement.

## Réalité augmentée et *situation awareness*

La réalité augmentée désigne toute interface virtuelle, en 2D ou en 3D, qui enrichit une image du monde réel par la superposition d'informations complémentaires sous forme de texte, de sons ou d'objets virtuels. Après être devenue un élément incontournable de la guerre aérienne moderne, la réalité augmentée s'impose lentement dans la guerre terrestre. L'armée de terre française doit par exemple acquérir un casque de réalité augmentée pour le fantassin (RAFT), qui dispose d'un système d'affichage développé par Scalian et garantit l'interconnexion des membres d'une unité par le wifi ou le Bluetooth<sup>26</sup>.

À la manière des aviateurs, les combattants terrestres vont pouvoir améliorer sensiblement leur *situation awareness* (SA) ou appréhension de l'environnement. La SA peut être définie comme « le processus cognitif destiné à percevoir et comprendre la signification d'un environnement donné, menant à la capacité de prendre des bonnes décisions au bon moment pour ce qui concerne les futurs événements probables dans cet environnement<sup>27</sup> ».

Le combattant terrestre évolue dans des zones complexes avec des situations très mouvantes. Le champ de bataille urbain en est un exemple, mais tous les terrains parsemés d'obstacles (bâtiments, reliefs, etc.) posent des problèmes. Leur adversaire peut alors tirer profit des couverts pour se déplacer discrètement et attaquer depuis une position avantageuse. À la manière d'un pilote engagé en combat aérien, qui doit prendre en compte l'ensemble des aéronefs présents dans son volume de combat, anticiper leurs trajectoires et leurs tirs éventuels sans conserver nécessairement un contact visuel sur eux, les soldats doivent maîtriser autant que possible leur environnement et le déplacement des différents mobiles sans disposer d'une vue directe.

Le potentiel de la réalité augmentée dans l'accompagnement du fantassin est immense. De nombreuses informations peuvent être synthétisées et présentées de manière ergonomique au soldat. La position des forces amies, des plateformes automatisées ou des unités ennemies connues peut être affichée avec des symboles de couleur. Des renseignements sur leur état sanitaire peuvent être ajoutés. L'itinéraire le plus sûr à emprunter peut également être indiqué à l'aide de flèches ou de vecteurs. Dans le cas où une intelligence artificielle serait associée à la conduite de la mission, le choix des armes et des munitions à employer

---

26. P. Agnan, « [FID 2018] RAFT : vers une réalité augmentée pour les fantassins », Ministère des Armées, 21 novembre 2018, publication disponible sur : [www.defense.gouv.fr](http://www.defense.gouv.fr).

27. M. D. Matthews, L. D. Strater et M. R. Endsley, « Situation Awareness Requirements for Infantry Platoon Leaders », *Military Psychology*, vol. 16, n° 3, 2004, p. 149.

pourrait être suggéré en fonction de la nature de l'objectif, de l'habileté des tireurs ou du reste de balles ou de roquettes disponibles.

Ces informations pourront bien sûr être partagées vers les échelons supérieurs ou des états-majors, qui peuvent parfaire leur vision directe et immédiate du champ de bataille en les intégrant. Ces échelons de commandement pourront à leur tour nourrir les troupes engagées avec des renseignements importants. La loi empirique de Robert Metcalfe selon laquelle « l'utilité d'un réseau est proportionnelle au carré de ses utilisateurs » sera particulièrement vérifiée. Un réseau constitué de 10 personnes a une valeur de 100. Si l'on double le nombre d'utilisateurs pour arriver à 20, la valeur du réseau quadruple et atteint 400. En intégrant le réseau tactique, en devenant à la fois un capteur et un récepteur, en ayant accès en temps réel aux principales informations directement présentées à sa vue, le soldat augmente ses capacités et celles de chacun des membres du réseau. Il contribue à construire une SA collaborative et collective, même au sein d'unités dispersées.

### **Quel avenir pour la réalité augmentée ?**

Des projets sont régulièrement évoqués pour étendre les applications de la réalité augmentée. Elle pourrait par exemple être employée pour voir à travers les obstacles ou les blindages. En juillet 2018, l'armée israélienne annonçait le début de l'intégration du système *Iron Vision*, développé par Elbit, sur les casques de ses équipages de chars. Comme pour le F-35, le système est relié à une série de caméras haute résolution répartie autour du blindé et peut éventuellement recevoir des vidéos de plateformes pilotées à distance ou automatisées<sup>28</sup>. Une image de l'environnement extérieur est projetée sur les visières des casques des tankistes. Ils peuvent alors observer tout autour de leur véhicule sans s'exposer hors de la tourelle.

Les fantassins pourraient bénéficier également de ces avancées. La projection sur la visière de leur casque ou par l'intermédiaire de lunettes connectées d'une réalité extérieure simulée grâce la numérisation de cartes ou d'images pourrait se développer. Ils auraient ainsi l'opportunité de limiter leurs temps d'exposition aux tirs adverses, en restant par exemple derrière une paroi, tout en connaissant les contours du terrain au-delà du mur.

Par ailleurs, la réalité augmentée pourrait nourrir d'autres sens que la vue. Comme précédemment exposé, des sons émis dans le casque en 3D audio pourraient indiquer la direction de coups de feu. Et des pressions particulières sur le corps, comme les mains grâce au port de gants spéciaux,

---

28. J. Trevithick, « Israel Unveils Updated Armored Command Vehicle and Will Give Merkava Tanks X-ray Vision », *The Drive*, 29 août 2018, article disponible sur : [www.thedrive.com](http://www.thedrive.com).

ou la tête au travers de cordons intégrés au casque, pourraient alerter les futurs combattants terrestres d'un danger particulier.

L'alliance de la réalité augmentée et de la réalité virtuelle pourrait enfin susciter de nouvelles opportunités. L'objet de la réalité virtuelle est de projeter l'opérateur dans un environnement digital où il interagit avec des objets ou des êtres artificiels. Coupé de la réalité, l'opérateur peut parfois ressentir de la claustrophobie ou se déplacer sans précaution dans l'environnement physique où se tient l'expérience, et se heurter à des obstacles ou aux murs. Pour autant, la réalité virtuelle est en pleine expansion, notamment grâce au développement des jeux vidéo, toujours plus élaborés techniquement pour séduire une clientèle exigeante. Ses applications dans la formation ou l'entraînement semblent considérables. La réalité virtuelle offre la possibilité d'apprendre plus facilement des procédures écrites parfois complexes en répétant les gestes associés, en manipulant des objets, en allant au-delà des textes pour comprendre les conséquences de certains actes. L'opérateur peut répéter ses gammes à n'importe quelle heure, dans n'importe quel lieu, avec la fréquence désirée. À terme, des scénarios d'entraînement peuvent être élaborés avec des adversaires simulés par hologrammes, dont le nombre et l'armement peuvent varier selon les besoins. Si de tels procédés ne remplacent évidemment pas la pratique et l'entraînement dans les conditions réelles, ils méritent d'être pris en considération.

### ***Des défis à relever***

Bien que le principe d'éclairer le soldat sur l'évolution de son environnement emporte généralement l'adhésion, la manière d'y parvenir est en revanche plus discutée. Relier un groupe d'hommes par des moyens de réalité augmentée est une innovation qui soulève de nouveaux problèmes d'ordre tant technologique qu'humain.

### **Aspects techniques**

Même si la technologie progresse, elle reste encore limitée par certains aspects. Les groupes de combat élémentaires travaillent ainsi sur des portées réduites, avec un débit plutôt conséquent sur les faibles distances. Pour autant, la mise à jour des informations peut s'avérer trop lente dans certains cas. Des problèmes de latence peuvent subvenir s'il est nécessaire de télécharger un volume d'information très important tout en assurant les échanges numériques normaux. Le niveau de service serait par exemple dégradé si l'obtention d'une image satellite de la zone de manœuvre était jugée prioritaire par rapport au renouvellement en temps réel de la situation tactique. Un choix devrait être fait pour favoriser l'une ou l'autre option.

La mise en place de réseaux 5G au moyen d'antennes relais idoines pourrait néanmoins résoudre en partie ces problèmes.

Par ailleurs, les informations ajoutées visuellement dans le cadre de la réalité augmentée doivent coïncider parfaitement avec les objets ou le terrain du monde réel. La position supposée des soldats amis ou ennemis ne peut supporter un quelconque décalage, surtout quand les deux camps viennent au contact. Les risques de tirs fratricides deviendraient trop importants. Les indications de trajectoire doivent donc être précises, pour ne pas s'égarer à un moment critique. Il s'agit d'empêcher d'une manière générale la prise de décision approximative dont les conséquences pourraient être catastrophiques.

Enfin, la capacité à travailler en conditions dégradées doit rester une priorité. Un pilote de F-35 ne peut décoller et effectuer sa mission si son casque, qui coûte 600 000 dollars, ne fonctionne pas. Le manque d'informations ne doit pourtant pas être une barrière à l'engagement. Pire, après avoir été incapable pendant des siècles de voir de « l'autre côté de la colline », le guerrier risque de souffrir d'un nouveau mal. Celui d'en savoir trop, sans parvenir à discerner l'essentiel du superflu. L'abondance de l'information, ou infobésité, peut noyer le soldat dans un océan de données où, sous la pression des événements ou du combat, il serait incapable de faire émerger et de sélectionner les quelques éléments qui l'aideraient à être plus performant.

### Aspects humains

Les dispositifs numériques qui doivent assister les militaires peuvent devenir des pièges mortels. Lors d'un entraînement avec ses hommes, un lieutenant américain exprimait toute son horreur après avoir pratiquement perdu tous les membres d'une patrouille qui avaient les yeux rivés sur leurs écrans, alors qu'ils progressaient vers une zone où se préparait une embuscade<sup>29</sup>. Distracts par certaines applications « *user-friendly* » ou essayant simplement de décrypter les ordres écrits reçus sur leurs terminaux, les soldats peuvent se couper de la réalité. Ils deviennent alors très vulnérables. Comme le nombre d'accidents de la route de piétons a triplé entre 2004 et 2010 avec l'introduction généralisée des smartphones dans le monde civil<sup>30</sup>, le volume de soldats blessés ou tués pourrait sensiblement augmenter en temps de guerre avec la multiplication des diversions

---

29. J. Spencer, « The Dangers of Distracted Fighting », *Wired*, 9 octobre 2019, article disponible sur : [www.wired.com](http://www.wired.com).

30. *Ibid.*

numériques. Le commandement à la voix ou par signaux conventionnels reste en ce sens toujours d'actualité.

Certains professionnels vont même plus loin. Dans la revue *Fantassin* le colonel Paul Bury, commandant la Force d'expertise du combat Scorpion, évoque les spécificités du combat d'infanterie débarquée. Il rappelle que le rôle du fantassin est d'assurer le « combat des derniers mètres et (...) la tenue du terrain dans la durée<sup>31</sup> ». Il souligne l'impératif de se battre « parfois au corps à corps, quand l'avantage des moyens de communication et de partage de l'information est fortement nivelé par un combat dans lequel les actes réflexes et élémentaires, individuels comme collectifs, prennent tout autant que le courage le pas sur l'environnement technique. » Par ailleurs, le fantassin ne saurait être réduit au rang de capteur privilégié, car il recueille des informations au plus près de l'ennemi. L'équipement nécessaire pour accomplir une telle tâche l'alourdit sensiblement, notamment du fait de l'import de sources d'énergie importantes pour le fonctionnement des systèmes numériques. Ses performances dans le temps en sont sévèrement entamées. La technologie ne saurait remplacer les qualités morales et mentales du fantassin, seules garantes de sa capacité à franchir sous le feu la distance qui le sépare de son ennemi.

De même, s'entraîner face à des moyens de réalité augmentée ou virtuelle contrôlés par une intelligence artificielle peut présenter des effets pervers. Les soldats en cours de formation peuvent développer des stratégies adaptées pour satisfaire les critères de réussite enregistrés dans la machine, aux dépens de ceux qui comptent vraiment sur le champ de bataille. L'Integrated Visual Augmentation System américain est ainsi un programme qui forme les militaires à l'aide de la réalité virtuelle et augmentée<sup>32</sup>. Ce système suit les mouvements des yeux ou des mains des soldats et enregistre leurs voix. Ces données biométriques sont combinées avec des données comportementales pour mettre en évidence les points faibles des individus. Or, les experts de l'IA ont identifié un processus, appelé classification stratégique, selon lequel les individus changent d'attitude pour obtenir une meilleure classification de la machine. Ils comprennent quelles références ont été introduites dans les algorithmes et modifient leur comportement en fonction de ceux-ci. Pourtant, les modèles peuvent être insuffisamment développés et prendre mal en compte des critères opérationnels, légaux ou éthiques. Ils peuvent négliger le chaos sur le champ

---

31. L. Lagneau, « SCORPION ou pas, le "fantassin du futur" aura toujours besoin d'une carte et d'une boussole », *Zone militaire*, 26 mai 2019, article disponible sur : [www.opex360.com](http://www.opex360.com).

