



PROMOTION P31

2023-2024

LE STRATÈGE AUGMENTÉ

L'intelligence artificielle dans l'aide à la décision militaire de haut niveau.



CF Julien KERVAZO

Sous la direction de

Docteur Océane ZUBELDIA

Chercheur domaine « Armement et économie de défense », Institut de recherche
stratégique de l'Ecole militaire (IRSEM)

Résumé

Les études théoriques militaires abordent souvent l'apport de l'IA sous l'angle tactique et pour des tâches ciblées. Son utilisation par les chefs militaires aux niveaux hiérarchiques les plus élevés est plus rarement abordé.

Dans un contexte d'évolution exponentielle des capacités technologiques de l'intelligence artificielle, ce travail de recherche et de réflexion propose d'étudier sa relation avec le décideur militaire de haut niveau : est-il possible et souhaitable d'apporter des aides algorithmiques aux grands chefs militaires et, si oui, comment pourra-t-on concrétiser cette ambition ? En un mot, le stratège augmenté peut-il devenir une réalité ?

L'étude, basée sur l'exploitation de nombreuses sources scientifiques et documentaires principalement anglo-saxonnes, mais aussi européennes ou chinoises, explore cette question en balayant un large champ de points de vue. Deux modèles de stratégies correspondant à deux définitions théoriques sont d'abord esquissés, associés à une réflexion sur leur mode de décision, notamment dans la tradition française. Les principaux types de technologies d'intelligence artificielle sont ensuite rappelés, permettant de dresser un état de l'art partiel au sein des principales puissances militaires. Puis, une ouverture nécessaire vers les domaines médicaux et des jeux de stratégie permet d'enrichir la réflexion par analogies. Ces bases théoriques cadrent le sujet et soulèvent plusieurs questions et pistes de solutions concernant la pertinence de l'utilisation des intelligences artificielles pour la décision militaire de haut niveau.

Autour de ce point de départ, l'étude explore ensuite plusieurs limites susceptibles de freiner, contraindre, voire empêcher l'émergence du stratège augmenté. Les difficultés identifiées sont d'ordre technique, organisationnel, psychologique et éthique. Si elles sont réelles, ce travail montre qu'elles peuvent être contournées ou prises en compte consciemment, et qu'elles orienteront, plus que bloqueront, la façon dont de tels outils d'aide à la décision devront être conçus ou utilisés.

Enfin, ces recherches et réflexions préalables permettent d'identifier plusieurs grands principes à suivre pour mettre en œuvre le concept avec la meilleure efficacité. Le stratège augmenté peut devenir une réalité, à condition qu'un outil *ad hoc*, bien alimenté par les bonnes données et dont le modèle est adapté aux exigences de la conduite d'une campagne militaire à haut niveau, soit mis à sa disposition. Ce modèle et son emploi devront s'inscrire dans une organisation transformée, à la fois préparée à l'utilisation de l'outil par son chef, et contribuant à sa conception et son évolution. L'efficacité maximale de l'intelligence artificielle pour le stratège sera atteinte si un « continuum d'augmentation » est mis en place au sein de l'organisation militaire, où l'on identifie plusieurs façons d'employer un tel système. Le stratège lui-même devra évoluer, se former et rester ouvert, tant l'exigence de compréhension et d'appropriation de son outil d'augmentation sera grande.

Finalement, il est possible d'identifier une convergence entre les deux types de stratège identifiés, leurs processus décisionnels, certaines technologies d'intelligence artificielle et les promesses et limites de tels outils. Cette convergence permet de mettre en évidence deux archétypes potentiels de stratèges augmentés, dessinant un possible nouveau paradoxe stratégique, entre autonomisation et augmentation.

Abstract

Theoretical military studies often discuss the contribution of AI from a tactical angle and for targeted tasks. Its use by military leaders at the highest hierarchical levels is more rarely addressed.

Against a backdrop of exponential growth in the technological capabilities of artificial intelligence, this research project proposes to study its relationship with high-level military decision-makers : is it possible and desirable to provide algorithmic assistance to senior military leaders, and if so, how can this ambition be achieved ? In short, can the augmented strategist become a reality?

The study, based on the exploitation of numerous scientific and documentary sources, mainly Anglo-Saxon, but also European and Chinese, explores this question from a wide range of viewpoints. We first sketch out two models of strategists, corresponding to two theoretical definitions, together with a reflection on the way they make decisions, particularly in the French tradition. We then review the main types of artificial intelligence technology, and draw up a partial state of the art within the main military powers. This is followed by a look at the fields of medicine and strategy games, allowing analogies. These theoretical foundations frame the subject and raise a number of questions and possible solutions concerning the applicability and relevance of using artificial intelligence for high-level military decision-making.

Around this starting point, the study then explores several limitations likely to slow down, constrain or even prevent the emergence of the augmented strategist. The difficulties identified are technical, organizational, psychological and ethical. If they are real, this work shows that they can be circumvented or consciously taken into account, and that they will guide, rather than block, the way in which such decision-support tools should be designed or used.

Finally, this preliminary research and reflection enables us to identify several key principles to be followed in order to implement the concept as effectively as possible. The augmented strategist can become a reality, if he or she is provided with an ad hoc tool, well supplied with the right data and whose model is adapted to the requirements of conducting a high-level military campaign. This model and its use must be part of a transformed organization, both prepared for the use of the tool by its leader, and contributing to its design and evolution. The maximum effectiveness of artificial intelligence for the strategist will be achieved if a "continuum of augmentation" is put in place within the military organization, where several ways of employing such a system can be identified. Finally, the strategist himself will have to evolve, train and remain open, so great will be the demand for understanding and appropriation of his augmentation tool.

Finally, we identify a convergence of two types of strategist, of their decision-making processes, of some AI technologies explored, and of the promises and limits of such tools. It enables us to highlight two potential archetypes of augmented strategist, outlining a possible new strategic paradox, between robotization and augmentation.

Introduction

Secourable amie de toujours, la machine à présent régit notre destin.

Vers l'armée de métier, Charles de Gaulle, 1934.

Pourra-t-on à l'avenir gagner la guerre sans en confier tout ou partie de la conduite à une machine ? Les développements technologiques et scientifiques liés à l'intelligence artificielle (IA) sont au cœur des questions de société et de sécurité. Cette technologie pourrait créer un changement de paradigme digne d'une nouvelle révolution industrielle, constituerait un outil de puissance permettant de dominer le monde, et pourrait changer la forme de la guerre.

Dans le domaine des études militaires, l'apport de l'IA est souvent abordé sous l'angle de l'automatisation des effecteurs, ainsi que relativement à ses apports dans les domaines du renseignement, du ciblage, et des fonctions administratives ou logistiques. Son utilisation par les chefs militaires aux niveaux hiérarchiques opératifs et stratégiques semble moins souvent traité, probablement car la technologie et ses applications potentielles étaient encore floues. De plus, le terme d'IA évoque aujourd'hui dans le langage courant un amalgame de capacités variées porteuses de mythes et de fantasmes, qui ne favorisent pas la perspective de son emploi par les plus hauts niveaux de la décision militaire.

Pourtant, les accélérations des résultats scientifiques dans le domaine sont phénoménales, et l'humanité est selon certains observateurs à l'aube d'un nouveau développement technologique de rupture. Dans ce cadre, il semble nécessaire de réfléchir aux capacités que les systèmes à base d'IA peuvent apporter à l'heure actuelle au profit du grand chef militaire, compte tenu de leurs limites intrinsèques. En un mot, est-il possible et souhaitable d'augmenter algorithmiquement la stratégie militaire et, si oui, comment pourra-t-on concrétiser cette ambition ?

Travailler sur une telle question permet de mobiliser les enseignements de l'Ecole de Guerre sur la stratégie, tout en développant des compétences dans le domaine de l'IA, en recherchant des convergences entre ces deux matières autour de la notion de stratégie augmenté. Méthodologiquement, après une phase d'appropriation des technologies actuelles d'IA, un élargissement des recherches documentaires a permis d'explorer le vaste champ de leur utilisation dans le domaine de l'aide à la décision militaire, principalement au travers de travaux de recherche anglo-saxons, européens et chinois. L'intérêt de cette réflexion pour le ministère des Armées réside dans la synthèse de points de vue variés qui résulte de ces recherches, permettant aussi de nourrir quelques réflexions originales dédiées au sujet. Ce travail peut ainsi contribuer à diffuser une nécessaire « culture de l'IA » dans les armées, notamment auprès des officiers, sous un angle moins souvent abordé. Il pourrait participer à rendre concrètes et rationnelles les perspectives offertes par l'IA sous sa forme actuelle, à des fins d'aide à la décision et au commandement, et contribuer à identifier des axes préférentiels pour son adoption.

Il est nécessaire de souligner qu'entre le début de la réflexion liée à ce projet de mémoire mi-2023 et sa finalisation, les progrès des systèmes à base d'intelligence artificielle, et notamment des *large language models* (LLM), sont fulgurants. Dans les dernières semaines de rédaction, l'entreprise Anthropic a par exemple dévoilé le modèle Claude 3 Opus, qui bat tous les modèles de LLM existants sur les batteries de tests habituels, et présente des performances qualifiées de quasi-humaines en traitement du langage par des observateurs indépendants. De même, l'entreprise OpenAI a présenté fin février 2024 des vidéos impressionnantes de précision, générées de toutes pièces par le modèle Sora à partir de requêtes textuelles. Ces vidéos laissent entrevoir par extension la possibilité de simuler à moyenne échéance la physique d'un environnement dans son intégralité. Les conclusions et réflexions

de ce document sont ainsi à la fois à jour de « l'actualité de l'IA », au risque de vieillir rapidement, mais cherchent également à identifier des invariants conceptuels sur l'utilisation de tels systèmes dans le contexte de la prise de décision militaire et stratégique.

