NOTE DE RECHERCHE PROSPECTIVE

FORUM de la pensée mili-terre

Armée de terre
Centre de doctrine et d'enseignement du commandement

La réalité étendue et les jumeaux numériques : quelles implications pour l'entraînement et la planification au sein de l'armée de Terre ?

Maëlys Naslin
Rédactrice au pôle études et prospective

Ce document ne constitue pas une position officielle de l'armée de Terre

Imaginer les futurs emplois des forces terrestres conduit à repenser leur formation et la planification de leurs missions. À ce titre, les nouvelles technologies que sont la réalité étendue et les jumeaux numériques sont amenées à se développer fortement au sein des forces armées. Quels avantages ces technologies pourront-elles offrir à l'armée de Terre et comment les utiliser dans la préparation opérationnelle ?

Introduction.

La notion de réalité étendue fait référence à une combinaison de technologies qui complètent, ou « étendent », la réalité par des composantes numériques. Il existe trois types de réalité qui prolongent la réalité physique : la réalité virtuelle, la réalité augmentée et la réalité mixte. La première, déjà présente dans nos quotidiens grâce aux jeux vidéo par exemple, permet de modéliser en 3D un environnement, réel ou fictif. Dans les armées, cette forme de réalité est principalement usitée pour l'entraînement au travers de simulations. La réalité augmentée consiste en l'ajout au réel d'éléments virtuels, visibles grâce à un autre appareil ou par le biais d'un écran. Il s'agit par exemple d'ajouter une carte interactive dans les lunettes d'un combattant pour qu'il perçoive certains éléments mis en exergue sur celle-ci (positions des ennemis, des alliés, reliefs, *etc.*). Enfin, la réalité mixte, qui en quelque sorte combine ces deux premières formes de réalité, est la plus récente. Des objets de synthèse sont ajoutés au monde réel et sont visualisables au moyen de lunettes par les individus. Ces objets ressemblant à des hologrammes, interagissent avec le monde réel, tout comme ce dernier coexiste avec eux.

À travers ses travaux, la Red Team Defense[1] du ministère des Armées explore ces technologies en imaginant les conflictualités futures par le biais de scénarios à l'horizon 2040-2060. L'un d'entre eux, intitulé « Chronique d'une mort culturelle annoncée », propose le concept de *safe spheres*, des bulles de réalité étendue qui permettent aux individus de modeler leur champ de vision en fonction de leurs opinions et envies. À l'intérieur de ces sphères évoluent des jumeaux numériques, doubles virtuels d'objets réels avec lesquels il

[1] Lien vers le site internet : https://redteamdefense.org.

est possible d'interagir. Isolés dans leurs propres univers, les êtres humains ne communiquent qu'avec ceux qui partagent leurs centres d'intérêt, ce qui entraîne un véritable communautarisme fragmentant la société. Créant ainsi un contexte qui fait planer l'incertitude sur ce qui est réel ou ne l'est pas, le récit de la RED Team montre combien il est difficile pour l'armée française de gagner la confiance des populations afin de mener à bien une opération d'évacuation de ressortissants.

Partant de ce scénario, cette étude explore les emplois existants et envisageables de la réalité étendue par l'armée de Terre. Cette réflexion s'ancrera principalement sur les jumeaux numériques, en abordant leurs intérêts pour la planification des missions et l'entraînement des combattants, ainsi que leurs limites.

1. Les jumeaux numériques et leurs utilisations actuelles.

1.1. Définitions.

Avant d'être numérique, le jumeau est une reproduction. Du latin *gemellus*, on trouve de telles copies depuis l'antiquité. Pline l'Ancien, en 77, racontait dans son *Histoire naturelle* le défi artistique lancé par le peintre grec Parrhasius à son contemporain Zeuxis. Ce dernier peignît des grappes de raisins si fidèles à la réalité, que des oiseaux vinrent les picorer. Parrhasius son adversaire, reproduisit un rideau que Zeuxis, trompé par son réalisme, essaya de soulever. Quels changements le numérique a-t-il apporté ? La notion de jumeau numérique, comprise dans celle de réalité étendue, mérite une définition plus approfondie. Un jumeau numérique ou *digital twin* en anglais, est une représentation virtuelle évolutive d'un objet ou d'un environnement[2]. Autrement dit, cet objet ou collecteur d'objets peut se superposer à la réalité au travers de lunettes numériques adaptées et offre ainsi une copie d'un élément réel, avec laquelle l'usager peut agir. Ainsi, au lieu d'opérer directement dans la réalité, l'usager manipule, teste et explore sa copie.