32. M. Verbruggen, « AI & Military Procurement: What Computers Still Can't Do », *War on the Rocks*, 5 mai 2020, article disponible sur : [warontherocks.com](http://warontherocks.com).

de bataille. La technologie, qui doit libérer le combattant, le formate alors de la mauvaise manière.

### Répondre aux défis

La première réponse à l'ensemble de ces problématiques est d'abord de bien choisir le type d'informations à présenter. Une analyse systématique des besoins à couvrir doit être menée, en association avec des spécialistes de la cognition, pour disposer d'un outil vraiment performant sur le champ de bataille. Une des premières enquêtes sur la manière dont la réalité augmentée pourrait assister les fantassins a été menée par des psychologues américains qui ont interrogé des soldats aguerris sur leurs besoins. Ils en ont déduit sept tâches essentielles à laquelle la réalité augmentée devait s'efforcer de contribuer : éviter des pertes, défaire la menace ennemie, se déplacer selon un *timing* donné, donner l'assaut, tenir un objectif, accomplir des opérations de stabilité et de soutien, et enfin, fonctionner dans un esprit d'équipe.

La réussite de ces tâches élémentaires est essentielle pour accomplir les missions demandées. Elles ont été divisées en tâches secondaires lors de l'enquête. La recherche du nombre de pertes le plus bas possible peut par exemple être obtenue en évitant la détection de l'ennemi, en maintenant le niveau de préparation des troupes, en se défendant contre une attaque, en réduisant le risque de tir fratricide ou en établissant une zone de sécurité.

Enfin, ces tâches secondaires ont elles-mêmes été subdivisées en sous-tâches, directement liées à la SA. Ainsi, les tentatives pour éviter la détection de l'ennemi peuvent être couronnées de succès si le comportement de l'ennemi est anticipé, si les zones dangereuses sont évitées et si les couverts ou la dissimulation sont bien employés. Il appartient alors à l'ingénieur, entouré de conseillers opérationnels et de spécialistes cognitifs, de traduire ces besoins en applications technologiques.

Une autre réponse complémentaire pour diminuer les risques de l'infobésité est de permettre au commandement de réduire le flux d'informations disponibles. Le chef de section pourrait ainsi sélectionner les données strictement nécessaires à la mission afin que ses hommes ne subissent pas de surcharge cognitive, avec des droits d'accès individualisés. L'affichage serait ainsi optimisé à chaque instant de l'opération. Des informations prioritaires pourraient toujours être exhibées en cas d'urgence, comme l'apparition impromptue d'une unité ennemie.

Dans le même esprit de réduction des données disponibles, la validité temporelle des informations doit être déterminée avec précision. Faut-il privilégier des informations à long terme avant l'engagement, pour gérer et

anticiper les problèmes, ou plutôt à court terme pendant le combat, pour agir ? Il sera en tout cas appréciable de pouvoir recycler des informations. Les données recueillies lors de la reconnaissance d'un village ou d'une zone en mission de contre-insurrection pourront par exemple être exploitées pour préparer un éventuel retour sur place plus tard. En cas d'accrochage, ce type d'information pourra aussi nourrir une intelligence artificielle conçue pour optimiser des engagements armés.

L'état physique du soldat pourrait également être pris en compte. Une étude appelée *Man Machine Teaming*<sup>33</sup> a notamment pour objet d'utiliser l'intelligence artificielle afin d'optimiser les aides aux équipages d'avion en condition de stress. À terme, des capteurs pourraient mesurer l'état de tension dans lequel se trouve le soldat<sup>34</sup>. Une intelligence artificielle pourrait alors faire varier les informations proposées au combattant selon son état de conscience. Elle l'alerterait notamment s'il ne réagissait pas avec la vigueur nécessaire à une situation problématique et lui indiquerait automatiquement des actions réflexes à suivre.

### Aspects structurels

Deux questions structurelles demeurent. La première est celle de l'architecture du réseau d'information. Les données seront stockées dans des *clouds* que les différents utilisateurs approvisionneront, et dans lequel ils piocheront. Idéalement, ce *cloud* doit être interarmes, interarmées, voire interallié. Son emplacement pourrait dépendre du type d'opérations. Il pourrait par exemple être aéroporté si la composante aérienne est largement impliquée dans l'opération. Le volume très important du *cloud* pourra être réduit par l'emport généralisé de mémoire portative individuelle, contenant des informations préenregistrées. Les problèmes d'interopérabilité sont quant à eux actuellement pris en compte en France avec le programme CONTACT, qui doit permettre d'équiper les forces des différentes composantes avec des postes de transmission compatibles entre eux, en termes de débit et de sécurité.

La seconde question est celle de la sécurité de ces réseaux. Les Russes ont largement développé leurs moyens de guerre électronique et tentent de perturber l'interconnexion entre les unités combattantes occidentales. Plusieurs niveaux de défense devront donc être envisagés, en fonction des avancées technologiques. Ils peuvent porter sur la protection des formes d'onde, des procédés d'évasion de fréquence ou sur une synchronisation

---

33. « Le projet *Man Machine Teaming* », 2019, informations disponibles sur : [man-machine-teaming.com](http://man-machine-teaming.com).

34. Mesure de la fréquence cardiaque, de l'activité du cerveau, de l'écartement de la pupille de l'œil par exemple.

poussée avec les brouilleurs. Le chiffrement à trois niveaux des couches de données comme des réseaux doivent aussi permettre de déjouer les plans de l'adversaire.

L'homme connecté est un homme augmenté *classique*, dans le sens défini en introduction de cette étude. Il peut certes voir à travers les murs ou entendre ce qui se passe à des dizaines de kilomètres de sa position grâce aux transmissions de données des capteurs. Il existe cependant une continuité dans la nature des travaux anciens des ingénieurs pour accroître la capacité des sens des soldats et leur offrir une meilleure appréhension de l'environnement, et les recherches actuelles. Le vrai changement réside dans le fait que le combattant est désormais intégré dans un réseau, qui a le potentiel de bouleverser les organisations hiérarchiques traditionnelles en les remplaçant par des architectures plus horizontales.



# L'homme préservé : l'avenir de la mobilité débarquée

Si la technologie offre de nouvelles perspectives dans le domaine de la connectivité, elle est aussi mobilisée pour tenter de résoudre des problèmes anciens affectant les performances des fantassins. Le poids des équipements et des protections individuelles en fait partie.

La protection, la létalité et la mobilité des blindés forment un triangle dont les éléments sont étroitement liés entre eux. Les observations empiriques montrent qu'augmenter une ou deux de ces caractéristiques tend généralement à amoindrir la dernière. L'intégration d'un blindage lourd et d'un armement de grand calibre augmentera par exemple sensiblement le poids du véhicule et grèvera sa mobilité.

Un tel raisonnement peut être aussi appliqué au fantassin en définissant un triangle poids/puissance de feu/mobilité<sup>35</sup>. S'il veut rester manœuvrant ce dernier doit porter un nombre réduit de charges ou d'armes lourdes. Or la technologie n'est pas parvenue à faire disparaître ces contraintes. Elles ont parfois été résolues tactiquement avec la division des tâches entre unités légères et lourdes. Les premières devaient se déplacer vite, s'approcher de l'adversaire, lui lancer des projectiles pour le harceler et l'user. Elles prenaient la fuite si l'ennemi devenait trop menaçant. Les secondes devaient agir quand la cohésion des unités adverses était fragilisée en les disloquant par le choc. L'opposition entre grenadiers et voltigeurs a longtemps incarné cette division du travail sur le champ de bataille.

Théoriquement, cette distinction existe toujours, entre les unités parachutistes par exemple et les unités des régiments d'infanterie traditionnels. Les traditions, les cultures et l'entraînement peuvent varier fortement. Mais au combat, les unités d'infanterie des armées occidentales tendent à accomplir simultanément les missions autrefois spécifiquement dédiées aux formations d'infanterie légère et lourde. Au niveau subtactique, le fantassin est même désigné par le terme grenadier-voltigeur. La solution tactique semble alors dans une impasse.

---

35. P. Chareyron, « Hoplites numériques : le combat d'infanterie à l'âge de l'information », *Focus stratégique*, n° 30, avril 2011.

La technologie moderne offre toutefois de nouvelles perspectives pour briser l'entrave du triangle, mais ce n'est trop souvent qu'à la marge. Des réflexions animent la communauté militaire, notamment pour réduire le poids porté par le fantassin et pour introduire de nouveaux procédés pour améliorer sa mobilité.

## Réduire le poids de l'équipement

### *Le paquetage*

La question du poids excessif de la charge que le soldat occidental doit emporter avec lui est très ancienne. Selon l'historien américain Victor Davis Hanson, l'art de la guerre occidental aurait privilégié depuis l'Antiquité l'infanterie lourde<sup>36</sup>. Les hoplites, soldats ou officiers, étaient accompagnés de serviteurs personnels qui transportaient leurs armes et leur remettaient avant qu'ils ne chargent, tant elles étaient lourdes<sup>37</sup>. À titre d'exemple, le paquetage des légionnaires romains pesait près de 40 kilogrammes (kg).

Le manque de mobilité des fantassins occidentaux face aux rebelles des guerres coloniales semble également être une constante. Le général Challe estimait ainsi durant la guerre d'Algérie que « le rebelle était plus mobile que nos meilleures troupes, je pense en particulier aux parachutistes et à la Légion, il était plus mobile qu'eux et il était beaucoup plus frugal. Le rebelle vivait avec un sac de kilos de figues et il vivait avec pendant trois ou quatre jours, ce que nos garçons étaient incapables de faire, bien entendu, comme les soldats de tout pays civilisé. <sup>38</sup> »

Ce phénomène persistant n'a pas empêché de nombreux ajustements du paquetage et de l'uniforme au cours du temps. Si l'on s'en tient aux 150 dernières années, trois bouleversements ont été décisifs<sup>39</sup>. L'équipement a d'abord été adapté pour que les soldats puissent tirer en position accroupie ou assise, grâce aux progrès dans la conception des fusils. Cela permettait de réduire l'exposition, de stabiliser la visée et de disposer plus de liberté de mouvement. L'avènement de la guerre industrielle au début du XX<sup>e</sup> siècle a également généralisé le port du casque et des tenues tirant sur le vert ou le marron, avant de devenir camouflées. Enfin, les Américains ont imposé une

---

36. V. D. Hanson, *Carnage et culture*, Paris, Flammarion, 2002, p. 38.

37. V. D. Hanson, *Le Modèle occidental de la guerre*, *op. cit.*, p. 95.

38. C. d'Abzac-Epezy et F. Pernet, « Les opérations en Algérie, décembre 1958-avril 1960. Le général Challe parle », in Service Historique de l'Armée de l'Air (SHAA), *Regards sur l'aviation militaire française en Algérie, 1954-1962*, SHAA, Paris, 2002, p. 119.

39. A. Roussel, « Études historiques sur l'évolution individuelle du fantassin », p. 29-38 in « Le soldat augmenté », *op. cit.*

approche plus scientifique de l'équipement pour optimiser l'emport individuel des GI pendant la Seconde Guerre mondiale.

Ces ajustements n'ont cependant pas permis de réduire sensiblement le poids des paquetages. Les soldats américains ont débarqué en Normandie le 6 juin 1944 avec près de 40 kg de paquetage sur les épaules<sup>40</sup> – soit à peu près autant que leurs successeurs dans les guerres d'Irak ou d'Afghanistan. Les conséquences de ces contraintes sont discutées. S. L. Marshall estimait en 1950 qu'elles étaient d'ordre psychologique et se traduisaient par de l'anxiété chez le soldat<sup>41</sup>. Cette enquête est néanmoins datée, et le manque de données qui l'entoure semble surtout traduire une intuition non confirmée de l'auteur. Des études médicales plus récentes ont montré que les effets de la surcharge étaient plutôt concentrés sur les capacités physiques des soldats. Ils entraînaient logiquement une fatigue qui dégradait l'ensemble des performances du soldat et de son unité. Plus le soldat marche longtemps avec de lourdes charges, sous de hautes températures, plus il s'épuise vite, avec une diminution des facultés de concentration ou d'attention. Le temps de réponse face au feu ennemi pour réagir, se protéger et répondre, augmente en proportion. Une étude confirme que le temps nécessaire pour acquérir une cible passe de 3 secondes en conditions normales à 3,5 dans certaines de ces configurations, soit une hausse de plus de 15 %<sup>42</sup>. La cohésion de l'unité peut souffrir par ailleurs de la défaillance physique passagère de certains hommes. Un coup de chaud d'un soldat contraindra à laisser des hommes près de lui pour le veiller tandis que d'autres poursuivront la progression.

Les effets sont également dramatiques à long terme, les charges lourdes pouvant aggraver certaines blessures ou faiblesses. Des soldats américains de 25 ans ont ainsi été mis à la retraite prématurément du fait d'arthrite dégénérative apparue précocement<sup>43</sup>. Près d'un tiers des évacuations médicales des champs de bataille en Irak ou Afghanistan entre 2004 et 2007 était causé par des blessures des tendons ou des muscles, soit deux fois plus que les blessures au combat. Entre 2003 et 2009, le nombre de soldats de l'US Army mis à la retraite après un problème musculaire était multiplié par dix<sup>44</sup>.