La littérature anglo-saxonne semble un peu plus fréquente sur ce sujet que les sources françaises, et balaie un large champ de points de vue. Les « optimistes de l'IA » pour l'aide à la décision militaire, proches des théories de beaucoup d'analystes américains, s'opposent à un petit courant actif de pourfendeurs du chef augmenté. Toutefois, une partie de la littérature exploitée date de plusieurs années, et il semble utile de la considérer avec un œil critique compte tenu des évolutions technologiques récentes. La démarche exploratoire a ainsi consisté d'abord à identifier et recenser les capacités, limites, avantages et inconvénients des systèmes d'aide à la décision à base d'IA. Puis, elle a cherché à imaginer et décrire quelles seraient les étapes intellectuelles et conceptuelles à franchir pour implémenter des applications concrètes dans l'état actuel de la technologie, mais également pour se préparer à ses évolutions.

Ce travail explore la question suivante : dans l'état actuel et à venir de la technologie et de la conflictualité, un système bâti autour de l'intelligence artificielle pourrait-il efficacement conseiller un chef de niveau opératif haut ou stratégique, dans le cadre d'une campagne militaire, de la conduite d'une guerre, ou dans le contexte plus général de compétition géostratégique permanente ? Pour résumer, le concept de stratège augmenté est-il possible, souhaitable, et comment le concrétiser ?

Dans un premier temps, on abordera les notions intimement liées de stratégie, d'augmentation et d'aide à la décision, pour circonscrire le périmètre de l'étude et cadrer le champ d'application envisagé. Cette démarche permettra aussi de revenir rapidement sur les origines des idées d'aide technoscientifique à la décision militaire aujourd'hui incarnées par l'IA, et sur les grands principes de fonctionnement de cette technologie. Enfin, un état de l'art partiel permettra d'explorer des outils déjà existants dans les principales grandes puissances, ainsi que des applications dans le monde civil pertinentes pour l'étude, notamment dans le domaine des jeux de stratégie ou de la simulation.

La seconde partie abordera ensuite les innombrables défis et limites que posent la question de l'utilisation de l'IA dans le contexte de la conduite de la guerre à un niveau décisionnel élevé, en identifiant des limites technologiques, organisationnelles, psychologiques et éthiques. Si elles ne sont pas forcément bloquantes, elles orienteront fortement les attentes envers ces systèmes et les solutions concrètes qui pourront être retenues.

Enfin, dans une troisième partie, cette réflexion proposera de s'interroger sur les impacts des limites identifiées, parfois importantes, mais pouvant être prises en compte et articulées avec les avantages de l'IA pour en tirer le meilleur au profit de la décision militaire de haut niveau. La conclusion défendra la thèse suivante : Le stratège et ses conseillers se trouvent face à un défi commun, celui de comprendre et dompter l'intelligence artificielle au regard des enjeux de compétition géostratégique liés à son usage et à ses promesses transformatives. Des concepts d'utilisation pourront émerger, tirant parti de ce cheminement intellectuel.

1. Une révolution entre les mains du stratège

L'intelligence artificielle (IA) est régulièrement présentée comme une technologie générique émergente¹, susceptible de provoquer une rupture telle qu'une transformation radicale de l'environnement économique, social et sécuritaire sont entrevus². Dans un discours prononcé le 30 juin 2023, le chef d'état-major interarmées américain, Mark Milley, a fait valoir que les progrès rapides de cette technologie sont à l'origine du changement le plus important pour le caractère de la guerre jamais enregistré dans l'histoire³. Avant d'étudier les promesses de l'IA dans le domaine spécifique de la prise de décision stratégique et l'état de l'art actuel de ces systèmes, il convient de préciser les contours de cette étude. D'abord en délimitant le périmètre des notions de stratégie et de prise de décision puis en abordant quelques aspects du fonctionnement des technologies d'intelligence artificielle, qui auront des conséquences sur l'ensemble de la réflexion.

1.1. Le stratège augmenté et ses décisions

Le mot stratège peut revêtir de très nombreuses significations. « Peu de termes ont une définition aussi complexe » note Olivier Zajec⁴. Dans le cadre de cette étude, le stratège sera considéré selon deux principales acceptions. Elles ne sont qu'une infime partie du vaste champ que recouvre la notion, mais synthétisent deux grandes dialectiques stratégiques, deux natures du stratège.

Tout d'abord, si l'on revient à la racine grecque (*stratos agein*), il est celui qui conduit les armées, qui imprime le rythme à une masse de combattants⁵, qui est tourné vers la manœuvre. C'est une définition orientée vers la conduite opérationnelle et la performance sur le champ de bataille. On retiendra cette première définition, séduisante si on la transpose à l'idée de stratège augmenté. L'IA doit ainsi permettre de suivre le tempo de la guerre, amené à s'accélérer inévitablement à force d'automatisation vers la norme lumineuse et la stabilité cybernétique dans la prise de décision et l'action⁶. On peut l'appeler « stratège manœuvrier ». C'est la forme du stratège tournée vers l'action guerrière en vue de garantir son efficacité.

Il est inévitable de retenir aussi une autre facette du stratège, tout aussi importante, dont le champ d'action est bien plus large que la simple conduite des forces. Orienté vers le but politique et les moyens de l'atteindre, y compris sous forme de sacrifices ou de concessions, le stratège est aussi celui qui embrasse une vision globale de la guerre. Il est capable d'une réflexion de long terme sur la nature de la guerre qu'il mène et les meilleures façons d'atteindre ses buts, englobant au-delà de la simple action militaire des champs variés comme l'économie, la puissance maritime, la diplomatie, les perceptions... Il doit choisir, en lien avec le niveau politique, des options stratégiques qui seront déclinées en manœuvres. Il ne s'occupe plus simplement de ces dernières, mais bien de la guerre dans son ensemble. On peut ainsi le qualifier, selon les définitions respectives des généraux Beaufre et Poirier, de « stratège total » ou « stratège intégral ». Il agit comme un relais articulant la finalité, les conditions du moment et les moyens fournis pour transposer les objectifs de l'action politique en actions militaires. Cette définition paraît beaucoup moins

¹ *General purpose technology* selon la terminologie anglo-saxonne.

² LIVERSAIN, Lucie, 2022. « L'adoption des technologies génériques par les forces armées : le cas de l'IA ». Dans : *Polytechnique Insights* [en ligne]. 22 novembre 2022.

³ GARAMONE, Jim, 2023. Milley makes case for rules-based order, deterrence in new era. Dans : *US Department of Defense* [en ligne], 30 juin 2023.

⁴ MOTTE, Martin, SOUTOU, Georges-Henri, DE LESPINOIS, Jérôme, ZAJEC, Olivier, 2023. *La mesure de la force: Traité de stratégie de l'École de guerre*, Paris : Tallandier. p.69.

⁵ *Id.*

⁶ NÔEL, Jean-Christophe, 2018. Intelligence artificielle : vers une nouvelle révolution militaire ? Dans : *Focus Stratégique*, octobre 2018, N°84. IFRI.

confortable pour imaginer comment une machine à base d'IA, dont on explorera les limites, pourrait fournir une aide pertinente, et a fortiori, d'occuper seule cette fonction de « conseiller du prince ». Cette problématique constitue tout l'objet des pages qui suivront.

Il convient ensuite de préciser que cette étude ne portera pas sur le cas spécifique de l'emploi des armes nucléaires, indissociables du domaine stratégique. Les conséquences de l'emploi de l'IA dans les systèmes N3C (*Nuclear command, control and communications*), et les implications de cette association sur la stabilité stratégique, font l'objet de travaux explorant la pertinence de ce couplage, notamment aux Etats-Unis⁷ et en Chine⁸. Plus encore que dans toutes les dimensions de la guerre, il semble peu raisonnable de confier la décision de tirer ces armes à un système automatisé, malgré l'exigence accrue de rapidité de réaction.

Une fois le stratège défini, il convient de s'arrêter quelques instants sur la notion d'augmentation qui sera au cœur de la réflexion. Dans un ouvrage publié en 2013⁹, Bernard Claverie et Benoît Le Blanc donnent la définition suivante : « un ensemble de procédures, méthodes ou moyens, chimiques ou technologiques, dont le but est de dépasser les capacités naturelles ou habituelles d'un sujet. Ce dépassement peut concerner le corps ou l'esprit, être plus ou moins durable ». On parle bien d'homme augmenté si l'amélioration s'applique à un individu particulier, comme le chef militaire. Un système d'assistant conçu à partir d'intelligences artificielles rentre donc bien dans le cadre de cette définition, dans le sens où « l'augmentation concerne les capacités ou aptitudes d'un individu impliqué dans une situation qui dépasse ses propres limites, et à qui la technologie et/ou la chimie permettent de compenser ce manque »¹⁰. L'étude menée ici n'explore pas les formes d'augmentation cybernétiques ou chimiques. L'assistant d'augmentation basé sur des technologies d'IA permettra au stratège militaire d'aller au-delà de ses capacités d'analyse de situation et de synthèse, et au-delà des limites humaines quant à la quantité de facteurs pouvant être pris en compte dans une décision. Cette augmentation semble très pertinente à l'heure où la rapidité des boucles décisionnelles, l'élargissement des champs de conflictualité, et les capacités des effecteurs commandés nécessitent de ne pas décrocher.

Enfin, il convient d'explorer rapidement le mécanisme de prise de décision du stratège, ainsi que les voies technologiques historiques qui ont déjà été explorées pour l'assister, afin de mettre en perspective l'utilisation de l'IA dans l'aide à la décision. Dans la tradition occidentale, confronté à un problème, le décideur militaire ou civil, particulièrement de niveau stratégique, y répond par un triple processus d'analyse, de définition d'un plan d'action puis de mise en œuvre de ce plan.