Dans l'industrie, les jumeaux numériques sont utilisés depuis plusieurs années pour modéliser des produits et en prédire, par l'apprentissage, les réactions (tests virtuels, prévention des besoins en maintenance, *etc.*). À titre d'exemple, le port de Rotterdam souhaite créer *« une réplique numérique exacte de ses installations qui reflétera toutes les ressources du port, suivra les mouvements des navires, les infrastructures, les conditions météorologiques, géographiques et de profondeur*[3] *»*. Selon les auteurs de l'article, ce jumeau numérique est particulièrement intéressant quand on sait que chaque heure de temps d'accostage en moins permettra à la compagnie maritime d'économiser 80 000 dollars[4].

1.2. Utilisations actuelles au sein des armées.

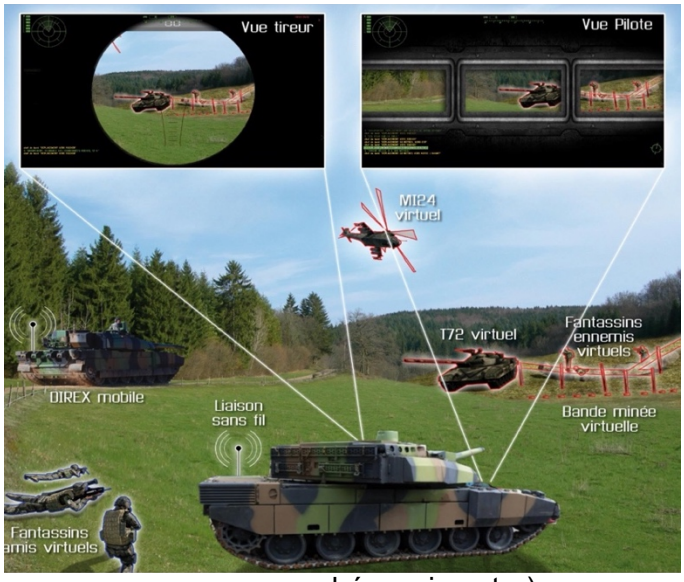
En France, l'utilisation des jumeaux numériques par les armées se développe principalement avec l'appui de la BITD[5]. Afin d'optimiser la production et la maintenance de leurs appareils, les entreprises françaises du secteur de la défense ont depuis plusieurs années adopté ces doubles numériques. Les avionneurs et les motoristes utilisent par exemple la technologie du jumeau numérique pour modéliser les besoins en maintenance de leurs produits. Cela leur permet de gagner du temps en estimant à l'avance les coûts des réparations à effectuer.

---

[2] Définition inspirée de : "The case for a military Spatial Digital Twin", Australian Army Research Center, 20 mai 2020, URL : https://researchcentre.army.gov.au/library/land-power-forum/case-military-spatial-digital-twin et Barbara Lyonnet, Marie-Pascale Senkel, Sylvie Clamens, "Supply chain management", 2019.
[3] Faut-il craindre l'intelligence artificielle ?, Stratégies Logistiques, février/mars 2018, n° 169.
[4] Barbara Lyonnet, Marie-Pascale Senkel, Sylvie Clamens, "Supply chain management", 2019.
[5] Base industrielle et technologique de défense.

Plus récemment, une entreprise de défense française a développé une « caisse à sable[6] » virtuelle qui permet de co-planifier des missions à distance en reproduisant virtuellement les théâtres d'opérations. C'est une première utilisation de la réalité étendue pour la planification opérationnelle, pour l'instant rare dans les armées françaises. Plusieurs pays étrangers utilisent déjà ou développent les jumeaux numériques. L'Australie, par exemple, a comme objectif la création d'un « jumeau numérique spatial[7] » pour son armée, soit un ensemble de données représentant le monde physique pour améliorer le renseignement géospatial. Une fois positionné, le jumeau numérique permettrait aussi d'alimenter les systèmes d'intelligence artificielle (IA) en informations pour offrir aux soldats une vue détaillée et globale de l'espace de bataille. Le département de la défense australien souhaite qu'à l'avenir, ces environnements digitaux soient employés pour l'entraînement des combattants, avec par exemple des jumeaux numériques des systèmes d'armements.