---

40. Ce qui explique pourquoi certains coulèrent en quittant leurs barges de débarquement sans avoir pied le 6 juin 1944. « The Overloaded Soldier: Why U.S. Infantry Now Carry More Weight Than Ever », *Popular Mechanics*, 26 décembre 2018, article disponible sur : [www.popularmechanics.com](http://www.popularmechanics.com).

41. S. L. A. Marshall, *The Soldiers Load and The Mobility of a Nation*, Quantico, The Marine Corps Association, 1980.

42. L. Fish et P. Scharre, « The Soldier's Heavy Load », Center for a New American Security, 2018, p. 11, article disponible sur : [www.cnas.org](http://www.cnas.org).

43. *Ibid.*

44. *Ibid.*

## ***Des solutions tactiques plutôt que technologiques ?***

La technologie pourrait-elle diminuer significativement le poids des charges portées par les fantassins ? La solution miracle ne semble pas exister dans l'immédiat. Pire, les avancées technologiques entraînent l'accumulation de dispositifs portables numériques sur le corps du fantassin. L'ajout de radios, d'ordinateurs portables, de GPS et de moyens optroniques sur le casque augmente sévèrement la charge que doit porter le soldat du XXI<sup>e</sup> siècle par rapport à ses prédécesseurs.

La logique technique ne doit cependant pas brider les initiatives tactiques. Des solutions iconoclastes pourraient être valorisées, même si les technologies n'ont pas atteint le point de maturité souhaité. La division du travail classique entre unités légères pourrait être à nouveau envisagée. C'est ce que propose astucieusement le capitaine Allgeyer, officier d'une unité blindée de l'US Army, dans un article récent<sup>45</sup>. Constatant lui aussi que le matériel de protection actuellement en dotation est mal adapté aux tâches de l'infanterie légère (équipements trop lourds) ou de l'infanterie lourde (équipements trop légers), il propose de transformer cette faiblesse en avantage. Les unités d'infanterie lourde seraient ainsi équipées avec des protections encore plus performantes pour résister le plus possible aux tirs des armes légères. Elles disposeraient d'une puissance de feu supérieure à celle des unités d'infanterie actuelles<sup>46</sup>. Combattant aux côtés d'unités d'infanterie légère, elles pourraient par exemple fixer des ennemis dans les combats urbains ou les contraindre à employer des armes plus lourdes pour les affronter, ce qui diminuerait sensiblement leur manœuvrabilité. Les unités d'infanterie légère, plus vulnérables mais plus manœuvrières, pourraient quant à elles assaillir leurs adversaires de différents côtés.

Il est probable que cette option ne soit pas retenue par les armées occidentales, contraintes en termes d'effectifs par rapport au nombre et à la diversité des missions imposées. La tendance est plutôt à l'uniformisation des capacités pour faire face aux besoins constants des opérations extérieures et constituer un réservoir de forces homogènes et polyvalentes à la disposition du commandement. Néanmoins, si le combat urbain dans des villes très étendues devenait la norme, la création de telles unités mériterait d'être discutée.

Si aucune solution tactique n'émerge, une autre option pourrait être de fixer d'abord une limite au poids total des charges transportées avant

---

45. M. Allgeyer, « The New Legionnaire and Modern Phalanx: Modern Ballistic Armor's Role in Returning Heavy Infantry Doctrine to the Battlefield », *Military Review*, avril-juin 2018, p. 15-23.

46. *Ibid.*, p. 20.

d'essayer de les réduire par la recherche<sup>47</sup>. Le commandement, plutôt que la technologie, doit tenir un rôle essentiel dans ce processus. Différentes études américaines tendent toutes vers un poids idéal de 25 kg pour l'ensemble du paquetage, soit le tiers du corps du soldat<sup>48</sup>. Mais pour arriver à un tel résultat, les problèmes causés par le poids des protections individuelles doivent être résolus.

### ***Le cas de la protection individuelle***

De fait, la protection individuelle des soldats face aux projectiles se généralise, compliquant encore plus l'équation de réduction de la masse du fantassin. Leur adoption s'explique par deux phénomènes. La réduction des pertes dans le cadre des conflits asymétriques est devenue un impératif politique. Par ailleurs, des solutions techniques existent pour y parvenir, même si elles ne sont pas toujours optimisées. Les protections individuelles sont essentiellement composées de plaques de céramique durcie, qui protègent le torse et les organes vitaux des balles des fusils automatiques. Des compléments plus légers et plus souples peuvent être ajoutés sur d'autres parties du corps pour limiter les blessures dues aux fragments ou aux balles de pistolet. Le visage et la tête peuvent enfin être mieux préservés aujourd'hui grâce au développement de casques en Kevlar.

Ces protections fonctionnent. Une étude historique montre qu'on meurt moins sur le champ de bataille de nos jours que dans le passé. Si l'on considère le nombre de blessés comparé au nombre de morts dans les conflits menés par les États-Unis, le rapport oscille sensiblement entre 2 et 4 entre 1812 et 2000, avec un pic de 3,8 pendant la Première Guerre mondiale et un minimum de 2,3 pendant la Seconde. Ce rapport est monté à 9,7 depuis 2001<sup>49</sup>. Sur 10 pertes, seul un seul soldat décède.

Mais cette performance a un coût. La protection du soldat américain a doublé de poids depuis 2003<sup>50</sup>. Les effets opérationnels de ce surpoids ont été décrits. Rajoutons dans ce cas que le fantassin doit accomplir encore plus d'efforts lorsqu'il évolue ou se déplace avec sa protection dans des volumes étroits comme les véhicules, les escaliers ou les couloirs des bâtiments exigus, ou quand il sort par les fenêtres d'une pièce. Les performances

---

47. Cette limite est aussi opérationnelle que psychologique. Il va de soi que certaines missions nécessitent un poids d'emport plus élevé. Mais elle pourrait accélérer les recherches pour y parvenir.

48. L. Fish et P. Scharre, « The Soldier's Heavy Load », *op. cit.*, p. 13-14.

49. La plus haute valeur est 4,3 pendant la guerre américano-espagnole en 1898 et le minimum est de 2 pendant la guerre de Sécession. Voir L. Fish et P. Scharre, « Soldier Protection Today », Center for a New American Security, 2018, p. 3.

50. *Ibid.*

physiques et cognitives se dégradent encore plus vite, et l'engagement des troupes ennemies plus mobiles devient encore plus aléatoire.

Le développement de nouveaux matériaux pourrait-il alléger le poids de ces protections individuelles ? Un tel mouvement nécessiterait d'abord un changement de stratégie dans la recherche et le développement. Celle-ci a jusqu'à présent été plutôt orientée vers l'amélioration de la protection que la réduction du poids<sup>51</sup>. Des solutions potentielles émergent cependant régulièrement, mais qui peinent à s'imposer.

La création d'une « armure liquide » est envisagée avec le développement de gilets pare-balles composés d'un mélange liquide de polymère et de nanoparticules, et entourés d'une enveloppe en kevlar. Le liquide se durcit en cas de choc violent, comme l'impact d'une balle. En France, la Direction générale de l'armement (DGA) a réfléchi à l'utilisation du nitrure de carbone dont les propriétés sont similaires<sup>52</sup>.

L'utilisation du graphène est également évoquée<sup>53</sup>. Deux couches de graphène accolées l'une à l'autre et parfaitement alignées peuvent devenir dans certaines conditions aussi dures que le diamant lorsqu'elles subissent une forte pression, comme l'impact d'une balle. Les conditions de production d'une telle protection sont toutefois très complexes et coûteuses : l'alignement des deux plaques ne doit souffrir d'aucun défaut. Les expérimentations n'auraient en outre été faites qu'avec des extraits microscopiques de graphène<sup>54</sup>.

Des solutions plus pragmatiques sont évoquées en attendant que la recherche progresse de manière décisive. Adapter exactement la taille de la protection aux formes du corps du soldat pourrait susciter des gains de poids non négligeables<sup>55</sup>. Individualiser les équipements de chaque soldat aurait cependant un coût non négligeable et marquerait une rupture par rapport à la culture d'uniformité si prégnante dans l'infanterie.

La Russie pourrait être en pointe dans ce domaine. Sous réserve de vérification, TsNIITochMash, le bureau d'essai étatique en charge du programme *Ratnik*, a annoncé que la deuxième version de la tenue pesait entre 20 et 25 kg, avec une protection qui pouvait atteindre 8 à 15 kg. Elle pouvait stopper les balles de calibre 7,62 millimètres et rester efficace à courte portée.

---

51. L. Fish et P. Scharre, « The Soldier's Heavy Load », *op. cit.*, p. 15.

52. P. Richard, « Des gilets pare-balles renforcés par des nanoparticules », *Les Échos*, 31 mai 2007, article disponible sur : [www.lesechos.fr](http://www.lesechos.fr).

53. K. Leary, « Two Layers of Graphene Make Diamond-Hard Armor That Can Stop a Bullet », *Futurism*, 21 décembre 2017, article disponible sur : [futurism.com](http://futurism.com).

54. « On Graphene Armor », *Diamond Age*, 28 mai 2019, article disponible sur : [diamondage.org](http://diamondage.org).

55. L. Fish et P. Scharre, « The Soldier's Heavy Load », *op. cit.*, p. 16.

## Le blast

Les progrès sensibles enregistrés pour la protection du soldat face aux balles n'ont cependant pas écarté tous les risques de blessures graves. Ils ont été déplacés. Les effets de surpression d'air que le corps doit absorber suite à des explosions proches de type IED, obus d'artillerie ou même de munitions de gros calibre existent depuis l'origine. Ces « effets arrière » sont de plus en plus fréquents et affectent souvent le cerveau quand le soldat en réchappe. En 2007, le nombre de blessures à la tête dépassait quantitativement celles au torse ou au ventre dans l'armée américaine<sup>56</sup>. Et un sondage commencé en 2000 et achevé en 2018 montrait, qu'en vingt ans, 380 000 membres des forces armées avaient souffert d'une manière ou d'une autre d'une blessure traumatique au cerveau<sup>57</sup>.

Caractériser ce type de blessure reste complexe car les signes extérieurs sont pratiquement absents. Les conséquences peuvent être cependant dramatiques. Les lésions au cerveau sont un handicap sévère pour le reste de la vie. Nombre de cas de syndromes post-traumatiques pourraient également être liés aux effets de souffle. Les soldats meurent moins sur le champ de bataille, mais ils peuvent en revenir avec des séquelles définitives.

Il est actuellement difficile de prévenir les effets de la surpression d'air sur le corps et le cerveau, car ils sont encore mal expliqués<sup>58</sup>. Différentes théories sont avancées. Citons les suivantes : les dommages peuvent être créés par l'air qui traverse les organes vitaux et les détériore. Les protections actuelles, fabriquées en céramique et durcies, pourraient accentuer le phénomène en servant de caisse de résonance. D'autres chercheurs estiment que des bulles de cavitation peuvent se former dans les régions proches du cerveau. D'autres pensent encore que le cerveau pourrait se déplacer violemment avec le choc et être sérieusement meurtri<sup>59</sup>. Dans certains cas, le cerveau pourrait même être indirectement atteint lorsque les extrémités du corps ont été les seules à être affectées par une explosion<sup>60</sup>. Une étude de 1999 montrait que 51 % de combattants ayant subi ce type de blessure avaient toujours des symptômes compatibles avec des blessures du cerveau traumatique.

Les solutions pour limiter les effets du *blast* doivent donc encore être développées et nécessitent d'autres recherches. Quelques améliorations sont

---

56. L. Fish et P. Scharre, « Protecting Warfighters from Blast Injury », Center for a New American Security, 2018, p. 5.

57. *Ibid.*

58. N. Prata, M. Laurentb, B. Prunetc, J.-C. Sarrond et F. Rongierase, « Le gilet pare-balles : éléments techniques, étude lésionnelle et limites », *Médecine et armées*, 2017, vol. 45, n° 4, p. 459-470.

59. L. Fish et P. Scharre, « Protecting Warfighters from Blast Injury », *op. cit.*, p. 9-11.

60. *Ibid.*, p. 19.

néanmoins déjà à relever. Le futur équipement du soldat français, composé du treillis modèle F3 sera par exemple fait dans un tissu « Ristop », capable de résister aux déchirures, mais aussi « au feu pendant sept secondes », soit « à peu près le temps qu'il faut pour extraire un personnel d'un véhicule en flammes<sup>61</sup> ». Il devrait surtout adhérer au plus près du corps du combattant, limitant les poches d'air et les effets de *blast*.

Par ailleurs, un gilet de protection appelé *Air Shock Absorber* est en train d'être mis au point par l'entreprise française RxR Protect et l'Institut de recherche biomédicale des armées (IRBA). Le principe de ce gilet est de proposer « un système de bulles d'air à pression réglable, qui absorbe et répartit l'énergie des impacts<sup>62</sup> ». Ce type de protection serait moins lourd que les dispositifs classiques, tout en assurant un service équivalent ou supérieur. L'enjeu est aujourd'hui de l'intégrer dans les équipements de protection contre les projectiles.