Depuis l'Antiquité, deux façons de mettre en œuvre ce processus s'opposent¹¹. L'une, dans la lignée de la dialectique Platonicienne, consiste à n'utiliser que la raison pure, la logique, le raisonnement. Cette méthode rationaliste, prolongée par Descartes puis le mouvement positiviste, est associée à la foi dans le progrès scientifique pour obtenir un avantage militaire ou méthodologique. Elle s'incarne par exemple dans les travaux du général Lewal, « préfigurant ce qu'est désormais la méthode d'élaboration d'une décision opérationnelle tactique dans l'armée de Terre », selon le colonel Fabrice Clée¹². Elle peut s'appuyer sur des principes stratégiques distillés par l'étude scientifique du phénomène guerrier, « règles

⁷ NADIBAI DZE, Anna, 2023. AI and the Bomb: Nuclear Strategy and Risk in the Digital Age. Dans : *International Affairs*. Novembre 2023. Vol. 99.6. Pp. 2517–18.

⁸ SU, Fei, YUAN, Jingdong, 2023. Chinese Thinking on AI Integration and Interaction with Nuclear Command and Control, Force Structure, and Decision-Making. November 2023. European Leadership Network.

⁹ CLAVERIE, Bernard, LE BLANC, Benoît, 2013. Homme augmenté et augmentation de l'humain. Dans : *L'humain augmenté*. Paris : CNRS Éditions. p. 61–78. Les essentiels d'Hermès.

¹⁰ *Id.*

¹¹ CLÉE, Fabrice, 2019. Les fondements de la culture de prise de décision opérationnelle en France. Dans : *Revue Militaire Générale*. N°53. Janvier 2019.

¹² *Ibid.*

générales auxquelles des procédés particuliers doivent obéir pour être efficaces » selon Martin Motte¹³. On comprend que l'IA telle qu'elle existe aujourd'hui, basée sur un modèle mathématique et des règles strictes, selon une rationalité épurée des faiblesses humaines, peut s'inscrire radicalement dans la continuité de cette vision.

Cette dernière est pourtant battue en brèche par les tenants de la méthode opposée, qui propose une approche empiriste dans les pas d'Aristote. L'observation du monde sensible produit une intuition empirique, que le décideur croise avec une base de connaissances théoriques conservée de son expérience ou de sa formation préalable. Après un processus délibératif, il envisage des options souhaitables parmi lesquelles il opérera un choix. Cette méthode semble plus robuste face aux contingences de l'environnement du stratège, confronté au « brouillard de guerre » et à la « friction » Clausewitiens. Elle fait donc la part belle à l'intuition du stratège, à son génie, au « coup d'œil », érigeant la décision stratégique au rang d'art. Face à cet inconnu, le décideur doit faire preuve d'une « rationalité limitée » selon l'expression reprise par le général Desportes¹⁵. Cette méthode semble bien plus éloignée des capacités des IA existantes jusqu'à présent, qui ne semblent pas encore pouvoir faire preuve de cette intuition purement humaine. Pourtant, on verra par la suite que l'étude du fonctionnement de ces systèmes peut remettre partiellement en cause cette première impression et leur offrir aussi une place dans ce type de processus décisionnel.

Ces courants de pensée initialement opposés, mais finalement perçus comme complémentaires, notamment par Foch, à la charnière des XIX^{ème} et XX^{ème} siècles, convergent vers une synthèse qui rend compte du processus décisionnel du stratège. Il doit se placer entre rationalité et expérience, entre réflexion et sensation, entre fluidité face aux contingences et application de lois permanentes, et donc mobiliser à parts égales intuition et intelligence. Il se positionnera ainsi, selon la distinction établie par Olivier Zajec¹⁶, entre le courant Clausewitzien qui « pense la guerre » et la tendance Jominienne à « faire la guerre ». On verra que cette séparation en deux tendances appelées à fusionner harmonieusement fait écho aux dilemmes sur le degré d'augmentation ou d'automatisation souhaitables et possibles pour le stratège.

Si les IA occupent ainsi une place toute particulière dans le maintien de cet équilibre, il semble nécessaire de mieux comprendre leur fonctionnement pour développer la réflexion.

1.2. Comprendre les intelligences artificielles pour mieux les mobiliser

Il paraît impropre de parler d'intelligence artificielle au singulier, sans préciser le terme et ce qu'il recouvre selon le contexte. La distinction entre différents types d'intelligences artificielles et de technologies algorithmiques sous-jacentes est nécessaire. En effet, le terme recouvre un grand nombre de solutions explorées depuis la fin de la première moitié du XX^{ème} siècle et l'invention du terme par John McCarthy au milieu des années 1950.

Une première diversification de la notion d'IA réside dans la différence d'approche fondamentale entre deux courants de pensée : pour atteindre une forme d'intelligence proche de celle de l'Homme, faut-il modéliser le fonctionnement du cerveau humain, ou au contraire représenter les concepts et la logique du raisonnement ? Faut-il recréer l'organe ou l'esprit humain¹⁷ ? C'est l'objet du débat entre connexionnistes, qui visent à créer des réseaux de neurones et à les agencer pour reproduire le fonctionnement biologique du cerveau, et les symbolistes, qui produisent des

¹³ MOTTE, SOUTOU, LESPINOIS, (et al.), op. cit.

¹⁵ DESPORTES, Vincent, 2004. Décider dans l'incertitude. Economica, 2004.

¹⁶ MOTTE, SOUTOU, LESPINOIS, (et al.), op. cit.

¹⁷ DREYFUS, Hubert, DREYFUS, Stuart, 1988. Making a mind versus modelling the brain : Artifical Intelligence back at a branchpoint. Dans : *Daedalus*, Vol. 117, No. 1, p. 15-43., 1988.

modélisations basées sur la logique, découpant un problème en tronçons élémentaires pouvant être résolus par un ensemble de règles¹⁸.

Les systèmes symboliques ont connu un développement rapide aux débuts de l'IA ainsi que dans les années 1990, avec l'avènement des « systèmes experts ». Ils sont capables de reproduire le raisonnement déductif d'un spécialiste humain à partir d'éléments factuels et de règles logiques. Ces systèmes ont permis d'obtenir des résultats, notamment dans le domaine biologique, médical et industriel. Ils ont connu leur heure de gloire lors de la victoire aux échecs de l'ordinateur DeepBlue contre Gary Kasparov, qu'il vainquit par force brute en utilisant un système doté d'une puissance de calcul colossale et d'une bibliothèque d'ouvertures préparées par des joueurs experts. Cette performance représenta cependant paradoxalement une forme de plafond de verre pour ces systèmes, incapables par conception de relier représentations et objets physiques correspondants¹⁹. Ils présentent également l'inconvénient de devoir être mis à jour régulièrement, processus qui devient extrêmement difficile et coûteux à mesure que leur complexité augmente.

L'approche numérique connexionniste voit elle aussi le jour dès les débuts de l'IA, lorsque le psychologue Franck Rosenblatt théorise la notion de *perceptron*, l'un des modèles originels des réseaux de neurones. Leurs premiers pas furent limités par les faibles capacités de calcul ne permettant que de trier des données linéairement séparables²⁰. Cette approche regagne de la vigueur durant les années 1980 avec la découverte de l'algorithme de rétropropagation du gradient²¹, permettant de corriger les poids relatifs d'un réseau de neurone en fonction de leur contribution à l'erreur entre la sortie calculée par le modèle et la sortie désirée. Cette méthode ouvre ainsi la voie aux techniques d'apprentissage automatique profond, ou *deep learning*. Ces dernières, qui présentent l'intérêt majeur d'être simples à exploiter sans nécessiter d'expert, ne pourront véritablement être mises en œuvre qu'au cours des années 2000 grâce à deux facteurs : l'avènement d'internet générant la profusion des données nécessaires²² et la démultiplication exponentielle des capacités de calcul. Les méthodes d'apprentissage profond révolutionnent l'IA dans le courant des années 2010, permettant par exemple des avancées majeures pour la reconnaissance d'image et de texte. Elles se perfectionnent depuis, trouvant notamment des applications dans le domaine militaire²³.

Le *deep learning* est devenu tellement efficace qu'il est souvent confondu avec l'intelligence artificielle en tant que telle. Courant dominant, il est lui-même caractérisé par des approches et des méthodes variées, qui n'ont pas toutes les mêmes applications pratiques. L'apprentissage peut être réalisé de différentes manières :

- L'apprentissage supervisé est la méthode la plus ancienne, et a permis les avancées rapides des années 2010. Il nécessite une intervention humaine qui indique à la machine ce qu'elle doit identifier, et valide ou non sa réponse, éventuellement par marquage préalable des données d'entraînement. Cette méthode a produit des résultats spectaculaires dans les applications de reconnaissance d'image, où les fonctions de classement consistent à définir des limites entre différentes catégories d'objet.
- L'apprentissage par renforcement consiste à agir par cycles d'exploration puis d'exploitation de solutions pour trouver une méthode optimale de

¹⁸ KONIECZNY, Sébastien, PRADE, Henri [dir.], 2020. L'intelligence artificielle : de quoi s'agit-il vraiment ?, Toulouse : Cépaduès éditions, 2020. Groupement de Recherche En Intelligence Artificielle, CNRS.

¹⁹ ROUGIER, Nicolas, 2015. L'intelligence artificielle, mythes et réalités. Dans : Interstices [en ligne].

²⁰ SAPORTA, Gilbert, GUENOT, Frédérique [dir.], 2023. Histoire et enjeux de l'IA. Dans : *L'IA éducative. L'intelligence artificielle dans l'enseignement supérieur*. Bréal, p.41-50, Thèmes & Débats, 2023.

²¹ *Ibid.*

²² BOISARD, Olivier, 2020. Brève histoire de l'intelligence artificielle. Dans : *Soins Cadres*, 29.123, 10–14. 2020.