Pouvoir visualiser l'environnement grâce à un jumeau numérique et y mettre en place des tactiques, tout en limitant l'exposition des forces, revêt un intérêt majeur pour les armées. En France, cet objectif se concrétise déjà dans l'accent mis sur la préparation opérationnelle au sein du programme d'armement SCORPION, présenté par l'armée de Terre en 2018. Ce plan visant à adapter les systèmes de combat aux nouvelles menaces insiste notamment sur la simulation embarquée (SEMBA), ancrage qui s'est concrétisé dans la mise en œuvre d'un simulateur d'entraînement des postes de commandement de niveau brigade et régiment (SOULT - Simulation pour les opérations des unités interarmes et de la logistique terrestre) ainsi que de centres d'entraînement collaboratifs adéquats (CERBERE - centres d'entraînement représentatifs des espaces de bataille et de restitution des engagements). Déjà utilisée en mode statique dans le cadre du programme SCORPION avec les opérations SERKET et SINETIC, la simulation prendra un nouveau tournant en 2022, en évoluant vers un mode dynamique. Ces simulations permettront aux combattants de s'entraîner avec du matériel réel : les optiques d'un véhicule de combat feront alors apparaître les forces amies et ennemies en réalité augmentée (cf schéma ci-contre).



Crédits : armée de Terre.

Dans la même optique, les CENZUB (centre d'entraînement aux actions en zone urbaine) seront numérisés et optimisés. Des capteurs, caméras et autres technologies permettront une meilleure évaluation des performances des soldats. Il serait même possible d'imaginer la collecte de ces données par les instructeurs afin de répertorier les performances de chacun des combattants et leurs axes d'amélioration. Le programme SCORPION inclut aussi la mise en œuvre de TOHP (théâtres d'opération hybride partagés), dont l'objectif premier est la formation des échelons supérieurs de commandement. Grâce à la virtualisation d'une partie de l'exercice, les terrains militaires s'agrandissent et permettent le combat collaboratif en remplaçant l'environnement numérique d'entrainement par un jumeau numérique d'un compartiment du théâtre d'opération reconstitué à partir d'une collecte de données réalisée

[6] Dans le cadre d'une opération, la caisse à sable permet de représenter les données physiques du terrain, les situations tactiques et décisions de la façon la plus réaliste possible.
[7] "The case for a military Spatial Digital Twin", Australian Army Research Center, 20 mai 2020, URL : https://researchcentre.army.gov.au/library/land-power-forum/case-military-spatial-digital-twin.

par des drones plus ou moins en direct. Ainsi, cette copie deviendrait un formidable outils de préparation tactique à la mission.

L'armée de Terre semble donc se diriger vers une intégration de plus en plus poussée de la réalité étendue dans ses entraînements. Imaginons à présent à quoi pourraient ressembler ces usages dans le futur.

2. Quel potentiel pour l'armée de Terre ? Un récit de fiction prospectif.

2054.05.23 - Journal de marche, camp d'entraînement d'Hohenfels (LTN chef de la S2).

J'entre dans un vaste salon, pauvrement meublé. Il fait sombre, l'atmosphère et le silence sont pesants. Je sens le stress de mes camarades autour de moi. Grâce à mes lentilles numériques intensificatrices de lumière, je distingue une porte en bois au fond de la pièce autour de laquelle est déjà postée une première équipe de combat. Je constate que dans le bureau camouflé par cette porte, trois terroristes armés sont positionnés, prêts à faire feu. Ils nous attendaient. Même s'ils sont cernés par une section d'infanterie, leur force morale leur donnera le courage nécessaire pour riposter. J'utilise mon équipier numérique, un petit robot placé au niveau de mon épaule gauche, pour calculer les angles de tir. Je sais maintenant exactement où positionner mes combattants pour que l'action de leur doigt sur la détente soit mortelle à coup sûr. Je lui demande aussi les angles pour les lancers de grenade ainsi que toutes les informations disponibles sur l'armement des trois hommes. Un seul geste de ma part, et l'assaut est lancé. En moins de quelques minutes, ma section réussit à neutraliser nos objectifs.