## Améliorer la mobilité

### *Exosquelettes et exosuits*

La réduction du poids de l'équipement du fantassin risque à terme de ne pas suffire pour améliorer la mobilité du combattant. L'ajout de composants externes est une autre option envisagée pour rompre définitivement le carcan du triangle protection/puissance de feu/mobilité. La robotique, avec le développement de robots mules portant une partie de la logistique individuelle et du packaging des combattants, est une solution parfois évoquée. Mais c'est l'usage d'exosquelettes qui est le plus régulièrement annoncé.

Les mondes de la logistique et de la médecine s'intéressent de plus en plus à l'usage d'exosquelettes. Le but de ces dispositifs est de soulager les manutentionnaires qui portent de lourdes charges, d'augmenter leur endurance et de diminuer les blessures. Des patients en convalescence ou des victimes d'accident peuvent de même retrouver une mobilité satisfaisante avec un minimum d'effort. Les exosquelettes militaires doivent offrir des ressources similaires, soit faciliter les déplacements à charge équivalente pour améliorer l'endurance du combattant, préserver son potentiel physique et enfin, limiter les blessures.

---

61. P. Samama, « Défense : l'Armée française dévoile l'équipement du combattant 202 », *BFM*, 1<sup>er</sup> février 2019, article disponible sur : [www.bfmtv.com](http://www.bfmtv.com).

62. L. Lagneau, « Le Service de Santé des Armées a mis au point un nouveau gilet pare-balles capable d'absorber les impacts », *Zone militaire*, 29 décembre 2019, article disponible sur : [www.opex360.com](http://www.opex360.com).

La DGA a soutenu au début des années 2010 le projet *Hercule*, dont les premières applications pratiques ont concerné le monde civil<sup>63</sup>. La Russie envisage également l'ajout d'exosquelettes sur les versions 3 et 4 du projet *Ratnik*<sup>64</sup>. Plus d'armes et d'équipements pourraient être transportés, dont des micro-drones. Des rumeurs indiquent que le soldat russe pourrait même tirer avec une mitrailleuse en la tenant d'une seule main grâce à cet exosquelette<sup>65</sup>.

Aux États-Unis, de nombreux projets ont vu le jour. Le programme *Onyx*, développé par Lockheed Martin, semble être le plus avancé. Il pourrait être adopté rapidement par l'US Army. Cet exosquelette n'équipe pour l'instant que les membres inférieurs du combattant. À terme, il peut être complété avec des armatures adaptées pour le haut du corps. Associé à une intelligence artificielle, *Onyx* doit fonctionner entre 8 et 16 heures en conditions opérationnelles. Il pourrait être le premier chaînon d'une longue lignée d'exosquelettes plus sophistiqués<sup>66</sup>.

D'autres projets semblent avoir été arrêtés ou mis en sommeil, tel l'*XOS2* de Raytheon/Sarcos. Un opérateur d'*XOS2* peut par exemple déplacer des charges lourdes pesant 17 fois son poids, grâce à des systèmes hydrauliques à forte pression ou soulever des objets de 90 kg sur une longue durée. Il est cependant plus adapté par son volume à des travaux statiques qu'aux conditions dynamiques du champ de bataille<sup>67</sup>.

Le projet *Talos* est un autre programme dont l'avenir semble compromis. Il a pour ambition de fournir une protection très élevée au combattant, de lui permettre d'emporter de lourdes charges, mais au prix d'une faible mobilité. Présenté en 2013 par le commandement des forces spéciales américaines (USSOCOM), il vise à permettre à un commando d'entrer en premier dans un bâtiment et de subir un feu intense tout en préservant son intégrité et ses capacités d'action. « L'armure » que revêt le combattant pèse environ 180 kg et le couvre complètement. Elle est hérissée de capteurs qui le relient à son environnement. Le manque de financement, les différences de spécification entre les forces spéciales et l'Army, ainsi que les difficultés à mettre au point une propulsion satisfaisante semblent

---

63. « La DGA présente l'exosquelette Hercule nouvelle version », Ministère des Armées, 10 juillet 2012, article disponible sur : [www.defense.gouv.fr](http://www.defense.gouv.fr).

64. I. D'Costa, « This Is Russia's 'Next Generation' Combat Armor Suit », *op. cit.*

65. E. Ioanes, « 8 Mind-Blowing Technologies That Will Soon Make Armies Fight Like Marvel Superheroes », *Business Insider France*, 6 août 2019, article disponible sur : [www.wearethemighty.com](http://www.wearethemighty.com).

66. P. Scharre, L. Fish, K. Kidder et A. Schafer, « Emerging Technologies », Center for a New American Security, octobre 2018, p. 8, publication disponible sur : [www.cnas.org](http://www.cnas.org).

67. T. Hussein, « US Army Trials Exoskeletons for Military Use », *Army Technology*, 15 mai 2019, article disponible sur : [www.army-technology.com](http://www.army-technology.com).

avoir eu raison de ce projet qui remettait à jour le principe du chevalier du XIII<sup>e</sup> siècle<sup>68</sup>.

Le projet *Human Universal Load Carrier* (HULC) est plus classique et doit aider le combattant à porter une charge de 40 kg, soit sensiblement le poids du paquetage usuel en Irak ou Afghanistan, sans qu'il n'exerce d'efforts trop pénalisants. Un combattant équipé d'HULC peut se déplacer à 11 kilomètres par heure (km/h) pendant une longue durée ou accélérer sur de courtes périodes à 16 km/h. Il doit pouvoir l'ôter en moins de 30 secondes. Des modules comprenant des systèmes de ventilation, de chauffage, des capteurs ou même du blindage peuvent être rajoutés. L'ensemble est toutefois plus complexe qu'*Onyx*, ce qui laisse peser des interrogations sur son avenir<sup>69</sup>.

Les *exosuits* sont parfois présentés comme une alternative aux exosquelettes. Conçus avec des armatures souples plutôt que rigides, ils accompagnent naturellement le mouvement et ne sont pas limités par les caractéristiques mécaniques des exosquelettes. Plus légers, ils réclament aussi moins d'énergie pour fonctionner, peuvent être adaptés aisément à différentes tailles et semblent plus faciles à fabriquer. Les premières expérimentations montrent que de tels dispositifs pourraient diminuer le coût métabolique de la marche de 6 à 10 %<sup>70</sup>. Leur mise au point doit néanmoins se poursuivre et certains problèmes être résolus. Il semblerait que les gains obtenus varient sensiblement selon les personnes, sans qu'aucune explication convaincante ne soit donnée pour l'instant. Ils ont par ailleurs été surtout testés dans le cadre de mouvements de marche ou de course, mais pas dans le cadre d'une phase de combat<sup>71</sup>.

### ***De sérieux défis à relever***

Bien que prometteur, le développement des exosquelettes et des *exosuits* se heurte au problème de leur approvisionnement en énergie. Il n'existe actuellement pas de source d'énergie capable de faire fonctionner dans la durée les exosquelettes. Les batteries que les soldats doivent actuellement emporter pour assurer la marche d'un exosquelette pour une mission de 8 heures pèsent entre 1,4 et 2,3 kg. Mais si les soldats partent sur le terrain pour une durée de 72 heures sans se réapprovisionner, le poids nécessaire peut atteindre 6,8 à 9 kg. Il peut monter à 635 kg pour une compagnie de 150 hommes<sup>72</sup>. Les longues missions deviennent dès lors très

---

68. *Ibid.*

69. *Ibid.*

70. P. Scharre, L. Fish, K. Kidder et A. Schafer, « Emerging Technologies », *op. cit.*, p. 9.

71. *Ibid.*, p. 12.

72. *Ibid.*, p. 18.

contraignantes. Les gains obtenus en mobilité sont en partie annulés par le poids des charges nécessaires pour faire fonctionner le dispositif.

Comme leurs collègues de l'industrie automobile, en quête de solutions pour améliorer la durée de fonctionnement des batteries des voitures électriques, les ingénieurs de l'armement n'entrevoient pas de percées technologiques dans les dix prochaines années. Aucune solution ne semble émerger pour la production d'une source d'énergie compacte et efficace. Les voies les plus avancées sont celles de l'hybridation. Elles restent toutefois limitées. De petits moteurs à essence fixés sur l'exosquelette pourraient fournir un complément d'énergie appréciable pour mouvoir l'armature. Cette adaptation se ferait cependant au prix de la discrétion des soldats. Tout effet de surprise serait perdu alors qu'un groupe de soldats s'approcherait de son objectif ou se déplacerait pour occuper une meilleure position.

Une autre solution parfois évoquée est celle du robot accompagnant les troupes et servant de pompe à énergie pour recharger régulièrement les équipements électroniques. Les expérimentations faites avec le robot-mule SMET de l'US Army ne sont malheureusement pas convaincantes. Contrairement aux drones aériens, l'environnement dans lequel se déplacent les drones terrestres est très complexe. Il nécessite de nombreux capteurs pour éviter les obstacles, et beaucoup d'énergie pour se déplacer. Le volume d'énergie restant est finalement faible. SMET n'offre ainsi que 2 kilowatts (kW) de puissance continue. Un tel volume peut suffire à faire fonctionner des dispositifs légers, mais pas des exosquelettes<sup>73</sup>.

Confier l'approvisionnement d'énergie à des robots qui accompagneraient les troupes pose également un problème physique. Les performances des batteries s'améliorent moins vite que la puissance de calcul des ordinateurs, qui réclament toujours plus d'énergie pour fonctionner. La relative stagnation de la loi de Moore pourrait enrayer cette tendance, mais ne pas suffire à la renverser.

En somme, face au problème du poids, les ingénieurs tentent de développer des dispositifs pour aider le combattant à se déplacer plus vite, en effectuant moins d'effort. Mais les sources d'énergie légères, compactes et durables sont aujourd'hui difficiles à mettre au point. Si la recherche continue, il semble que la gestion à court terme du triangle mobilité/protection/puissance de feu dépendra d'abord du commandement, de ses choix et des options tactiques qu'il privilégie.

---

73. *Ibid.*, p. 20.

L'homme préservé illustre les limites de la technologie actuelle et relativise son potentiel de changement. Le manque de maturité des technologies associées à la production des exosquelettes ou de matériaux légers et résistants empêche de considérer aujourd'hui l'homme préservé comme un homme augmenté. Quand ces pistes seront mieux développées, on ne manquera pas de souligner l'analogie avec le chevalier du Moyen Âge. Ce dernier disposait grâce à son armure d'une protection supérieure aux hommes d'arme à pied et de la meilleure mobilité possible grâce à sa monture – laquelle le plaçait au-dessus de la mêlée et lui donnait un avantage supplémentaire en matière d'appréhension de l'environnement. La combinaison d'une telle série d'avantages pourra alors légitimement conduire à parler de soldat augmenté.

# Le soldat évolué : intégrer les progrès technologiques

Les applications technologiques militaires au profit du combattant individuel ne se limitent pas aux domaines de la connectivité, de la protection ou de la mobilité. Même si elles possèdent des degrés de maturité très différents, elles reflètent la vigueur de la recherche et de l'innovation et laissent envisager le développement de tactiques, de techniques ou de procédures qui peuvent s'imposer à terme sur le champ de bataille. Tenter de toutes les recenser est une gageure. Une des pages récentes d'un blog hébergé par l'US Army Training and Doctrine Command (TRADOC), organe en charge des développements doctrinaux, recense 76 technologies susceptibles d'avoir un impact à plus ou moins long terme sur l'art de la guerre terrestre<sup>74</sup>. Toutefois, certaines ne dépasseront probablement pas, dans un avenir prévisible, le stade de projet. Il semble dès lors plus pertinent d'évoquer les grands domaines de recherche et de les illustrer par quelques projets phares pour mieux saisir les tendances qui dominent actuellement.

## Intégrer les technologies existantes

La combinaison de technologies matures peut offrir de nouvelles opportunités. Le programme israélien *Ofek* désigne par exemple le recyclage de vieux chars *Merkava II* en centres de communication. Dotés d'un système de ventilation pour refroidir le matériel informatique, ces chars sont bardés d'antennes satellites et d'équipements radio. Ils forment les nœuds des réseaux de communications qui relient les engins blindés d'une ou plusieurs unités entre eux.

Ces *Merkava* dédiés au commandement et au contrôle, comparables à des AWACS terrestres, peuvent servir de relais lors d'échanges de données avec des satellites. Les flux de communications peuvent alors être maintenus, malgré la progression des forces dans des zones accidentées, comme les villes ou les terrains striés par le relief. Le fonctionnement optimal de réseaux de communication est par ailleurs assuré, quel que soit

---

74. R. Buchter, « 237. Table of Future Technologies: A 360 Degree View Based on Anticipated Availability », *Mad Scientist Laboratory*, 18 mai 2020, article disponible sur : [madsciblog.tradoc.army.mil](https://madsciblog.tradoc.army.mil).

le volume d'informations échangées. Les fantassins peuvent enfin bénéficier indirectement du supplément de renseignements disponibles<sup>75</sup>.