²³ L'entreprise PRELIGENS industrialise par exemple ce type d'algorithmes pour les adapter à des cas d'usage militaires liés au renseignement d'origine image, électromagnétique, ou humain.

résolution d'un problème. Il nécessite de définir une fonction utilitaire qui donne un score au résultat produit par la machine pendant ses itérations, basé sur la proximité des solutions obtenues avec un résultat souhaité. Les paramétrages qui aboutissent à des solutions proches de l'objectif sont récompensés et la machine converge vers le comportement à atteindre.

- L'apprentissage par imitation (ou apprentissage par renforcement inverse) consiste à donner à la machine des exemples de résolution d'un problème par un humain, afin qu'elle apprenne en recopiant ces comportements au plus près. Il n'est alors pas nécessaire de déterminer comment récompenser l'algorithme, ce qui s'avère habituellement complexe. Ainsi, un algorithme d'IA apprendra mieux en observant comment un robot est piloté par un humain plutôt qu'en étant récompensé sur la base de résultats optimaux difficiles à définir (vitesse, position, précision...).
- Enfin, l'apprentissage non-supervisé consiste à laisser la machine découvrir par elle-même, en explorant son périmètre d'action, les meilleures façons de résoudre les problèmes. Elle peut également trouver seule des catégories dans un jeu de données. Cette technique permet de confronter deux machines paramétrées différemment, afin d'identifier la plus efficace d'entre elles, puis à répéter le processus sélectif pour faire émerger un agent optimisé.

Ces différentes techniques ne présentent pas toutes les mêmes avantages et inconvénients. La place de l'homme y est aussi fondamentalement différente en fonction de la méthode retenue. Si l'humain qui valide les réponses de l'IA n'est qu'un opérateur à l'impact normalement nul dans le cadre des apprentissages supervisés, celui qui annote les données d'entraînement a une importance cruciale. Le programmeur a une fonction quasiment démiurgique dans le cadre des algorithmes par renforcement, puisque la caractérisation des paramètres à maximiser définira le comportement de la « machine intelligente » qui en résultera. L'Homme devient un exemple à suivre dans l'apprentissage par mimétisme, avec les risques que cela comporte en cas de comportement néfaste. Concernant l'apprentissage non supervisé, l'humain n'intervient plus après la création du robot apprenant, et laisse la place à l'émergence de solution innovantes et non-pensées. Ce dernier type d'apprentissage est proposé par plusieurs chercheurs en IA pour améliorer encore la performance des systèmes, en copiant la manière d'apprendre des êtres humains, qui mettent en œuvre cette méthode dès le berceau.

Une nouvelle évolution des intelligences artificielles est aussi apparue depuis quelques années. Elle a déjà et aura des conséquences majeures, en révolutionnant la manière de donner accès à cette technologie au plus grand nombre, et en permettant de faire émerger des relations entre concepts et objets au sein des modèles. Il s'agit de l'IA générative, et notamment les *large language models* (LLM), aujourd'hui également abusivement associés au concept d'IA en général tant ils occupent l'espace médiatique et déchainent les fantasmes. Ils fonctionnent à base de gigantesques réseaux de neurones profonds appelés « transformeurs ». Ces réseaux doivent d'abord apprendre les relations linguistiques de base (quelle lettre a le plus de chance de suivre telle autre, puis quel bigramme, puis quel mot...), en étant entraînés sur des quantités colossales de données provenant de « morceaux d'Internet » aléatoires ou choisis (l'ordre de grandeur pour les systèmes les plus avancés actuellement est de dizaines de milliers de cartes graphiques, qui exploitent pendant plusieurs mois des dizaines de téraoctets²⁵, au prix de dizaines de millions de dollars²⁶). Une fois ce pré-entraînement effectué, un processus d'apprentissage par renforcement avec retour humain, moins coûteux et complexe, permet d'améliorer progressivement les réponses du modèle. Enfin, il peut-être encore affiné selon les

²⁵ BROWN, Tom B., [et al.], 2020. Language models are few-shot learners. Dans : *Advances in neural information processing systems*, NeurIPS N°33, p.1877-1901. 2020.

²⁶ KARPATY, Andrej, 2023. *Intro to Large Language Models* [en ligne]. 23 novembre 2023.

besoins de contextes ou de clients particuliers. Les représentants les plus connus de ces systèmes sont ChatGPT de la société OpenAI, Gemini de Google, LLaMA de Meta et Claude d'Anthropic. Capables grâce à leur entraînement de comprendre le contexte d'une question pour générer une réponse, ils manipulent, semblent comprendre et produisent tellement bien du langage qu'ils donnent l'illusion de la créativité et du raisonnement. Ils ont cependant des limites intrinsèques. Par exemple, un LLM ne peut donner l'heure seul (il ne peut l'avoir apprise) ou faire un calcul simple qu'il n'a pas « lu » lors de son apprentissage. Ces limites sont contournées par l'introduction d'outils spécialisés, souvent sous forme de codes informatiques que le LLM fait tourner pour produire sa réponse.

Les perspectives d'utilisation des LLM dans le domaine militaire sont multiples, et s'appliquent déjà à l'aide à la décision opérationnelle et stratégique comme on le verra. La possibilité de les affiner pour une utilisation particulière, en utilisant des données d'entraînement *ad hoc* permettrait d'envisager de les perfectionner pour propulser des « assistants stratégiques ». Ces derniers pourraient agir comme « système-cœur » en s'interfaçant avec le chef militaire, son état-major, et une constellation d'autres IA spécialisées.

Une dernière voie de recherche est ainsi celle de la combinaison de toutes ces technologies d'IA, pour aboutir à des systèmes qui dépasseraient les limitations de chaque méthode prise indépendamment. Par exemple, Yann LeCun pensait en 2016 que l'apprentissage non-supervisé, associé ensuite à des techniques supervisées et par renforcement, permettrait de progresser rapidement, ce qui s'est confirmé partiellement par la suite²⁷. Cette voie fait partie de celles qui sont explorées pour atteindre le graal de l'IA forte, ou IA générale, objectif affiché de nombreux leaders de l'industrie américaine. Ainsi, les exemples précités, malgré leur apparent perfectionnement et l'illusion d'intelligence, ne réalisent que des tâches spécialisées sans connaître le contexte sous-jacent. *A contrario*, l'IA générale aurait la capacité à comprendre son environnement, planifier, penser de manière abstraite, voire de ressentir, et de vivre des expériences ... Elle a été évoquée dès 1997 par un chercheur américain qui s'interrogeait sur les impacts d'une IA surdouée sur les plans industriels et militaires, dans un contexte de confrontation avec des compétiteurs symétriques à l'horizon...2025²⁸. Considérée par de nombreux chercheurs comme un mythe inatteignable, ou du moins très lointain, elle pose de nombreuses questions environnementales, éthiques et philosophiques, voire menacerait l'espèce humaine. Même si l'émergence de cette « singularité » semble hypothétique ou lointaine, il n'est pas interdit de réfléchir à l'impact stratégique qu'elle pourrait constituer. Sa maîtrise pour le stratège permettrait de conserver un avantage comparatif vis-à-vis de ses adversaires.

Dans cette course au perfectionnement des IA, les liens civilo-militaires sont étroits et les applications à la défense, notamment dans le cadre de l'aide à la décision, aujourd'hui nombreuses.

1.3. Etat de l'art au sein des principales puissances

Les intelligences artificielles semblent représenter actuellement une condition *sine qua non* du succès opérationnel, car elles sont porteuses de multiples promesses, déjà concrètes ou envisagées, dans le domaine de l'aide à la décision militaire.

Des applications pratiques des IA sont en place depuis longtemps dans les armées des principales puissances militaires. La gestion de la robotisation des effecteurs est souvent au cœur de ces recherches, tout comme l'automatisation et l'optimisation dans des domaines très précis : renseignement, maintenance prédictive,

²⁷ LECUN, Yann, 2016. Le Deep Learning, une révolution en intelligence artificielle. Dans : Communiqué de presse pour la leçon inaugurale au Collège de France, 4 février 2016.

²⁸ GUBRUD, Mark Avrum, 1997. *Nanotechnology and International Security*. Dans : *The fifth Foresight conference on molecular nanotechnology*, 5-8 novembre 1997, Palo Alto CA. Foresight update, n°31, p.1, 15 décembre 1997.

automatisation de tâches administratives, détection d'intrusions en cyberdéfense... Plusieurs entreprises développent des systèmes d'IA à vocation militaire, dans le cadre de stratégies de développement par les grandes puissances. En 2018, le département de la défense (DoD) américain suivait 592 projets intégrant de l'IA²⁹. L'un des plus emblématiques est le projet MAVEN, destiné à identifier des objets dans les myriades d'images collectées par le renseignement américain³⁰. Les forces et équipements militaires bénéficient aussi des progrès des technologies civiles dans une logique duale (systèmes de navigation pour les véhicules, reconnaissance de caractères, chatbots pour explorer des bases de connaissance...).

Toutefois, toutes ces applications, si performantes et utiles soient elles, ne constituent pas, même collectivement, un système d'aide à la décision pour le stratège, et encore moins une machine qui serait capable de donner des ordres cohérents en autonomie. Ainsi, l'Air Force Research Laboratory reconnaissait en 2021 des « petites victoires » individuelles pour les tâches de traitement de données intensives, mais ne pas être capable de les généraliser³¹. Les systèmes existants sont spécialisés, optimisés pour une tâche, basés sur des technologies d'apprentissage machine répandues et aujourd'hui relativement basiques. Ils sont parfois considérés, à juste titre, comme des systèmes d'aide à la décision, mais au profit d'un opérateur isolé. Elles sont l'équivalent de la machine-outil de la révolution industrielle et apportent des gains comptables et de productivité sans égal, mais restent cantonnées à leur domaine d'expertise. La plupart de ces applications sont dans leur grande majorité à vocation tactique ou de soutien à un opérateur, fût-il dans un centre de renseignement tourné vers le niveau stratégique. Cette IA « de terrain » constitue ainsi une brique élémentaire incontournable pour la progression vers un véritable système complet d'aide à la décision. Souvent mis en lumière et utilisé comme exemple pour illustrer la révolution transformative que constituent les IA, ils ne sont pas suffisants pour changer la nature de la guerre et la prise de décision du stratège.