Puis soudain, tout s'éclaire. L'adjudant-chef moniteur numérique apparaît devant moi, souriant. Il me félicite pour mes déplacements au sein du bâtiment, pour les compléments d'information demandés à l'IA et le commandement de ma section. Je suis satisfaite. Cela fait plus de cinq fois que je m'entraîne à cette offensive et j'ai enfin eu le résultat escompté : aucun mort ni blessé parmi les avatars représentant mes soldats, toutes les cibles ennemies ainsi que leurs armements détruits. J'enlève mon casque de réalité augmentée, parfaitement adapté à la taille de ma tête et à la forme de mes yeux. Je peux tout y voir : le placement de mes soldats comme celui de mes ennemis, les angles de tir, les radios de mes supérieurs comme de mes subordonnés, la consommation en munitions de mon personnel et même les prévisions météorologiques. Il est ergonomique et est devenu un véritable équipier pour moi. Même après deux heures de formation, il me parait toujours aussi léger. Je retire ensuite les tuyaux enfoncés dans mes narines qui facilitent la diffusion des odeurs ainsi que mes équipements électroniques utilisant l'ostéophonie[8]. Un camarade vient m'aider à enlever ma combinaison haptique[9], en actionnant le bouton situé dans mon dos. La fermeture arrière s'ouvre automatiquement et me

Crédits : iStock.

[8] L'ostéophonie, aussi appelée conduction osseuse, est le phénomène par lequel les sons se propagent vers l'oreille interne par le biais des os du crâne. Ainsi, grâce à un bandeau fixant des capteurs sur les parois osseuses du crâne, le son peut se propager sans passer par des oreillettes ou écouteurs.

[9] Qui se réfère au toucher, permet de ressentir l'environnement extérieur.

permet de m'extirper du textile souple. Je la plie délicatement pour ne pas endommager les milliers de petits capteurs ultra-sensibles qui me permettent de ressentir chaque souffle de vent. Tout cet ensemble fonctionne grâce à un micro-ordinateur utilisant une IA personnalisée, située dans mon dos. Cette dernière est connectée à mon équipier numérique, un robot de type Phoenix-12, que j'ai appelé Sam. Il s'agit de l'équipier numérique robot le plus récent dans son domaine : une aide parfaite, infaillible, qui agit comme un conseiller. Placé au niveau de mon épaule gauche, il me recommande les armes à utiliser, les équipements à embarquer, il est le gardien de mes radios de secours, de mes batteries ou encore de ma TIC[10]. Il fonctionne aussi bien relié à ma combinaison d'entraînement que sans cette connexion, et ce sur tous les terrains. Mon capitaine, qui a assisté à ce dernier entraînement opérationnel, rassemble tous les lieutenants présents. Nous avons tous réussi la mission pour laquelle nous nous entraînions. Si ce type de formation existe déjà depuis quelques années, l'armée de Terre vient véritablement de se l'approprier depuis deux ans. J'ai perçu le matériel nécessaire ainsi que Sam, et tous ces équipements ne quittent jamais mon armoire hormis pour les entraînements et les missions. Je peux demander un accès à la salle d'entraînement numérique dès que je le souhaite pour pratiquer les missions mais aussi entraîner l'IA et Sam. Plus nous nous connaissons, plus celle-ci sera à même de nous guider en tenant compte de mes atouts et mes faiblesses. Je suis par exemple une excellente tireuse couchée et à genoux mais debout, mes tirs sont moins précis que la moyenne. En considérant cette faiblesse, l'IA et Sam me guident dans mes positions et le choix de mes armes en fonction de la cible identifiée. J'ai aussi, en tant que lieutenant, connaissance de toutes les données du personnel de ma section, récoltées lors des entraînements. Compilées par l'IA, ces données me permettent d'optimiser les groupes et les dispositifs en fonction des missions. Je prends soin, après le rassemblement, de nettoyer soigneusement Sam et mes appareils nasaux puis de les ranger dans mon casier. Dans une heure tout ce matériel passera au contrôle pour vérifier leur état afin d'éviter tout incident pendant la mission. L'attention des maintenanciers sera aussi et surtout portée sur la sauvegarde des données d'entraînement, pour s'assurer de l'efficacité de mon équipier numérique. Le départ étant prévu pour la semaine prochaine, il ne nous reste pas beaucoup de temps pour terminer les planifications.