## Aiguiser les sens

Des solutions sont en phase d'expérimentation pour assurer le fonctionnement des sens humains de jour comme de nuit, quelles que soient les conditions climatiques. À terme, l'objectif est que les combattants puissent voir de nuit leur environnement en couleur.

En attendant, les capacités de vision nocturnes sont régulièrement améliorées. L'US Army teste actuellement des *Enhanced Night Vision Goggles-Binocular* (ENVG-B)<sup>76</sup>. La perception de la profondeur devrait en être améliorée. Différentes fonctions sont assurées : des images en mode thermique sont affichées, le point d'impact des munitions est indiqué, et comme sur d'autres systèmes, la réception de flux vidéo provenant de différentes sources permet de simplifier le tir de précision à couvert<sup>77</sup>.

D'ici quelques années, l'intelligence artificielle pourrait compléter les images en ajoutant des informations. La reconnaissance faciale des individus sur des points de contrôle, la traduction des signaux routiers dans les pays étrangers sont deux fonctions qui pourraient être rapidement accessibles pour les combattants. Des flux vidéo d'un drone, triés automatiquement par les algorithmes en fonction des besoins, devraient également être projetés sous les yeux du soldat.

Des recherches pour valoriser d'autres sens, comme l'ouïe, sont également engagées. Des détecteurs de sons pourraient fournir, après traitement, une représentation en trois dimensions de l'environnement acoustique du soldat. Ce dernier pourrait saisir instantanément l'intensité et la direction des bruits ambiants. Il serait mis en alerte en cas d'un tir de sniper ou du déplacement soudain d'un engin chenillé ennemi.

## Développer de nouvelles technologies

### *Intelligence artificielle*

Outre l'apport d'informations visuelles, l'intelligence artificielle pourrait donner lieu à de nombreuses applications qui pourraient favoriser la gestion

---

75. J. Trevithick, « Israel Unveils Updated Armored Command Vehicle and Will Give Merkava Tank Crews X-Ray Vision », *op. cit.*

76. Lunettes binoculaires pour améliorer la vision de nuit.

77. T. South, « This Army Unit will be the First to Get the Most Advanced Night Vision Goggles, with Thermal », *Army Times*, 11 septembre 2019, article disponible sur : [www.armytimes.com](http://www.armytimes.com).

des données utiles, par exemple sur l'état de forme physique des soldats. Des algorithmes pourraient capter des données médicales sur le corps des soldats, les interpréter et transmettre des rapports réguliers au commandement. Le potentiel physique d'une unité à l'entraînement ou au combat pourrait ainsi être mieux apprécié. La détection d'une température corporelle trop élevée ou trop faible suggérerait une baisse sensible des performances à très court terme. En cas de blessure, le chef de section serait immédiatement prévenu. Il pourrait juger de l'état de combattre de son unité et adapter sa manœuvre. Des traitements médicaux appropriés pourraient être administrés plus rapidement sur le champ de bataille.

### ***Impression 3D et recyclage énergétique***

La fabrication additive aussi connue sous le nom d'impression 3D offre l'opportunité de produire des pièces en petite série pour pallier un manque ou pour confectionner de petits équipements. Les pièces défectueuses peuvent ainsi être remplacées. Les conditions d'impression sont toutefois sévères. Le degré de propreté ou d'hydrométrie doit être surveillé si l'on souhaite obtenir des pièces avec la qualité attendue. L'intérêt de l'impression 3D est évident, notamment pour les unités isolées qui doivent s'affranchir du train logistique traditionnel et fonctionner en autonomie.

La capacité à recycler des matériaux et notamment des sources d'énergie contribue aussi à cette quête d'autonomie sur le champ de bataille. L'adaptation de dispositifs sur l'homme ou sur son équipement offre des opportunités intéressantes, mais encore limitées. Ainsi, des batteries pourraient être directement reliées à certaines fibres composant l'équipement du fantassin, comme celles en lithium-ion. Dix centimètres carrés de ce textile pourraient fournir un peu moins de 7 watts/heure de puissance, ce qui peut suffire pour charger un téléphone portable pendant 24 heures.

L'énergie pourrait venir du combattant lui-même. Ses mouvements sont source d'énergie, mais également ses déchets organiques comme la sueur. Un patch ou des tatouages temporaires pourraient récupérer le lactose, produit par le sucre dans la sueur. Le lactose fournirait ainsi l'énergie nécessaire pour faire fonctionner de petits dispositifs comme des GPS ou des dispositifs de surveillance de l'état de santé<sup>78</sup>.

---

78. P. Scharre, L. Fish, K. Kidder et A. Schafer, « Emerging Technologies », Center for a New American Security, Washington, octobre 2018, p. 21.

## Imiter la nature

La nature est une grande source d'inspiration pour les ingénieurs. Des propriétés physiques sont apparues au fil de l'évolution, rendant certaines espèces particulièrement adaptées pour vivre dans des milieux exigeants, mettre en échec des prédateurs, ou multiplier les chances de trouver des proies. Les tentatives sont nombreuses pour copier ces mécanismes naturels.

La capacité du caméléon à changer de couleur de peau et à se fondre automatiquement dans le paysage fait rêver tous les soldats. Devenir invisible aux yeux de son adversaire offre tant d'opportunités tactiques que différents procédés ont été étudiés pour obtenir des effets similaires. Des uniformes pourraient contenir une multitude de récepteurs chimiques, qui réagiraient automatiquement quand ils seraient activés pour prendre la même couleur que l'environnement immédiat.

D'autres animaux inspirent les ingénieurs, comme le gecko. Leurs pattes sont composées de lamelles adhésives leur permettant de marcher sur toutes les surfaces, même les plafonds. Un seul doigt peut supporter le poids complet des espèces les plus légères. L'adhérence s'explique par des interactions électriques de faible intensité entre les atomes des poils du bout de leurs pattes et ceux des surfaces où ils se déplacent (ce phénomène est appelé « interaction de van der Waals »). Maîtriser cette technique faciliterait le franchissement de nombreux obstacles et la progression des soldats, notamment dans les environnements urbains.

La Defense Advanced Research Projects Agency (DARPA) américaine est parvenue à reproduire en partie ce principe dans le cadre du projet Z-Man. En 2012, une surface a été revêtue d'un tissu rigide imprégné d'un élastomère, appelé Geckskin. Une expérimentation a montré qu'un carré de 16 pouces de côté de Geckskin, fixé à un mur vertical, pouvait supporter une charge de 300 kg<sup>79</sup>. Dans la même veine, un homme de plus de 100 kg a réussi à escalader une paroi en verre de plus de 7 mètres de hauteur équipé de gants et de chaussures spéciaux tout en portant un sac de plus de 25 kg<sup>80</sup>. Les suites de ce programme n'ont toutefois pas été rendues publiques.

Si copier la nature s'avère complexe, d'autres procédés peuvent être inventés pour aboutir au même résultat. Dans le domaine du camouflage, des projets – plutôt destiné aux véhicules, il est vrai – semblent bien

---

79. J. S. Paschkewitz, « Z-Man (Archived) », DARPA, article disponible sur : [www.darpa.mil](http://www.darpa.mil).

80. M. Mathieu, « DARPA : des gants et des chaussures inspirées du gecko pour escalader n'importe quelle surface », *Génération nouvelles technologies*, 17 juin 2014, article disponible sur : [www.generation-nt.com](http://www.generation-nt.com).

avancés. La firme canadienne Hyperstealth<sup>81</sup> tente de mettre au point une couverture qui recouvrirait des véhicules et les rendrait « transparents », dans le domaine du visible et de l'infrarouge. Le principe, gardé secret, serait de modifier la réfraction des rayons lumineux et de modifier l'image perçue par un observateur. L'utilisation semble simple et ne nécessite pas d'appoint d'énergie. Si les résultats actuels paraissent spectaculaires, il reste à tester ces dispositifs en conditions opérationnelles, et à juger notamment de leur fragilité.

La France propose également des solutions. La DGA soutient depuis 2012 le projet « Caméléon » développé par Nexter Systems, et destiné à fournir le camouflage le plus adapté. La couverture consiste cette fois en un assemblage de plaques pixélisées, disposées sur le véhicule. Des caméras ou des capteurs embarqués filment l'environnement. Les informations sont envoyées vers un algorithme qui analyse les images et détermine quelles couleurs ou textures doivent être reproduites sur les plaques. L'objectif est de rendre le véhicule furtif pour un observateur éloigné d'au moins 100 mètres dans le domaine du visible, et bientôt, de l'infrarouge<sup>82</sup>.

## S'inspirer des technologies civiles

Le 14 juillet 2019, Franky Zapata présentait son Flyboard, planche volante motorisée par des turbines, lors du défilé militaire à Paris. Le 4 août suivant il traversait la Manche avec le même engin. Il démontrait ainsi en France que la technologie des microréacteurs était devenue suffisamment fiable pour être employée à des fins civiles et militaires.

Zapata n'est cependant pas le premier homme à maîtriser la propulsion aérienne à dos d'homme. Des projets de ce type ont éclos à travers le monde au cours des dix dernières années. Citons la famille des jet-packs américains, dont le JB-9 vole depuis 2015. Propulsé par deux réacteurs, il peut être emporté sur le dos d'un fantassin. Le JB-10, doté d'une plus grande poussée, d'un plus grand emport de carburant et d'une meilleure assistance informatique, a retenu l'attention des forces spéciales américaines. Capable de dépasser les 190 km/h, il dispose d'une endurance de 8 minutes. Le JB-11 est quant à lui le dernier né de la firme JetPack Aviation. Sa formule rompt avec celle de ses prédécesseurs. Un logiciel assure l'équilibre de poussée entre ses six réacteurs qui fournissent chacun 40 kg de poussée. Il peut

---

81. Le site de la firme est disponible sur : [www.hyperstealth.com](http://www.hyperstealth.com).

82. L. Dupont, « Camouflage adaptatif des véhicules militaires : l'effet Caméléon », *IMT Atlantique*, 10 décembre 2018, article disponible sur : [www.imt-atlantique.fr](http://www.imt-atlantique.fr).

emporter plus de carburant que le JB-10 et a une plus grande endurance en vol, qui atteint 10 minutes<sup>83</sup>.

La firme britannique Gravity Industries a développé un autre concept avec le *Daedalus Mk1*, en plaçant deux turbines dans le dos de son pilote et deux autres sur ses avant-bras. Ce dernier peut ainsi diriger le flux et choisir sa direction en déplaçant intuitivement ses bras. Chaque réacteur offre 22 kg de poussée<sup>84</sup>. Sa grande notoriété s'explique toutefois plus par la vague ressemblance de la combinaison du pilote à celle d'Iron Man ou à des représentations spectaculaires lors de manifestations médiatiques qu'à ses applications militaires.

Celles-ci sont pourtant réelles. Certes, le pilote semble très vulnérable dans le ciel face à des tirs redoublés venant du sol. Le fait que Zapata ait dû se poser sur un bateau pendant sa traversée de la Manche pour se ravitailler en carburant montre aussi que l'autonomie de ces engins demeure très limitée. La technicité pour faire voler ces machines semble exigeante et une formation conséquente devrait être dispensée. Ils risquent enfin de compliquer encore un peu plus la gestion de l'espace à basse altitude, qui sera saturé par les drones.

Malgré ces limites, le jet-pack est un moyen de déplacement pratique pour saisir un objectif en urgence, en fonction de l'évolution de la situation tactique. L'usage de la troisième dimension donne l'opportunité au combattant de dépasser rapidement les zones où la progression est pénible, de franchir des fleuves dont les ponts sont détruits, et même d'accéder plus facilement aux étages ou aux toits des immeubles dans un cadre de guerre urbaine. Il serait sans doute nécessaire de saturer de feux la zone où se trouvent les ennemis pour les empêcher d'abattre ces « hommes volants ». Les opportunités tactiques qu'offrent ces dispositifs, au prix conséquent (400 000 livres sterling pour le *Daedalus* de Gravity) mais bien inférieur à celui des hélicoptères par exemple, méritent d'être considérées.

## Automatiser et miniaturiser le champ de bataille

Les drones envahissent les cieux, les océans, mais aussi l'environnement proche du fantassin. Ils pourraient rapidement devenir une plateforme ordinaire du champ de bataille. La DGA vient ainsi de commander plus de 2 000 micro-drones tactiques. Deux modèles ont été retenus : le *Black Hornet 3* du groupe américain FLIR et le NX70 français de Novadem.

---

83. Le site de la firme est disponible sur : [jetpackaviation.com](http://jetpackaviation.com).

84. B. Chevalier, « Jet Pack : une start-up britannique commercialise sa version de l'armure volante d'Iron Man », *Adentis*, 31 juillet 2018, article disponible sur : [www.adentis.fr](http://www.adentis.fr).