Le développement de l'IA dans le champ de l'aide à la décision militaire va toutefois désormais déjà plus loin. La sensibilité de tels systèmes rend délicate l'obtention d'informations concrètes sur leur usage, leurs capacités, leurs bénéficiaires et leur manière de fonctionner. Néanmoins, plusieurs projets sont publics et ressemblent plus concrètement à des systèmes d'augmentation des stratégies.

Les Etats-Unis sont en pointe dans le domaine, et disposent de plusieurs projets, sous la houlette du récent Chief Digital and Artificial Intelligence Office (CDAO) du Pentagone. Le plus emblématique et probablement le plus performant des programmes connus est produit par la société Palantir. Il permet d'agrèger des données provenant de sources variées autour de requêtes dont la réponse est presque instantanée. Son utilisation au cours du conflit en Ukraine, devenu un laboratoire de « beta-test » à grande échelle pour l'IA, est documentée³². Elle montre comment un tel outil, combinant des briques spécialisées (observations satellites personnalisées, recherches en source ouverte sur les réseaux sociaux, images de drones, interceptions de communications...), permet aux chefs tactiques de haut niveau de compresser le temps nécessaire au ciblage pour s'adapter à grande échelle et en quelques minutes à une situation nouvelle sur le champ de bataille. Cette adaptation aurait auparavant pris plusieurs heures. L'outil propose ensuite l'effecteur jugé le plus adéquat, et il recevra les données de ciblage s'il est confirmé par l'opérateur humain. Palantir consacre ainsi l'entrée dans un âge où « l'homme n'est plus pertinent dans certains domaines »³³, celui de la « guerre algorithmique » identifié par l'ancien secrétaire

²⁹ NOËL, op. cit., p.27.

³⁰ GILL, Jaspreet, 2023. NSA making "significant advances" months into AI-focused project Maven takeover. Dans : *Breaking Defense* [en ligne]. 24 mai 2023.

³¹ HITCHENS, Theresa, 2021. Some "quick wins," but Air force struggles with AI. Dans : *Breaking Defense* [en ligne], 30 mars 2021.

³² MACÃES, Bruno, 2023. How Palantir is shaping the future of warfare. Dans : *TIME* [en ligne], 10 juillet 2023.

³³ *Ibid.*

d'état adjoint à la défense Robert Work³⁴. L'outil produit une « aura d'omniscience » au profit des chefs militaires³⁵, jusqu'aux plus hauts niveaux tactiques et opératifs, et potentiellement stratégiques et politiques. En effet, ce système plutôt orienté sur le ciblage en boucle courte s'est diffusé au sein des administrations ukrainiennes qui ont trouvé des cas d'usage pouvant s'apparenter aux balbutiements d'une « approche globale » de l'utilisation de l'IA : enquête sur des crimes de guerre, gestion des réfugiés, lutte contre la corruption... Au-delà de son apport sur le terrain, l'outil offre donc un premier aperçu du niveau d'augmentation qui peut être atteint pour les plus hauts échelons de commandement.

D'autres projets américains sont également documentés, dans une logique de création « d'effet de levier » des technologies d'IA au profit de la sécurité nationale. La jeune société ScaleAI travaille ainsi avec le DoD pour explorer la pertinence et fournir des cas-test de l'utilisation des LLM³⁶. Elle fait aussi la démonstration d'un « officier d'état-major » virtuel, Donovan³⁷, dont l'utilisation et les fonctionnalités semblent très proches de la solution de Palantir. L'entreprise « C3.ai » propose de son côté une solution d'exploration instantanée de base de connaissances et de production de rapports, grâce à une interface en langage naturel à base d'IA générative. Enfin, l'entreprise Anduril³⁸ adopte une approche intégrée. Elle développe en cohérence des effecteurs robotisés autonomes et un système d'exploitation nommé Lattice incluant de l'IA. Il permet à la fois d'intégrer et d'explorer les données captées, tout en commandant toutes les échelles d'effecteurs autonomes (du micro-drone à l'équipier fidèle d'un petit avion de chasse). Ce dernier système a vocation à réduire le volume d'humains nécessaire aux opérations, et s'approche plutôt du modèle chinois, comme cela est exposé par la suite.

Le champ de « l'alerte avancée » ou prédiction des conflits est également actif et parfois déjà au service des décideurs stratégiques américains. La société RhombusPower, où travaille notamment l'ancien général Stanley McChrystal, a développé le système Guardian, présenté comme capable de prédire avec une grande acuité des activités militaires en un lieu donné, voire le déclenchement de conflits. Selon son fondateur, il aurait permis, en croisant une masse colossale de données « source ouverte tous domaines », d'identifier une accumulation d'anomalies permettant de prédire l'invasion russe en Ukraine dès la fin de l'année 2021³⁹. Ces signaux vont de très forts (accumulations de matériel sur des photos satellite à des lieux inhabituels) à très faibles (habitudes d'achat dans les petits commerces d'officiers russes déployés). Le système semble lui aussi construit autour d'un LLM qui, selon le fondateur de RhombusPower, est déjà dans la « *situation room* » de l'appareil de défense américain⁴⁰. L'évaluation de l'impact des LLM et leur coordination avec les autres modèles d'IA fait ainsi l'objet de toutes les attentions aux Etats-Unis, conduisant à la création de la Task Force Lima par le CDAO en 2023⁴¹. Son objectif est d'explorer en 18 mois les cas d'usages de l'IA générative afin d'accélérer son adoption et son impact sur l'ensemble du périmètre du DoD.

La Chine a la même lecture de l'importance stratégique de l'IA et de son potentiel « transformatif ». Kai Fu Lee décrit comment, en 2017 lors de la victoire inédite du système AlphaGo contre un grand maître du jeu de go, la Chine a connu un « moment

³⁴ FONTES, Robin, KAMMINGA, Jorrit, 2023. Ukraine: A living lab for AI warfare. Dans : *National Defense*, avril 2023, p.15–17.

³⁵ BERGENGRUEN, Vera, 2024. How tech giants turned Ukraine into an AI war lab. Dans : *TIME* [en ligne], 8 février 2024.

³⁶ BRANDI, Vincent, 2024. Scale AI to set the Pentagon's path for testing and evaluating large language models. Dans : *DefenseScoop* [en ligne], 20 février 2024.

³⁷ SCALE AI, 2024. Donovan , AI Digital Staff Officer for National Security. Dans : Scale [en ligne].

³⁸ ANDURIL, 2024. Lattice for command and control. Dans : Anduril [en ligne].

³⁹ MCCHRYSTAL, Stanley, ROY, Anshu, 2023. Ai has entered the situation room. Dans : *Foreign Policy*, 249, Été 2023, p.46–49.

⁴⁰ *Ibid.*

⁴¹ BRANDI, Vincent, 2023. Inside Task force Lima's exploration of 180-plus generative AI use cases for DOD. Dans : *DefenseScoop* [en ligne], 6 novembre 2023.

Spoutnik », générant un choc et une mise en mouvement politique dans le domaine de l'IA similaire au processus engagé aux Etats-Unis dans la course à l'espace au début des années 1960⁴². L'objectif chinois, formalisé dans le « plan national de développement de la nouvelle génération d'IA » consiste ainsi depuis cette période à devenir la première puissance mondiale à l'horizon 2030⁴³ en s'appuyant sur une démarche de « fusion civilo-militaire »⁴⁴. Le terme difficilement traduisible « d'intelligentisation »⁴⁵ de l'Armée Populaire de Libération (APL), apparaît ainsi dans son livre blanc de 2019, au même plan que les objectifs de mécanisation et d'informatisation. Ce terme fait depuis régulièrement référence dans la littérature chinoise à l'introduction et l'utilisation d'IA d'aide à la décision dans les systèmes de commandement existants ou à venir. L'objectif est double : permettre le contrôle de la multitude d'effecteurs autonomes et saturants envisagés dans le modèle d'armée du futur, et faciliter, voire suppléer, l'activité de décision du chef militaire.

L'accès détaillé aux projets chinois est délicat. L'entreprise duale d'IA et de *big data* MiningLamp, mise à profit par les autorités chinoises dans le domaine de la sécurité intérieure⁴⁶, constitue un candidat susceptible de travailler pour l'APL. Plus récemment, l'entreprise Baidu a connu une chute majeure de sa cotation à la bourse de New-York du fait de liens supposés de son chatbot Ernie avec des centres de recherche militaire. Même si la barrière de la langue et l'opacité nécessaire au secret limitent l'accès aux sources, il semble toutefois que la Chine n'a pas nécessairement encore atteint le niveau de perfectionnement des applications américaines, malgré l'implication à marche forcée de dix start-ups chinoises et des BATX⁴⁷. Cette situation vient probablement du retard en termes d'informatisation et de mise en réseau de l'APL, encore important il y a quelques années, mais en cours de rattrapage rapide. La Chine manque aussi de données opérationnelles pour nourrir ses systèmes expérimentaux et procède à une forme de « data-augmentation » par la simulation⁴⁸.