Notre dernière réunion a lieu dans le CPN, le centre de planification numérique. J'y rejoins les autres chefs de section qui participeront à la mission. Cinq sont physiquement présents et deux autres, pour lesquels il était impossible d'être là à temps, nous retrouvent grâce à leurs avatars dans l'espace numérique d'entraînement. Ce dernier reproduit les paysages et les bâtiments que nous rencontrerons lors de la mission. Les données proviennent à la fois du renseignement effectué sur le terrain, de la géo-intelligence et de l'apprentissage fait par l'IA qui s'aide de toutes les données géographiques, démographiques et historiques dont elle a connaissance pour matérialiser des éléments concrets. À la différence d'une simulation, nous savons que l'école que nous longeons existe bien, dans les mêmes dispositions que nous la voyons à l'instant. Nous pouvons déjà toucher ses murs, sentir l'odeur de la craie et nous habituer à la noirceur des pièces. Cette préparation permet à terme d'augmenter nos capacités cognitives. Nous nous déplaçons tous les sept dans celles-ci, interagissant avec l'environnement en y ajoutant des éléments, proposant des tactiques, validées ou non par l'IA. Nos ajouts et leurs conséquences sont visibles en temps réel par les chefs supervisant l'exercice. Une IA est chargée de compiler nos demandes pour proposer une simulation en fonction des renseignements issus de l'apprentissage et de ceux communiqués par des opérateurs en fonction du terrain reproduit. Une fois ce travail de reconnaissance accompli, il est de coutume de le matérialiser sur une caisse à sable augmentée afin de rendre compte facilement de tous les éléments. Celle-ci permet à quiconque, grâce aux lunettes de réalité virtuelle, de prendre connaissance des éléments importants pour la mission.

[10] Trousse individuelle du combattant.

3. Quels défis pour l'armée de Terre ?

La mise en service au sein de l'armée de Terre de jumeaux numériques pour l'entraînement et la planification des missions amène plusieurs réflexions.

Un premier enjeu, en lien avec la perception humaine de ces nouvelles technologies, réside dans la confiance. Cette dernière est nécessaire en ce qu'elle permet à l'usager, une fois acquise, de s'approprier correctement la technologie et d'en tirer le meilleur profit. Le besoin de confiance est double : à la fois dirigé vers les données que l'IA transmet ainsi que vers la représentation du monde que celles-ci donnent à voir. Dans les deux cas, elle ne viendra qu'avec une attention particulière portée à la protection des données et l'acculturation aux nouvelles technologies. En effet, pour avoir confiance en ces nouvelles méthodes d'entraînement et de planification, il faut que celles-ci fassent parties du quotidien des usagers ; d'autant qu'un entraînement régulier avec la même IA facilite la collecte de données et optimise l'apprentissage mutuel. Il faut donc, dès le début de la formation, valoriser l'envie de tester ces nouvelles technologies, notamment pour les nouvelles générations de combattants. Cette envie de s'approprier les technologies viendra aussi avec le renouvellement des environnements d'entraînement, garantissant l'imprévisibilité de la formation, et permettant au combattant de progresser continuellement. Aussi, plus l'entraînement sera régulier et diversifié, plus l'IA sera optimisée, créant un cercle vertueux stimulant la confiance de l'usager dans la technologie.

Pour faire vivre la formation au sein des régiments, il faudra par ailleurs prendre en compte les défis logistiques que pose la mise en œuvre de tels entraînements. En effet, la préparation opérationnelle avec un jumeau numérique nécessite une infrastructure adaptée et un réseau énergétique suffisamment performant. Cette dernière problématique se pose d'autant plus sur le terrain, lorsqu'il s'agira d'alimenter en batteries l'équipier numérique et de permettre à l'IA de transmettre les données qu'elle collecte.