Celui-ci pèse 1 kg et emporte une caméra qui observe dans la gamme du visible ou de l'infrarouge. Le transfert de données est chiffré et il ne conserve pas d'informations au cas où il tomberait dans des mains ennemies. Il dispose d'une autonomie de 45 minutes et peut s'éloigner jusqu'à 3 km<sup>85</sup>. Le micro-drone américain est plus petit et donc plus discret. Il ne pèse que 33 grammes. Mais ses performances sont moindres. Il n'offre que 25 minutes d'autonomie et son plafond est de 10 mètres<sup>86</sup>.

Ces micro-drones permettent une plus grande autonomie et une force d'initiative aux fantassins qui peuvent être ainsi libérés de l'attente des données envoyées par d'autres capteurs. Ils peuvent apprécier instantanément la manière dont un adversaire s'est positionné et déterminer sa force, son armement. Lorsqu'il est emporté par le combattant, le système français « débarqué » comprend au moins un vecteur, un écran, les batteries et la manette de commande. De nouveaux concepts sont à l'étude, notamment pour couvrir les besoins des unités NRBC. Novadem explore également la piste de l'impression 3D pour la production de certaines pièces.

Le soldat évolué est-il un soldat augmenté ? Des pistes intéressantes se profilent avec l'introduction des drones, de machines animées par l'intelligence artificielle, qui vont occuper de plus en plus de niches sur le champ de bataille. Les interactions avec ces engins sont pour l'instant simples et leurs performances limitées permettent un contrôle aisé. Mais l'émergence de ces nouveaux équipements pourrait favoriser les travaux destinés à consolider la collaboration homme-machine. C'est probablement dans ce domaine qu'advientra vraiment le soldat augmenté du futur, comme le laissent d'ailleurs deviner les progrès des sciences de la vie.

---

85. Le site de la firme est disponible sur : [novadem.online](http://novadem.online).

86. T. Romanacce, « L'armée veut commander 2 000 micro-drones », *Capital*, 24 février 2020, article disponible sur : [www.capital.fr](http://www.capital.fr).



# L'homme augmenté : le pari du vivant

Les applications techniques des sciences de la vie sont les dernières technologies considérées dans cette étude. Elles sont décisives pour l'avenir du soldat augmenté, et les possibilités qu'elles offrent semblent innombrables. Elles sont toutes animées par un même principe : le corps et l'esprit de l'homme sont des outils qu'il est possible de modifier pour le rendre plus performant au combat. Là encore, de nombreuses technologies sont en cours de développement, avec des niveaux de maturité très disparates. Afin d'éviter le sensationnel ou la science-fiction, cette étude dressera un tableau des principales familles de tentatives d'augmentation des capacités physiques ou intellectuelles de l'homme, puis considèrera leurs limites éthiques et leurs conséquences opérationnelles.

## Améliorer les capacités physiologiques

L'amélioration des capacités physiques a pour finalité de réduire la dépendance des soldats à leurs besoins physiologiques. Plus endurant, supportant mieux les privations de nourriture ou d'eau, ayant un organisme qui réagit sereinement aux conditions climatiques extrêmes, capable de supporter plus longtemps de lourdes charges, le soldat augmenté sera moins gêné que son adversaire par les épreuves liées au combat et disposera d'un avantage comparatif qui pourra s'avérer décisif.

Différentes méthodes existent ou sont envisagées pour atteindre ce but. La première et la plus ancienne est la pharmacologie. L'usage de drogues pour améliorer les performances des soldats est évoqué dès les chants d'Homère. Le népenthès, avalé par les guerriers de l'Iliade pour soulager les douleurs ou les traumatismes, est en effet une boisson à base d'opium<sup>87</sup>. Des historiens estiment que l'étude de l'usage des psychotropes par les combattants est cruciale pour comprendre l'histoire militaire<sup>88</sup>. Cette pratique ancestrale s'incarne aujourd'hui dans le dopage, qui stimule ou freine la production d'hormones secrétées naturellement pour atteindre l'effet désiré<sup>89</sup>.

---

87. L. Kamienski, *Les Drogues et la guerre : de l'antiquité à nos jours*, Paris, Nouveau Monde éditions, 2019 (2<sup>e</sup> éd.), p. 84-85.

88. *Ibid.*, p. 22.

89. Elle est l'objet de beaucoup de fantasmes également. Le captagon, médicament psychotrope commercialisé dans les années 1960 pour traiter les troubles de l'attention et interdit dans les

Des substances comme l'EPO améliorent sensiblement les performances physiques en augmentant la production de globules rouges. Les corticoïdes limitent quant à eux les inflammations et la souffrance.

Ce sont néanmoins les applications dans le domaine du génie génétique qui devraient faire entrer la manipulation du corps humain dans une nouvelle ère. Le génie génétique a pour but de modifier la constitution génétique d'un organisme en travaillant sur l'ADN de cet organisme. À terme, il semble possible de pouvoir jouer avec les différentes capacités des hommes pour les transformer en fonction des besoins énoncés. Lors d'une intervention orale, le directeur de la DARPA Steven A. Walker a d'ailleurs affirmé que les technologies associées aux sciences de la vie détenaient un large potentiel pour l'avenir. Elles lui paraissent encore plus prometteuses que l'intelligence artificielle, les applications quantiques ou les lasers.

L'objectif de ces technologies n'est pas de fabriquer un « super soldat », mais de parvenir par exemple à protéger les soldats de la maladie ou des agressions chimiques ou bactériologiques en faisant en sorte que le génome produise plus de protéines. Les besoins en médicaments, vaccins et autres aides médicales diminueraient sensiblement et des gains en logistique pourraient être accomplis<sup>90</sup>. Cependant, la maturité de ces technologies, au même titre que les problèmes éthiques soulevés par leur usage, repousse à un horizon lointain leur adoption. La très forte opposition qu'ont rencontrée les expérimentations du professeur chinois He Jiankui, qui annonçait fin 2018 la naissance de deux bébés dont il avait modifié le génome pour les prémunir contre le virus du SIDA<sup>91</sup>, ont prouvé qu'il reste un long chemin à parcourir avant que de tels procédés soient considérés comme acceptables par une société.

C'est peut-être dans le domaine de la « réparation » de l'homme que les progrès sont les plus visibles, d'autant que le fait de soulager un handicap par la technologie est socialement accepté. L'impression 3D offre de nouvelles possibilités comme le prouve l'initiative du Centre hospitalier universitaire de Lyon et la DGA, qui se sont associés pour explorer cette voie<sup>92</sup>. Le but est de reconstruire le derme ou l'épiderme des grands brûlés, en projetant de la bio-encre cellularisée sur les surfaces de la peau détruites.

---

années 1990, aurait été « la potion magique des djihadistes ». Drogés par ce produit ces derniers auraient combattu sans considération pour leur propre vie. Cette affirmation ne repose sur aucun fait. Voir L. Laniel, « Captagon : destruction d'un mythe », *Observatoire français des drogues et des toxicomanies*, 2017, document disponible sur : [www.ofdt.fr](http://www.ofdt.fr).

90. C. Todd Lopez, « DARPA Director Talks Promise of Life Sciences Research », US Department of Defense, 24 septembre 2019, article disponible sur : [www.defense.gov](http://www.defense.gov).

91. S. Lepître « Satisfaction en Chine après la condamnation du “père” des « bébés OGM », 6 janvier 2020, article disponible sur : [www.lemonde.fr](http://www.lemonde.fr).

92. « Le projet d'impression 3D directe des grands brûlés des laboratoires lyonnais », Aderly, article disponible sur : [www.aderly.fr](http://www.aderly.fr).

Des essais sont prévus pour 2021. En cas de succès, le programme devrait être étendu à la fabrication d'organes dans les cas de greffes.

Les prothèses deviennent également de plus en plus fiables et peuvent dans certains cas améliorer les performances des hommes qui les portent. À cet égard, le cas de Hugh Herr est emblématique. Amputé des deux jambes après un accident de montagne survenu pendant son adolescence, ses prothèses lui ont non seulement permis de recommencer à escalader, mais aussi de grimper le long de parois qu'il n'aurait pu franchir avant<sup>93</sup>. Intégrer des équipements artificiels dans le corps de l'homme peut donc parfois lui permettre d'améliorer ses performances. Un seuil sera toutefois franchi quand le cerveau pourra donner des ordres aux prothèses qui lui répondront à la manière des muscles<sup>94</sup>. Elles seront un continuum de l'esprit. À terme, l'horizon pourrait être l'avènement du cyborg, synthèse ultime de l'interaction homme-machine.

De la même manière que le corps peut être amélioré pour faire face aux défis du champ de bataille, l'esprit peut être augmenté pour que les hommes assimilent mieux les problèmes auxquels ils sont confrontés et trouvent les meilleures solutions.

La pharmacologie semble encore dominer dans ce domaine, notamment pour venir à bout de la peur ou des angoisses liées à l'extrême violence des combats. Des amphétamines peuvent être prises pour compenser le manque de sommeil. Dans le même temps, les connaissances sur le cerveau progressent et laissent espérer des avancées décisives dans la compréhension de nos modes de raisonnement ou de notre psyché. Le fonctionnement du neurone seul ou des grandes régions cérébrales est plutôt bien appréhendé aujourd'hui, mais il reste encore à lever le voile sur ce qu'il se passe entre ces deux extrêmes<sup>95</sup>.

À terme, la possibilité d'intégrer des implants dans le cerveau pour interagir avec les objets numériques proches de soi, notamment les drones ou les robots, est très sérieusement envisagée. Une étude récente produite par l'US

---

93. A. Ferng, « Dr. Hugh Herr, Founder of BionX : On The Superpowers of Bionic Technologies », *Medgadget*, 3 décembre 2019, article disponible sur : [www.medgadget.com](http://www.medgadget.com).

94. Des avancées encourageantes montrent que les progrès sont très sensibles actuellement. Un patient privé d'une de ses jambes est parvenu à percevoir de nouveau la sensibilité du membre perdu. « Une prothèse connectée qui reproduit la sensation du membre perdu », *Futura Santé*, 9 juin 2015, article disponible sur : [www.futura-sciences.com](http://www.futura-sciences.com) ou encore « Jambes bioniques : la stimulation nerveuse directe rétablit le toucher naturel des membres et les sensations de mouvement », *Cordis*, 29 novembre 2019, article disponible sur : [www.cordis.europa.eu](http://www.cordis.europa.eu).

95. P.Y. Cusset, « Les technologies d'amélioration des capacités humaines, le contexte sociologique », in A. Colin (dir.), « L'Homme augmenté, réflexions sociologiques pour le militaire », *Études de l'IRSEM n° 42*, IRSEM, mars 2016, p. 18.

Army, qui a rassemblé de nombreux experts de différents domaines, estime que ces implants pourraient devenir réalité d'ici une trentaine d'années<sup>96</sup>.

## Des interrogations éthiques<sup>97</sup>

Si ces augmentations physiques ou intellectuelles représentent un immense potentiel, elles impliquent également un grand risque pour l'individu ou le soldat. En effet, elles modifient l'équilibre physiologique du corps humain et risquent de le perturber sévèrement. Les gains opérationnels obtenus doivent souvent être payés par l'individu qui peut perdre une partie de son intégrité physique pendant une durée variable, allant de quelques heures au reste de sa vie.

Un accompagnement spécial devra probablement être développé pour ceux dont la transformation serait définitive mais qui retournerait à la vie civile. Des emplois devraient-ils leur être réservés ? Faudrait-il au contraire leur assurer une retraite confortable et leur éviter les contacts professionnels afin qu'ils ne soient pas stigmatisés ? Ce sont autant de questions nouvelles, sur lesquelles les experts devront se pencher dans les années à venir.

Le contexte sociétal et politique sera par ailleurs essentiel pour permettre de telles transformations sur les combattants. Elles n'auront pas lieu si les gouvernements suivent leurs citoyens, qui en refuseraient le principe par conviction, par ignorance, ou par peur. Elles pourront bien sûr être imposées par des régimes autoritaires qui estimerait pouvoir consolider leur influence de la sorte. Inversement, si les principes du transhumanisme sont acceptés par la population, il est probable que les frontières entre le monde civil et militaire deviennent de plus en plus poreuses et que les expériences se multiplient. La recherche de la performance l'emporterait alors sur le respect de la nature humaine. Or la frontière entre le dépassement de la nature de l'homme et sa négation est très poreuse, et de graves abus pourraient être commis.

Des principes conçus, acceptés et partagés par tous les pays devraient idéalement être mis en place pour encadrer ce mouvement et éviter les dérives. Ces principes devraient protéger les militaires d'eux-mêmes ou de

---

96. P. Emanuel, S. Walper, D. DiEuliis, N. Klein, J.B. Petro et J. Giordano, *Cyborg Soldier 2050: Human/Machine Fusion and the Implications for the Future of the DoD*, The Office of the Under Secretary of Defense for Research and Engineering, Alexandria, 2019.