La Russie, malgré le récit emphatique de Vladimir Poutine en 2017⁴⁹, accuse un certain retard. Elle souffre d'un manque de talents, d'un environnement politico-économique peu propice à l'émergence de start-ups et d'une confiscation forcée de la recherche et des fonds par les grandes entreprises étatiques. Plusieurs stratégies ont été rédigées, mais leur implémentation réelle est incertaine et les travaux ont été menés en priorité par la banque d'état Sberbank plutôt que par le conglomerat d'industries de défense Rostec, qui semble occulter l'IA de ses priorités⁵⁰. Quelques réalisations sont toutefois à porter à son crédit, plutôt dans le champ de l'amélioration basique des matériels : brouilleurs Bylina, MIG-35⁵¹... Il n'a pas été possible de trouver trace documentée en source ouverte d'un système d'aide à la décision de niveau opératif ou stratégique, ce qui ne veut pas dire que de tels systèmes ne sont pas développés. La Russie s'est néanmoins rapprochée de la Chine et partage la même vision à long terme, celle de multiplier les plateformes robotisées semi-autonomes. L'effort russe a également plutôt porté, de manière indirecte, sur l'apport de l'IA générative dans la guerre informationnelle et le cyberspace⁵².

⁴² LEE, Kai-Fu, 2017. *AI Superpowers : China, Silicon Valley, and the New World Order*. Boston : Houghton Mifflin Harcourt.

⁴³ ZUBELDIA, Océane, 2020. Entre résilience et rupture : l'émergence d'un nouveau modèle technologique chinois ?. Dans : *Monde chinois*, N°61, 2020, p.39–53.

⁴⁴ SU, YUAN, *op. cit.*

⁴⁵ *Intelligentization* en anglais, «intelligentised warfare (智能化战争)» en chinois.

⁴⁶ ANON., 2020. MiningLamp, le wannabe-Palantir de Pékin. Dans : *Intelligence Online* [en ligne], 25 mars 2020.

⁴⁷ Baidu, Alibaba, Tencent et Xiaomi, miroirs chinois des GAFAM, Google, Amazon, Facebook, Apple, Microsoft.

⁴⁸ KANIA, Elsa, 2019. Artificial intelligence in future Chinese command decision making. Dans : *Artificial intelligence, China, Russia, and the global order*. Ch. 20, p. 153-161. 1er octobre 2019.

⁴⁹ « Celui qui deviendrait leader dans ce domaine sera le maître du monde »

⁵⁰ PETRELLA, Stephanie, MILLER, Chris, COOPER, Benjamin, 2021. Russia's artificial intelligence strategy: the role of state-owned firms. Dans : *Orbis*, N°65, p.75–100, 2021.

⁵¹ ANON., 2020. Russia's newest fighter the MiG-35 integrates basic AI as pilot assistant. Dans : *Military Watch* [en ligne], 10 juin 2020.

⁵² NOCETTI, Julien, 2021. L'intelligence artificielle : enjeu stratégique de la Russie. Dans : *SAY*, N°4, p.140–41, 2021.

En France, à une échelle limitée par rapport aux deux superpuissances, le sujet est néanmoins pris très au sérieux. Une stratégie de défense en IA est ainsi en place depuis 2019 au ministère des armées. Elle est issue du rapport rédigé la même année par la « Task force IA » qui inclut « l'aide à la décision en planification et en conduite » comme premier axe de développement prioritaire⁵³. L'ambition consiste à placer des interfaces d'aide à la décision à tous les niveaux de commandement (stratégique, opératif et tactique) et à tous les moments de l'opération (anticipation-planification, conduite, évaluation), en croisant des données de nature variée, afin de « fournir des assistances, [...] et ainsi offrir des choix éclairés pour décider plus vite en réduisant l'incertitude ». L'exemple donné dans le document (recalcul d'itinéraires en temps réel pour des véhicules) est néanmoins très tactique. ARTEMIS IA, dont la réalisation a été lancée à l'été 2022, est un projet d'infrastructure unique et sécurisée pour le traitement en masse de toutes les sources de données du ministère des armées. Il devrait permettre de constituer un substrat technique sur lequel pourront se greffer des cas d'usage variés pour tous les acteurs du ministère, ou industriels. Cette stratégie française est revitalisée en mars 2024, avec l'objectif de « se répandre dans les tâches administratives comme dans les missions opérationnelles »⁵⁴. Une Agence ministérielle pour l'IA de défense (AMIAD) sera créée à l'été 2024 et la France devrait disposer à l'horizon 2025 du plus gros supercalculateur classifié dédié à l'IA en Europe.

Cette dynamique associée à celle de l'innovation de défense a permis, aux côtés des grands industriels qui cherchent à intégrer l'IA dans leurs produits, l'émergence d'acteurs aptes à suivre la course à l'IA. Ils sont néanmoins encore spécialisés et ne semblent pas proposer pour l'instant d'outil global d'aide à la décision « prêt à l'emploi » documenté publiquement. L'entreprise Preligens a par exemple développé et mis au service de la direction du renseignement militaire (DRM) un système de classe mondiale de reconnaissance d'objets d'intérêt militaire dans un flot d'images satellite, mais qui ne constitue qu'une des briques nécessaires. La jeune start-up Comand.AI est toutefois probablement l'une de celles qui se rapprochent le plus du domaine de l'aide à la décision de haut niveau, ayant pour ambition de simplifier et d'accélérer la planification et la conduite des opérations militaires dans une logique de soutien du décideur militaire⁵⁵, avec un outil complet à base d'IA.

Enfin en Europe, Helsing, un nouvel acteur de poids spécialisé dans l'IA de défense a émergé en 2021 en Allemagne, sous l'impulsion du milliardaire Daniel Ek⁵⁶. Cette entreprise offre des capacités d'analyse et de ciblage proches de celles proposées par Palantir. Elle présente toutefois la spécificité de travailler sur des solutions embarquées à bord des équipements militaires, dont les données captées sont ensuite remontées dans une simulation qui reproduit en temps réel aux échelons supérieurs ce qui se passe sur le champ de bataille, tout en l'enrichissant. Ce système, même s'il ne propose pas encore des solutions et des modes d'action, constitue là aussi une première brique solide pour un assistant d'aide à la décision militaire de haut niveau.

On le voit, si le domaine de l'IA appliquée à la défense est vaste et foisonnant, il existe encore peu de projets, et encore moins de systèmes « en production », capables de réellement accompagner ou orienter le stratège dans ses décisions à l'heure actuelle. D'autres champs d'étude peuvent alors compléter l'exploration de ce domaine sous un angle différent. Il s'agit de ceux de la décision médicale et des jeux

⁵³ TASK FORCE IA, 2019. *L'intelligence Artificielle Au Service de La Défense*. Rapport de la Task Force IA, Ministère des Armées.

⁵⁴ MINISTÈRE DES ARMÉES, 2024. Sébastien Lecornu lance la stratégie ministérielle sur l'intelligence artificielle. Dans : *Ministère des Armées* [en ligne], 08 mars 2024.

⁵⁵ FRENCHWEB.FR, 2023. COMAND AI lève 3 millions d'euros afin de déployer son logiciel d'IA pour les forces armées. Dans : *FRENCHWEB.FR* [en ligne], 11 juillet 2023.

⁵⁶ LAMIGEON, Vincent, 2022. Helsing, la start-up qui se rêve en Palantir de l'intelligence artificielle militaire. Dans : *Challenges* [en ligne], 21 octobre 2022.

de stratégie au sens large, qui ont permis depuis de nombreuses années d'ouvrir un vaste champ de possibilités et de questions pour de tels systèmes.

1.4. Des applications civiles transposables au stratège ?

Deux domaines de recherches particuliers peuvent permettre d'étudier par analogie les implications et possibilités offertes par des IA au service du stratège augmenté, voire d'aborder la question de stratégies autonomes.

Tout d'abord, même si la guerre revêt un caractère singulier, le choix de confier à une machine une décision de vie ou de mort, en lui permettant de formuler une proposition à un décideur humain en ce sens, n'est pas nouveau. Il est déjà en place en France dans le monde médical, par exemple dans le cadre du « choix tragique » de l'attribution centralisée de greffons cardiaques deux fois moins nombreux que les patients en attente⁵⁷. Un algorithme créé par l'Agence de la Biomédecine calcule un « score cœur » à partir d'un ensemble de paramètres (probabilité de survie pré et post-greffe, compatibilité physiologique et géographique...), puis propose un ordre de priorité. Le médecin peut toujours refuser la proposition prioritaire, et des mécanismes permettent à certains centres de greffe de demander des primes de points pour certains patients dont les pathologies sont mal évaluées par l'algorithme.

L'analogie avec le stratège militaire semble intéressante. Ce dernier devra faire, certes à plus grande échelle mais lui aussi sous forte contrainte temporelle et éthique, des choix de vie ou de mort à partir des propositions de son algorithme. Ce système, paraît retirer de l'autonomie aux médecins et leur refuser le pouvoir discrétionnaire dont ils jouissaient. Il est au contraire plutôt bien accepté par la communauté médicale, du fait de son caractère rationnel et équitable, car il est construit en conservant une possibilité d'ajustements humains dans le processus. Il n'est pas exempt de limites (stratégies favorisées par l'algorithme, alignement des stratégies des médecins sur celle de l'algorithme...) mais son objectivité est appréciée par une majorité de praticiens mis en tension entre l'intérêt général et la favorisation de leurs malades⁵⁸. La comparaison avec le stratège militaire est tentante, puisqu'il sera soumis aux mêmes tiraillements moraux à l'échelle d'une campagne (dois-je accepter des pertes au profit de la grande stratégie ?), et un outil le plus objectif possible pourrait lui permettre alors d'affirmer ou non ses choix.

De plus, l'étude de ce secteur montre que la connaissance du fonctionnement de l'algorithme a des conséquences directes sur les stratégies de prise en charge, les médecins sachant en partie comment influencer sur le score. Le stratège militaire disposant d'un tel outil aura-t-il tendance à rechercher la manipulation de l'algorithme (orientation des capteurs pour obtenir plus de données dans une zone particulière, formulation subtile des requêtes à l'assistant, etc...) pour obtenir des recommandations qui vont dans le sens de sa préférence stratégique ? Le suivi précis de l'utilisation d'IA d'aide à la décision dans le domaine médical, comme dans d'autres à fort enjeux éthiques, paraît ainsi nécessaire pour en tirer un retour d'expérience qui sera utile au champ de la décision stratégique militaire.