Comme pour l'optimisation de l'utilisation de toute intelligence artificielle, il faut clairement identifier la destination et les missions des jumeaux numériques pour analyser leurs possibles dysfonctionnements. Avoir une connaissance parfaite de l'outil permet de s'en apercevoir et de corriger les défauts. Il faut être capable de prendre du recul sur ce que le jumeau donne à voir, en cas d'erreur de virtualisation. L'IA quant à elle, peut aussi avoir des failles. Plusieurs techniques d'attaques cyber peuvent être mises en œuvre pour la fragiliser, la tromper ou la détruire[11]. Il est donc nécessaire de garder une part de contrôle humain pour pallier les dégradations des fonctions de la machine. Aussi, ces technologies ne se substituent pas au principe de subsidiarité qui, pour pouvoir évoluer en mode dégradé, est nécessaire. Le chef doit être capable de bénéficier de suffisamment d'autonomie pour conduire sa mission dans son esprit sans devoir attendre les recommandations d'un système d'aide tactique. Plus largement, la préparation aux missions grâce au jumeau numérique ne peut et ne doit pas se substituer au renseignement sur zone. Il s'agit d'une alternative moins coûteuse qui permet aux combattants de s'entraîner plus régulièrement, voire même en autonomie. C'est donc une méthode à intégrer à la préparation opérationnelle existante pour l'étoffer autant en qualité qu'en quantité.

[11] Nick Starck, David Bierbrauer, Paul Maxwell, "Artificial intelligence, real risks : understanding and –mitigating-vulnerabilities in the Military use of AI", Modern War Institute, 18 janvier 2022, URL : https://mwi.usma.edu/artificial-intelligence-real-risks-understanding-and-mitigating-vulnerabilities-in-the-military-use-of-ai/.

Conclusion.

Enfin et plus largement, la présentation des jumeaux numériques dans le scénario met en avant une autre technologie en lien avec la réalité étendue, Sam. Ce petit robot ainsi que l'IA qui l'alimente, s'intègrent en étant liés aux performances de la lieutenant lors de son entraînement dans le jumeau numérique pour la collecte des données. La relation entre la lieutenant et son équipier numérique permet, en guise d'ouverture, de questionner le lien homme-machine. En effet, la personnification de Sam qui passe notamment par son prénom humain, témoigne d'un lien homme-machine particulièrement approfondi. Les études en cyberpsychologie[12] montrent que lorsque l'homme utilise un objet ou une machine, il élargit son schéma corporel pour y intégrer ces derniers. Il existe ainsi quatre attitudes adoptées par l'homme vis-à-vis de la machine[13]. L'homme peut seulement envisager la machine comme un outil et alors développer une relation de manipulation de la machine par lui-même. Il peut penser la machine comme un partenaire afin que se crée une relation de collaboration dans laquelle l'humain et la machine se répartissent le travail. Une troisième relation, plus particulière, peut se construire lorsque l'homme considère la machine comme le prolongement de son propre corps. Enfin, l'usager peut aussi comprendre la machine comme une partie de son identité (partie du « moi » psychique). Ces deux dernières attitudes qui entraînent une véritable identification de l'homme à la machine, ont pour conséquences de briser physiquement et psychologiquement les usagers en cas de perte de la machine. Les études ont montré qu'il existe des phénomènes de dépression chez certains soldats lorsqu'un robot est détruit au combat par exemple[14]. Pour revenir au scénario de ce papier, comment dès lors anticiper la réaction de la lieutenant si Sam venait à être endommagé au combat ? Il sera donc important, en parallèle de la généralisation de l'usage de ces nouvelles machines et IA, de réaliser des tests d'attachement aux soldats pour que le commandement puisse identifier le type de relation que ceux-ci entretiennent avec la machine, afin de prévoir le suivi adéquat.

[12] Il s'agit de la science qui étudie l'interaction entre les humains et les machines.
[13] Propos issus de l'intervention du psychiatre Serge Tisseron dans le cadre de la journée d'études organisée par le CReC le 24 novembre 2021 intitulée « L'ingénierie comportementale au sein de l'intelligence artificielle ».
[14] *Ibid.*