97. Nous ne ferons qu'aborder ce problème. Une littérature déjà riche traite en profondeur des problèmes éthiques associés à l'augmentation des hommes, notamment au travers des travaux sur le transhumanisme. Voir également les documents publiés par le CREC ; J.-F. Caron, *Théorie du super soldat*, Paris, Hermann, 2018 ; CETMONS : « Captain America and 'Iron Man': Biological, Genetic and Psychological Enhancement and the Warrior Ethos » in G. Lucas (dir.), *Routledge Handbook of Military Ethics*, Londres, Routledge, 2015.

leurs maîtres, qui ne pourraient ainsi pas leur imposer leur conduite. La réversibilité des améliorations ou augmentations, l'assurance que les droits de l'individu et de la guerre soient toujours respectés sont des propositions simples qui pourraient fournir une base de discussions dans ce cadre.

## Des problèmes opérationnels

Les hommes qui revêtent l'uniforme ne possèdent pas tous les mêmes qualités physiques, morales ou intellectuelles. C'est le but de l'entraînement et de la formation que d'élever leur niveau pour qu'ils atteignent un seuil fixé, plus ou moins élevé selon leur rôle. Cependant, les différences entre des recrues normales et celles qui sont augmentées, notamment de manière définitive, pourraient faire émerger des problèmes originaux. Dès le recrutement, les militaires pourront faire face à de jeunes volontaires disposant de capacités particulières ou s'étant transformés par eux-mêmes. Leur potentiel pourrait être évalué grâce à un examen complet de leur ADN ou de leurs gènes.

Plusieurs types de conduite seront alors possibles. Les armées pourront choisir de ne pas tenir compte des dispositions de chacun mais de sélectionner leurs candidats en fonction de leur motivation et de leur courbe de progression. Une certaine forme d'égalité et de récompense au mérite prévaudra. Il est cependant probable que plus le poste que voudra occuper le jeune volontaire sera exigeant et plus la sélection le sera aussi. La visite médicale initiale pour devenir pilote élimine par exemple de nombreux candidats qui disposent par ailleurs de toutes les autres ressources pour réussir. Un niveau minimal sera exigé, que les solutions d'augmentation pourront permettre d'atteindre. Elles pourraient même élever le seuil de cette sélection. Les institutions militaires pourraient exiger que certaines augmentations soient acquises dès l'entrée dans l'institution ou que le jeune soldat consente à la subir pour intégrer les unités de son choix.

La manière dont ces soldats augmentés seront intégrés dans les unités pourrait également soulever de nouveaux problèmes. Le premier d'entre eux sera leur rapport avec les soldats « normaux ». Un sentiment légitime de supériorité pourrait naître du fait de leur nature particulière. La hiérarchie pourrait aussi souffrir de rapports entre des combattants augmentés, capables de performances rares, et leurs chefs qui n'auraient pas subi de transformation. Certes, de tels problèmes ont toujours existé dans les armées. Les soldats d'élite se sont souvent attachés à se distinguer des autres guerriers par certains signes extérieurs ou par des traditions particulières. Des chefs peu légitimes d'un point de vue opérationnel ont commandé des unités constituées d'hommes de plus grande valeur qu'eux. Mais ces problèmes pourraient être exacerbés.

Plusieurs modèles de composition d'unités de soldats augmentés pourraient voir le jour. Des unités qui regrouperaient des hommes possédant la même augmentation pourraient être créées pour exploiter pleinement leur avantage. La complémentarité pourrait être aussi privilégiée, en associant des hommes augmentés possédant des caractéristiques différentes mais qui se combinent parfaitement, à la manière d'un équipage. Ils pourraient répondre à des défis plus complexes. Enfin, l'intégration de deux ou trois soldats transformés, dont l'augmentation est à la pointe de la technologie, dans un groupe de combattants classiques pourrait être une dernière solution. Ces derniers assureraient la protection des premiers ou les mettraient dans les meilleures conditions pour exploiter leurs avantages.

Au niveau opératif, la question de la différenciation des unités se posera également. Les généraux auront le choix entre former des unités semblables qui pourront être utilisées de manière indifférente ou, au contraire, valoriser des entités composées essentiellement des soldats augmentés et les compléter par d'autres composées des combattants classiques. Confrontés à ce type de problème, les Français et Allemands avaient répondu différemment à la fin de la Première Guerre mondiale. Le général Pétain avait choisi de disposer d'unités standards possédant sensiblement les mêmes performances pour les pouvoir les placer indifféremment sur l'ensemble du front. Le général Ludendorff avait privilégié une armée à deux vitesses, avec des unités de *Sturmtruppen* d'une part qui devaient porter les coups décisifs et percer, et des divisions classiques d'autre part qui devaient les suivre et occuper le terrain. Le choix français s'est révélé le plus payant. Ayant usé ses unités d'élite lors des différentes offensives du printemps-été 1918, le général Ludendorff ne pouvait plus compter sur les soldats les plus combattifs pour repousser les Alliés quand ils ont repris l'initiative.

Pour autant, la fréquence d'emploi des soldats augmentés dépendra probablement de leur coût. Si les processus pour les transformer sont coûteux, ils risquent d'être peu nombreux et précieux. À la manière de la garde impériale de Napoléon, ces hommes pourraient être sévèrement sélectionnés et préparés mais aussi choyés pour n'intervenir que dans les cas où leurs actions feraient une réelle différence. Le format des armées pourrait se réduire au fur et à mesure que leur nombre augmente.

Au niveau international, une course à l'armement pourrait se déclencher entre les nations les plus puissantes pour disposer des fantassins les plus augmentés. Des logiques connues dans le monde de la Marine ou des armées de l'Air pourraient s'enclencher, avec une course vers toujours plus de sophistication. Mais, à la manière des cuirassés dépassés par les porte-avions, des bombardiers stratégiques remplacés progressivement par

les missiles, des puces d'ordinateurs périmées au bout de quelques années, certaines formules d'augmentation deviendront régulièrement obsolètes et seront remplacés par d'autres plus avantageuses. Les progrès du génie génétique dicteront probablement ce rythme de destruction-création.

Enfin, l'augmentation des soldats des armées des pays les plus riches imposera probablement un nouveau modèle que les armées moins bien dotées voudront suivre ou auxquels les groupes combattants irréguliers devront répondre. La tentation de « s'augmenter » à bas coût, c'est-à-dire avec des produits dopants aux effets et à la qualité variable, pourrait s'imposer. Le choc des extrêmes pourrait alors devenir la norme. Des soldats occidentaux encore plus protégés et performants qu'aujourd'hui pourraient affronter à l'avenir des rebelles incapables de suivre cette course technologique, mais ayant systématiquement recours à des substances inhibant leur peur ou la douleur.

## **Le nouveau rôle du médecin**

L'irruption des sciences de la vie dans la conception du combattant a pour effet d'offrir un nouveau rôle au médecin, désormais acteur de la préparation et la conduite des opérations. Jusqu'ici, trois fonctions étaient virtuellement indispensables à la guerre. L'ingénieur domestiquait les contraintes physiques du champ de bataille grâce à la technologie et concevait les systèmes d'armes. Le général décidait de la combinaison des moyens fabriqués par l'ingénieur pour atteindre son but militaire. Le soldat mettait enfin en œuvre ces différents moyens.

À terme, le général devrait disposer de nouvelles opportunités. Il pourra influencer le fonctionnement du corps et de l'esprit du soldat en recherchant un certain niveau de performance de la part de ses hommes. Certaines situations dramatiques l'obligeront peut-être à demander à ses soldats de se sacrifier en acceptant certaines augmentations pouvant laisser des séquelles irréversibles, mais indispensables sur le moment pour rétablir une situation très compromise. Dans ce cas, le médecin jouera un nouveau rôle décisif, qui pourrait néanmoins l'écarter de ses attributions habituelles. Il devra rester fidèle à son serment et veiller à la santé des soldats. Mais en tant que conseiller du commandement et professionnel de santé, il devra être en mesure de présenter aux autorités militaires les ressources d'augmentation potentielles ou à disposition pour atteindre le niveau de performance souhaité, au risque de détériorer sérieusement l'état physique de ceux dont il a la charge. Le rôle du médecin pourrait donc évoluer sensiblement au sein des institutions militaires, au fur et à mesure que les applications des sciences de la vie prendront de l'importance.



# Conséquences opérationnelles

L'intégration des NTIC est la principale évolution technologique de la guerre terrestre en ce début de XXI<sup>e</sup> siècle. Une des conséquences majeures de cette innovation est que le champ de bataille terrestre est désormais composé de cinq dimensions. Les soldats évoluent toujours sur un plan où la maîtrise du temps est essentielle pour réussir une manœuvre, et la naissance de l'aviation a ajouté la verticale à ce champ de bataille traditionnel. L'expansion des technologies numériques transforme en outre le cyberspace en un nouveau lieu d'affrontement. Comme la supériorité aérienne est devenue essentielle pour l'emporter au sol, la maîtrise du cyberspace sera nécessaire pour disposer d'une vision informée du champ de bataille et conserver sa liberté de manœuvre. Les nombreux débats doctrinaux autour du *Multi-Domain* s'inscrivent en partie dans cette problématique<sup>98</sup>.

D'autres technologies gagnent en maturité, mais elles n'auront probablement pas d'impact aussi fort sur l'art de la guerre que les NTIC dans la décennie à venir. L'introduction de nouveautés dans l'équipement du fantassin sera incrémentale. Cet équipement devra être modulaire pour pouvoir intégrer régulièrement de nouveaux éléments sans diminuer l'utilité des autres et l'intégrité du fonctionnement de l'ensemble. Des modifications plus substantielles de l'architecture de cet équipement pourront être envisagées au cours de rendez-vous planifiés regroupant les industriels concernés.

## La banalisation de la technologie

Certains effets du développement des technologies numériques dans le monde civil émergent dans le monde militaire. Le premier d'entre eux est qu'un nombre toujours plus important d'acteurs puisse en bénéficier. Les fantassins ont désormais accès à des ressources qui étaient, il y a encore peu, réservées à un nombre restreint de combattants, comme les forces spéciales ou

---

98. P. Gros et V. Tourret, « La synergie multidomaine », *Note de l'Observatoire des conflits futurs*, Fondation pour la recherche stratégique, avril 2019.

les pilotes de chasse. L'utilisation de certaines fonctions du casque des pilotes de F-35 pour mettre au point le futur casque du fantassin en est un exemple<sup>99</sup>.

Ce phénomène de démocratisation des technologies de pointe n'est pas récent. Les techniques de freinage ABS des avions de chasse ont par exemple été appliquées avec succès à l'industrie automobile. Mais elles permettaient d'accomplir une tâche mécanique précise. Les NTIC, en revanche, relèvent du cognitif. Elles nécessitent plus qu'un apprentissage basique pour être complètement maîtrisées. Le niveau de performance et de technicité que devra atteindre l'ensemble des membres d'une section va singulièrement augmenter. Les différentes applications disponibles offriront de nombreuses options dans des domaines variés. Le combattant, qu'il soit simple grenadier-voltigeur ou chef de section devra d'abord se familiariser avec elles et savoir les utiliser, notamment si ces techniques lui assurent un avantage comparatif par rapport à l'ennemi. Il devra les connaître à terme sur le bout des doigts, comme il sait entretenir ou utiliser son armement. Puis, il devra savoir manipuler ces applications au sein de son groupe, dans une situation mouvante. Il lui faudra comprendre la situation et les besoins de ses équipiers.

Certes, il est probable que l'ensemble des fonctions disponibles ne seront pas utilisées. Chaque groupe aura tendance à travailler d'une certaine façon, à moins que les transferts de personnel entre unités ne soient fréquents et qu'un gros effort de standardisation ne soit entrepris. La situation du combattant sera alors comparable à celle d'un secrétaire devant des logiciels de traitement de texte. Certaines fonctions basiques seront employées régulièrement et parfaitement maîtrisées, mais d'autres le seront peut-être moins. Pourtant, on attend de lui et du combattant qu'ils connaissent l'ensemble des options disponibles et fassent l'effort de s'intéresser aux mises à jour pour être plus productifs.

À terme, le soldat deviendra un technicien professionnel qui devra répéter ses gammes pour savoir se servir de son outil numérique. Il demeurera bien sûr un combattant et devra continuer à cultiver les valeurs martiales. Mais il ne sera plus jugé uniquement par ses pairs, ses supérieurs ou le grand public, sur son courage, son endurance ou sa détermination. Il sera aussi apprécié en fonction de la manière dont il saura remplir les tâches de plus en plus complexes qui lui sont dédiées dans l'équipe. Il devra être capable d'utiliser de manière appropriée les outils à sa disposition pour parvenir à remplir sa mission.

---

99. H. Lye, « How Elbit's F-35 Helmet Technology Could Benefit Soldiers », *Air Force Technology*, 2 octobre 2019, article disponible sur : [www.airforce-technology.com](http://www.airforce-technology.com).