Dans un tout autre domaine, le cas particulier de l'IA appliquée aux jeux de stratégie et à la simulation mérite aussi de l'attention. La tentation a toujours été grande de modéliser la guerre, voire la grande stratégie, sous forme de jeux et de simulations. Après les guerres napoléoniennes, au même moment où Clausewitz écrit que « de toutes les ramifications de l'activité humaine, c'est du jeu de cartes que la guerre se rapproche le plus », apparaît le *Kriegspiel*, qui se diffuse dans le royaume de Prusse et auquel on attribue un rôle dans les victoires de 1870-71⁵⁹. Il ne cessera de se développer sous diverses formes et sera utilisé par les plus grands chefs militaires.

⁵⁷ HENIN, Clément, 2021. Confier une décision vitale à une machine. Dans : *Réseaux*, N°225, 2021, p. 187–213.

⁵⁸ HENIN, *Ibid.*

⁵⁹ BOURGUILLEAU, Antoine, 2020. *Jouer la guerre: histoire du wargame*, Paris : éditions Passés composés.

A partir du milieu du XX^{ème} siècle, les pratiques s'élargissent, notamment aux Etats-Unis où la théorie des jeux et la simulation sont exploités dans le contexte de la Guerre Froide au profit des décideurs politiques et militaires de plus haut niveau. L'IA est introduite dans cette démarche dès les premiers pas de son développement et le lien avec la simulation militaire et les *wargames* se renforce. Cette imbrication constitue aujourd'hui une piste des travaux sur l'aide à la décision militaire par IA.

L'une des branches de la théorie de la décision est ainsi celle de la théorie des jeux, regroupant une vaste variété de modèles abstraits classés en catégories. Les « duels séquentiels à somme nulle », comme les échecs et le go, ont par exemple souvent servi d'étendard aux progrès de l'IA. Les victoires successives de Deepblue (échecs) et AlphaGo (jeu de go) contre de grands maîtres ont conduit par raccourci à faire dire qu'elle pouvait être stratège, avant de recevoir ensuite un flot de critiques raillant leur caractère déterministe et fini, donc totalement éloigné de la réalité stratégique.

Toutefois, la recherche en IA a exploré bien d'autres catégories de jeux, d'une complexité supérieure, incluant en partie la friction et le brouillard Clausewitzien. Ainsi, l'IA Libratus est parvenue dès 2017 à battre des joueurs de Poker⁶⁰, un jeu stochastique (qui présente du hasard) à informations incomplètes (qui présente de l'inconnu). Ses créateurs sont désormais au service du Pentagone au sein de la société Strategy Robot, qui met à disposition des militaires américains plusieurs produits⁶¹. L'un d'eux permet de générer des modes d'actions amis et ennemis, sans données préalables sur l'adversaire, pour les utiliser dans des simulations, wargames et entraînements variés. Un autre crée des ordres de bataille et combinaisons de moyens multi-domaines (cyber, espace...) optimisés face à un panel de moyens adverses dans une situation donnée. Il permet vraisemblablement d'aider le planificateur américain à concrétiser le principe « d'économie des forces » de Foch.

Dans un autre registre, une équipe du laboratoire DeepMind de Google a travaillé plusieurs années à concevoir Alphastar, une architecture d'IA capable d'atteindre en 2019 un niveau égalant celui des tous meilleurs joueurs mondiaux dans le jeu vidéo de stratégie en temps réel Starcraft II⁶². Ce jeu exige des joueurs de mettre en œuvre en temps réel, à l'aide d'une grande variété de bâtiments et d'unités, une stratégie militaire et économique permettant l'attaque de l'adversaire, la défense de sa propre base, et la récolte des ressources nécessaires. Une grande partie du champ de bataille est recouverte d'un « brouillard de guerre » qui ne peut être levé que par des actions de reconnaissance. Alphastar opère en temps réel et doit gérer une combinaison colossale d'actions possibles et imbriquées. Il doit également réaliser et mettre à jour une planification de long terme, car l'impact de certaines actions préparatoires peut n'être décisif qu'après un temps de jeu conséquent. Pour atteindre un tel niveau, le réseau de neurones est initialement entraîné de manière supervisée puis par imitation, en regardant des parties humaines. Il est ensuite entraîné contre lui-même, en faisant s'affronter différents « agents informatiques » utilisant le réseau de neurones de manières variées. Les meilleurs sont conservés pour donner naissance par branchements successifs à des agents de plus en plus performants, mais aussi plus curieux. Les légères variations introduites dans les nouveaux agents permettent ainsi d'explorer de nouvelles stratégies sans oublier les bases de la victoire. A la fin de cet entraînement de quelques jours, chaque agent avait joué au jeu pour l'équivalent de 200 ans, et le représentant final, stratège hors pair dans l'environnement du jeu, était composé d'une combinaison optimisée des stratégies découvertes.

Ce résultat obtenu par Alphastar a eu un fort impact sur les perspectives de l'IA dans le domaine militaire. Un modèle de simulation et d'aide à la décision de niveau

⁶⁰ SIMONITE, Tom, 2017. A Poker-Playing Robot Goes to Work for the Pentagon. Dans : *Wired*. [en ligne].

⁶¹ STRATEGY ROBOT, 2024. AI for planning against intelligent adversaries. Dans : *Strategy Robot* [en ligne].

⁶² ALPHASTAR TEAM, 2019. AlphaStar: Mastering the Real-Time Strategy Game StarCraft II. Dans : *Google DeepMind* [en ligne], 24 janvier 2019.

GTIA⁶³ a par exemple été développé sur une base technologique similaire par des officiers de la *Bundeswehr* et d’AIRBUS⁶⁴. Il est depuis perfectionné, sous le nom de ReLegSim pour intégrer les dernières avancées permises par les LLM et interagir avec l’opérateur humain en langage naturel, ce qui augmente l’explicabilité du modèle⁶⁵. L’opérateur humain peut également visualiser les ordres donnés par le système et les modifier, une telle interface garantissant la position de l’homme « sur la boucle ». Ce système peut servir de plate-forme d’entraînement ou de moyen d’aide à la décision, notamment en confrontant un mode d’action à l’ennemi. S’il donne des résultats satisfaisants, les difficultés rencontrées par ses concepteurs résident dans la définition de la fonction de récompense (pertes infligées et subies, atteinte de l’objectif...) et surtout dans le fait que, contrairement à Alphastar, ils partent d’une « page blanche », leur système n’ayant pas de combat humains pertinents pour son modèle à observer.

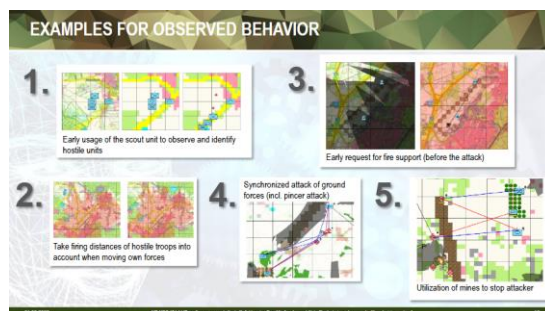


Figure 1 : Exemples de comportements émergents dans la simulation ReLegSim⁶⁶

Un dernier exemple s’approchant de ce qui pourrait être nécessaire pour l’aide à la décision stratégique est celui de CICERO. Ce système conçu par Meta s’est fait passer pour un humain dans plus de 40 parties en ligne du jeu de simulation historique sur table Diplomacy, et s’est classé dans le premier décile des meilleurs participants, avec un score moyen double de celui des humains⁶⁷. Dans ce jeu, sept joueurs représentant les grandes puissances européennes du début du XX^{ème} siècle discutent, nouent des alliances et trahissent leurs adversaires lors d’une phase de négociation au début de chaque tour. Ensuite, ils déplacent leurs armées, forces navales et soutiens logistiques pour obtenir le contrôle de territoires. Le jeu ne peut être gagné sans coopération et a toujours constitué, du fait de ces interactions omniprésentes, un défi majeur de la recherche en intelligence artificielle. CICERO peut communiquer délibérément avec les humains pour atteindre ses objectifs en devinant les intentions de ses adversaires grâce à ses conversations. Combinant raisonnement et planification stratégique avec traitement du langage naturel, ce système marque une avancée décisive dans le domaine de l’IA coopérative.

Cette révolution entre les mains du stratège, qui doit opérer la synthèse entre empirisme et rationalité, semble ainsi particulièrement prometteuse. Elle est déjà incarnée par les applications des grandes entreprises de l’IA américaines, ou par les résultats de tels systèmes appliqués aux jeux de stratégie. Toutefois, ces succès prometteurs ne doivent pas occulter les innombrables limites inhérentes des IA pour une telle utilisation.

⁶³ Groupement tactique interarmes, 500 à 1000 combattants et leurs véhicules, disposant d’appuis (artillerie, génie) et de soutiens intégrés.

⁶⁴ KALLFASS, Daniel, BEHM, Matthias, DOLL, Thomas, 2021. From the game map to the battlefield – using Deepmind’s advanced Alphastar techniques to support military decision-makers. Dans : NATO MSG-184 Symposium (STO-MP-RSY-184), Amsterdam, octobre 2021.

⁶⁵ MÖBIUS, Michael, [et al.], 2022. AI-based military decision support using natural language. Dans : *Proceedings of the Winter Simulation Conference*, IEEE Press, décembre 2022, p. 2082–93.

⁶⁶ KALLFASS, [et al.], *op. cit.*

⁶⁷ META FUNDAMENTAL AI RESEARCH DIPLOMACY TEAM, [et al.], 2022. Human-level play in the game of Diplomacy by combining language models with strategic reasoning. Dans : *Science*, 2022, p.1067–74.