Cette lente mue pourrait avoir des conséquences sur la manière dont la solidarité se forme et s'entretient au sein des unités élémentaires. Les études sur la cohésion au combat sont nombreuses et mettent en avant différentes causes. Des notions comme la camaraderie, le partage d'origines géographiques ou le passage d'épreuves exigeantes en groupe sont régulièrement évoquées. Pourtant en 2005, trois chercheurs israéliens ont montré que la cohésion ne se construit pas nécessairement socialement, par le renforcement des liens entre des soldats qui partagent ensemble le même quotidien<sup>100</sup>. D'autres mécanismes sont aussi à l'œuvre. Durant la Seconde Intifada, l'armée israélienne assemblait rapidement des unités à partir des éléments disponibles et les démantelait aussi vite pour les assigner à d'autres tâches. Bien qu'ils n'aient pas eu le temps de tisser des liens entre eux et que leur unité organique n'ait plus d'existence opérationnelle, les soldats composant ces groupes *ad hoc* travaillaient très bien ensemble et obtenaient de bons résultats sur le terrain. Les auteurs comparaient leur situation à celle de musiciens ne se connaissant pas et jouant un concert unique, ou à celle d'un équipage d'une compagnie aérienne assurant un aller-retour avant de se séparer. Ce qui unit ces différents hommes est la mission à accomplir. Elle donne un sens à leur engagement commun, au travers d'un but relativement clair et partagé. Elle garantit leur motivation, car son succès dépend de la démonstration du savoir-faire professionnel de chacun et de leur coordination.

Anthony King a poursuivi les réflexions en ce sens<sup>101</sup>. Selon lui, les sections d'infanterie des armées de masse au XX<sup>e</sup> siècle n'ont pas été aussi efficaces qu'il n'est communément admis. Leur cohésion était faible du fait d'un entraînement limité et inadapté aux épreuves du champ de bataille. Elle ne fut qu'en partie compensée par la valorisation du patriotisme ou de valeurs viriles. Pour King, la cohésion se construit différemment aujourd'hui. Les anciennes recettes continuent certes de fonctionner, mais la cohésion des unités élémentaires se constitue aussi avec la répétition des exercices de base et les entraînements. Tout comme les soldats israéliens dans leurs unités éphémères, une section de combat doit constituer une équipe de professionnels capable de travailler ensemble. Le critère qui fait et défait la cohésion, qui décide si un soldat est intégré ou non est : « peut-il faire son travail ? » Les conséquences en termes de recrutement, de culture, d'approche du combat seront difficiles à absorber.

Le dernier effet important de la démocratisation de la technologie tient au fait qu'elle touche autant l'ami que l'ennemi. Le caractère duplicable de

---

100. U. Ben-Shalom, Z. Lehrer et E. Ben-Ar, « Cohesion during Military Operations A Field Study on Combat Units in the Al-Aqsa Intifada », *Armed Forces & Society*, vol. 32, n° 1, octobre 2005, p. 63.

101. A. King, *The Combat Soldier Infantry Tactics and Cohesion in the Twentieth and Twenty-First Centuries*, Oxford, Oxford University Press, 2013.

l'information numérique atténue la différence de niveau technologique entre les forces occidentales et les autres. Les Talibans ont par exemple largement utilisé les téléphones portables lors d'embuscades pour communiquer entre leurs groupes dispersés. Daech a employé des drones tactiques au Levant pour observer la progression des troupes alliées ou lancer des grenades. L'ennemi améliore sa connectivité. L'avantage des forces occidentales sera relatif et non absolu. Il devra le rester. Il sera donc essentiel que le soldat demeure un guerrier bien entraîné, maîtrisant le fonctionnement de son matériel numérique. Il sera aussi important que du matériel éventuellement capturé par l'adversaire ne puisse pas être retourné contre soi. L'ennemi pourrait s'en servir et disposer de l'image complète de la progression des troupes ou diffuser de fausses informations avec des conséquences fatales. Un casque connecté ne doit pas pouvoir fonctionner dès lors que son utilisateur n'est pas en sa possession.

## Un champ de bataille vide ?

L'introduction de ces nouvelles technologies aura également des conséquences d'un point de vue tactique. Une des constantes depuis le XIV<sup>e</sup> siècle est la régularité avec laquelle la puissance de feu augmente sur le champ de bataille. Alexander Kott a proposé une formule empirique pour caractériser cette tendance : l'énergie cinétique maximale qu'un système peut potentiellement diriger vers une cible, par unité de temps et unité de masse, a doublé tous les 60 ans avant 1830. Il double tous les 15 ans depuis cette date<sup>102</sup>. Les tactiques associées à la RAM ne font que renforcer cette tendance. L'omniprésence de capteurs et d'effecteurs sur le champ de bataille raccourcit la chaîne de tir et permet la destruction rapide de cibles détectées.

Cette augmentation constante du feu sur le champ de bataille entraîne logiquement sa lente désertification. Le général américain William DePuy illustre cette tendance de la façon suivante<sup>103</sup> : pendant les guerres napoléoniennes 5 000 soldats occupaient 1 km<sup>2</sup> du champ de bataille ; ils n'étaient plus que 25 sur la même surface pendant la guerre du Yom Kippour en 1973. Les tactiques d'infanterie fondées sur le choc disparaissent elles aussi progressivement. Les « charges Banzai » des soldats japonais sur le théâtre du Pacifique, les assauts des Soviétiques sur le front de l'Est, les « vagues humaines » des Chinois en Corée ou du Vietminh en Indochine ont entraîné des pertes très sévères qui n'ont pu être supportées que par le caractère fanatique de l'encadrement militaire et politique. Le choc est

---

102. A. Kott, « The Future of War Technology Whispers to Us From the Past, and We Must Listen Better », *War on the Rocks*, 3 décembre 2019, article disponible sur : [warontherocks.com](http://warontherocks.com).

103. C. Crane, « The Future Soldier: Alone in a Crowd », *War on the Rocks*, 19 janvier 2017, article disponible sur : [warontherocks.com](http://warontherocks.com).

désormais confié en priorité aux forces blindées. La guerre urbaine rebattra peut-être les cartes du fait des couverts innombrables dans les villes, mais force est de constater que le champ de bataille se vide et que de nouvelles tactiques doivent être régulièrement inventées pour déjouer la puissance de feu ennemie.

De surcroît, la connectivité du fantassin améliorera la fluidité de la manœuvre. Les groupes de combat élémentaires, voire les individus se disperseront et se concentreront plus aisément, en fonction de la situation tactique, pour se rapprocher de l'objectif. Des diversions pourront être créées pour entretenir l'incertitude chez l'ennemi et dissimuler la finalité des mouvements qu'il détecte. Cette action distribuée, qui peut ressembler à première vue à une manœuvre désarticulée, s'effectuera normalement en limitant le temps d'exposition au feu adverse. Les fantassins auront ainsi davantage l'opportunité de se rapprocher de leur cible. Ils pourraient même venir au contact si les circonstances le permettent ou l'exigent. En ce sens, le choc pourrait redevenir une option plus envisageable dans le combat d'infanterie.

Ce type de progression dispersé modifie deux aspects essentiels du combat d'infanterie. Le premier est que le soldat peut se retrouver isolé sur le champ de bataille en suivant à la lettre les principes de la manœuvre. Relié à ses camarades par la seule « main invisible » du réseau, il devra peut-être apprendre à gérer l'isolement et l'angoisse qui y est associée<sup>104</sup>. Certes, l'acculturation des jeunes aux jeux vidéo en ligne est telle que cette séparation temporaire pourrait ne leur poser aucun problème. Habitué à échanger à distance sur internet, ils pourraient trouver cette situation commune. Et le fait que la cohésion d'une unité dépende surtout du professionnalisme de ses hommes peut être un facteur rassurant. Reste que les conditions du champ de bataille sont très différentes de celles d'une chambre individuelle où l'on peut jouer sans risque. La prise en compte de cette différence devra probablement faire l'objet d'une approche spécifique et d'entraînements particuliers.

Le second aspect qui devrait évoluer est celui du commandement. Celui-ci tendra naturellement vers plus de subsidiarité et de déconcentration. La rapidité dans la prise de décision sera encouragée pour profiter des opportunités qui apparaissent soudainement sur le champ de bataille. L'initiative sera stimulée grâce à une compréhension partagée de la mission dans les différents niveaux de commandement. Bref, la manière de commander s'inspirera des principes de l'*Aufstragtaktik* ou de sa version américaine, le *Mission Command*. L'état-major définira les plans

---

104. *Ibid.*

opérationnels et fixera les orientations. Les officiers subalternes, bien informés, disposant d'une grande autonomie, adapteront leurs lignes de conduite aux événements survenant sur le champ de bataille pour que les objectifs soient atteints. La rente intellectuelle des états-majors, coûteuse en temps de planification et de réalisation de la manœuvre, diminuera.

Pour autant, le succès théorique que connaît ce type de commandement a aussi montré ses limites dans l'histoire. L'art de la guerre allemand, qui est censé l'incarner, s'est plutôt résumé à l'attaque de l'ennemi, dès que les circonstances sont favorables, sans réelle prise en compte de la planification. Plutôt qu'une approche rationnelle de la préparation d'une attaque, le corps des officiers allemand se laissait porter par une culture agressive et offensive. La coordination des officiers sur le terrain était très faible, surtout avant l'apparition des moyens de communication. L'équilibre entre la flexibilité nécessaire pour évoluer sur le terrain et le contrôle indispensable pour suivre le cours de la planification n'existait pas. L'efficacité de l'*Aufstragtaktik* telle qu'elle est évoquée actuellement semble donc être plutôt un mythe qu'une réalité historique<sup>105</sup>. En conséquence, beaucoup de choses sont encore à découvrir et à construire avec l'intégration des technologies. L'entraînement, les expérimentations, le retour d'expérience seront des sources plus solides pour définir le commandement du futur que ne le sont les exemples historiques.

Le fantassin de la prochaine décennie constituera-t-il un homme amélioré ou augmenté ? Sera-t-il un expert entouré d'autres professionnels ou un homme isolé ? Probablement, un peu de tout cela. Il sera augmenté puisqu'il pourra voir, entendre ou utiliser ses sens pour s'informer de ce qui se déroule dans des lieux ou sur des zones dans des conditions normales. Il sera amélioré car ses sens pourront appréhender ces événements avec une plus grande acuité. Mais les notions d'amélioration ou d'augmentation ne sont peut-être pas les plus pertinentes pour décrire ce phénomène. La technologie permet à l'homme de surmonter un à un les obstacles physiques du champ de bataille, comme elle le fait depuis le début de la guerre. Progressivement, elle a réduit les notions de distance, de temps jusqu'à les rendre presque caduques, pour les opérateurs de drone par exemple<sup>106</sup>. Ce que la technologie est parvenue à faire avec les plateformes, elle peut désormais le faire également pour l'individu. Là est la vraie révolution.

---

105. R. M. Citino, *The German Way of War: From the Thirty Years' War to the Third Reich*, Lawrence, University Press of Kansas, 2005.

106. J.-C. Noël, « Occuper sans envahir : drones aériens et stratégie », *Politique étrangère*, vol. 78, n° 3, automne 2013, p. 105-117.

# Conclusion

Le soldat augmenté existe-t-il déjà ? La réponse à cette question dépend de la définition donnée à ce terme. Si l'on se fie à la définition classique du soldat augmenté, qui désigne un combattant dont les performances physiques ou intellectuelles sortent de l'ordinaire grâce à l'ajout d'équipement à l'extérieur de son corps, la réponse est positive. L'intégration de plus en plus systématique des dispositifs numériques fixés sur le corps du soldat et se déplaçant dans son environnement offre des capacités cognitives encore inconcevables il y a 50 ans. Cette réponse doit cependant être nuancée, car l'augmentation n'est pas générale. Le cas de la mobilité du fantassin le prouve largement. Mais un tel terme est-il opératoire dans ce contexte ? Il est préférable d'être plus précis et parler aujourd'hui de soldat *connecté* ou de soldat *préservé* pour souligner les progrès rapides des technologies dans des domaines particuliers.

Si l'on retient la définition correspondant à une transformation interne de l'homme à des fins opérationnelles, le soldat augmenté n'existe pas encore. Certes, depuis l'Antiquité le guerrier ne cesse d'absorber des produits chimiques pour supporter les traumatismes qu'il a subis ou pour disposer d'un surplus d'énergie. Mais le combattant qui pourra bénéficier des avancées dans le domaine de la génétique, des prothèses ou des progrès dans la communication entre les hommes et les machines est encore à venir. Les conséquences de son avènement seront probablement radicales dans le temps. La guerre ne sera plus une activité opposant *homo sapiens* contre *homo sapiens*, mais qui verra la confrontation de deux êtres de nature différente. Le fait que le soldat augmenté ne soit pas encore présent dans les forces ne doit évidemment pas interdire de préparer son arrivée et de commencer à réfléchir au cadre éthique auquel il devra se conformer. Il faut même l'encourager, ce qui permettra de disposer d'un coup d'avance.

Pour autant, l'augmentation ne sera jamais une garantie de victoire. La technologie peut imposer sa logique sur les formes de combat, en fonction des performances des armes et des initiatives pour en diminuer les effets sur son propre camp. Mais son utilisation ne prendra tout son sens que dans le cadre d'une stratégie et d'une réflexion politique sur les buts de guerre, et sur le chemin à prendre pour y arriver.



Institut français  
des relations  
internationales