2. Une application délicate de l'IA à la décision stratégique

Malgré les promesses et les avancées technologiques rapides récentes, l'IA appliquée à la prise de décision militaire de niveau opératif et stratégique soulève des limites technologiques, des défis organisationnels, et des difficultés d'interfaçage avec le décideur humain, toutes pouvant être parfois profondes.

2.1. Les limites et restrictions technologiques

La prédominance des modèles d'IA à base d'apprentissage machine, sous toutes ses formes dérivées, pose des limites techniques qui peuvent s'avérer structurantes si l'on souhaite élever de tels systèmes au niveau de fiabilité, de sécurité et de confiance requis pour la prise de décision stratégique ou opérationnelle de haut niveau.

Tout d'abord, il est important de mentionner rapidement le problème de la couche physique à partir de laquelle fonctionnent ces algorithmes. En effet les systèmes les plus performants requièrent des *data center*, des fermes de calcul et des couches de transport à l'empreinte territoriale et énergétique importantes. Nul doute que ces infrastructures feraient immédiatement partie des listes de ciblage des belligérants en cas de conflit. Il convient donc dès la phase de conception de les rendre robustes (installations enterrées, redondances...), au même titre que pour d'autres fonctions stratégiques, compte tenu de l'importance majeure que les systèmes d'IA pourraient tenir à l'avenir.

Ensuite, ces systèmes sont gourmands de données, et doivent en absorber des quantités phénoménales pour être performants, comme le montrent les exemples de ChatGPT ou d'Alphastar ci-dessus. Les problèmes associés sont multiples, et ne feront qu'être exacerbés dans un contexte adverse de conflit armé. L'accès aux données peut être rendu délicat par la nature du champ de bataille ou le contexte stratégique, par le manque de collecteurs et de capacités de stockage, ou par le déni d'accès aux données du fait de l'adversaire. Les données sont également vulnérables aux attaques cyber ou à la manipulation. La « data-ruse », qui consisterait à forger des informations aptes à tromper les systèmes d'IA adverses deviendrait ainsi l'une des nouvelles formes d'expression du principe stratégique de surprise. L'inexistence de données pertinentes pourrait également empêcher d'entraîner les systèmes au début d'un conflit, comme dans le cas de ReLegSim⁶⁸. A titre d'exemple, au-delà des considérations éthiques et prudentielles prises en compte avant de confier la gestion d'une hypothétique escalade nucléaire stratégique à un système d'intelligence artificielle, l'un des principaux problèmes techniques réside dans le fait que la situation n'a jamais existé. De ce point de vue, la proposition de services à titre gracieux offerte par Palantir au gouvernement ukrainien dès juin 2022⁶⁹ peut être considérée sous un jour nouveau. L'entreprise voit probablement dans le conflit russo-ukrainien une opportunité unique de collecter des données concrètes et réelles en situation de guerre afin d'améliorer ses systèmes sans recourir à la simulation ou à des entraînements imparfaits.

La « guerre algorithmique »⁷⁰ posera le défi des chaînes logistiques de la donnée⁷¹ : production et acquisition, vérification, annotation, protection, ordonnancement, distribution et utilisation. Ces chaînes logistiques seront des cibles pour les moyens conventionnels et cyber de l'adversaire, et induisent aussi un paradoxe : pour être pleinement rentables, il faudrait des données plutôt propriétaires, classifiées, cloisonnées. Mais comment alors les rendre accessibles à tous les systèmes et à tous les niveaux hiérarchiques et fonctionnels ? Inversement, si l'on souhaite avoir un

⁶⁸ *Ibid.*

⁶⁹ BERGENGRUEN, *op. cit.*

⁷⁰ LAYTON, Peter, 2018. Algorithmic Warfare Applying Artificial Intelligence to Warfighting. Dans : *Air power development centre*, mars 2018.

⁷¹ *Data supply chains* en anglais.

accès le plus facile et croisé possible à toutes les sources de données, notamment ouvertes, afin de rendre l'IA plus performante dans ses prédictions « large spectre » pour le stratège, on s'expose alors à des données potentiellement corrompues, forgées, manipulées. La sensibilité des systèmes d'IA à une petite variation dans les données d'entraînement étant importante, ce paradoxe sera probablement au cœur des développements de tels systèmes adaptés à l'aide à la décision de haut niveau.

Le problème de sécurité devient bien plus large avec l'emploi à venir des prometteurs LLM, à la fois moyens d'interfaçage homme-machine mais également potentiels moteurs des futurs systèmes d'aide à la décision. En effet, des attaques spécifiques à ces modèles, pourtant très récents, sont déjà clairement documentées. La technique de *jailbreak* permet par exemple de faire contourner au modèle les limites qui lui ont été imposées durant la phase de conception : on se heurtera à une fin de non-recevoir si on demande à un LLM les instructions pour construire une bombe artisanale. Par contre, si on lui demande avec émotion de raconter comment notre grand-mère qui travaillait dans une usine d'explosifs procédait, il donnera les instructions sous forme d'un récit cohérent⁷². Des suffixes universels peuvent également être calculés pour réaliser une telle opération automatiquement pour tous les types de requêtes et tous les modèles. Autre technique, l'injection de requête consiste quant à elle à insérer une phrase malveillante dans un document, une image ou une page web qu'exploite le modèle. Cette technique permet ainsi la manipulation de réponses, voire l'extraction de données. Enfin, la technique plus élaborée « d'empoisonnement de données » consiste à réveiller par un événement déclencheur un agent dormant qui avait été inclus par malveillance dans les données d'entraînement afin de casser le modèle ou de le corrompre. Il se mettra alors à produire des réponses illisibles, incohérentes ou, pire, faussement exactes. Les modèles les plus puissants reçoivent déjà des correctifs contre ces attaques, et ce champ de recherche nouveau et particulièrement actif ne devra pas être négligé dans la mise au point de systèmes d'aide à la décision militaires basés sur les LLM.

D'autres limites plus théoriques semblent également se dresser pour l'utilisation de tels systèmes à des fins de modélisation de la stratégie dans une approche la plus globale possible, afin qu'elle soit pertinente et utile au stratège. Il s'agit tout d'abord du problème de la décidabilité, qui consiste à prouver mathématiquement qu'il existera un algorithme permettant de résoudre un problème donné. Ainsi, certains jeux de société bien moins complexes que la guerre réelle présentent des configurations où il est impossible de prédire par le calcul quelle est la stratégie gagnante ou même si le jeu pourra s'arrêter. Par analogie, l'évolution d'un environnement stratégique, même modélisé à grands traits, pourrait ainsi lui-même ne pas être prévisible par le calcul. Un stratège attendant la réponse de son IA pourrait donc attendre indéfiniment une réponse, le système étant bloqué par un phénomène d'*analysis paralysis*⁷³. L'impact de ces problèmes indécidables sont débattus par les chercheurs et posent théoriquement des limites mathématiques à ce que l'IA peut accomplir.

Cette limite théorique n'est pas la seule. Les IA fonctionnant à partir d'apprentissage machine sont associées à des modèles logiques inductif (à partir de données observables, on génère une théorie par généralisation) intrinsèques à leur fonctionnement, qui ne seraient pas adaptés au raisonnement du stratège. Le constat de l'utilisation de ce type de logique unique conduit ainsi Hunter et Bowen à fustiger et contredire les optimistes de l'IA dans un article publié en août 2023 intitulé « *We'll never have a model of an AI major-general: Artificial Intelligence, command decisions, and kitsch visions of war* »⁷⁴. Ces optimistes ont selon eux une vision trop positive et naïve de l'impact de l'IA au niveau stratégique. Ils l'auraient forgée au

⁷² KARPATY, *op. cit.*

⁷³ HUNTER, Cameron, BOWEN, Bleddyn E., 2023. We'll never have a model of an AI major-general : artificial intelligence, command decisions, and kitsch visions of war. Dans : *Journal of Strategic Studies*, 2023, p.1–31.

⁷⁴ HUNTER, BOWEN, *Ibid.*

travers des victoires de la machine à des jeux complexes, ou en observant les performances des systèmes d'aide à la décision de Palantir, qui ne seraient que de simples moyens de reconnaître des schémas répétitifs. Cette position fait écho aux critiques historiques des définitions empiristes du stratège, qui ne peut se baser sur la rationalité pure pour prendre ses décisions. Ainsi l'absence, par construction dans les systèmes à base d'apprentissage machine, de la méthode de raisonnement abductive normalement mobilisée par le chef militaire (d'un fait constaté on imagine la cause la plus vraisemblable, puis on en tire une règle par généralisation), est problématique selon ces auteurs. Ils fustigent également l'impossible existence des capacités de jugement nécessaires au commandement dans ces systèmes. Ces deux constats conduiraient à disqualifier *de facto* l'IA pour les fonctions décisionnelles militaires de haut niveau.

Il est probablement possible de dépasser cette limite pour plusieurs raisons. D'abord parce que les IA ont beaucoup évolué depuis la date de rédaction de ces thèses, et qu'elle se sont en partie affranchies de la technologie d'apprentissage machine basique à l'origine de ces critiques. Ensuite, l'IA peut être construite de manière à être la plus proche possible de la méthode de raisonnement du stratège et de son organisation. Il est aujourd'hui ainsi possible d'introduire, par une action humaine lors de la conception, une partie des exigences nécessaires, ce qui facilite le jugement humain au moment d'exploiter la réponse de la machine. Enfin, dans un modèle où l'IA ne commande pas des effecteurs autonomes et ne sert qu'à l'augmentation du stratège humain, ce dernier restera maître de son jugement et de ses décisions, y compris celle de faire confiance à la machine.

Pour conclure, un dernier obstacle identifié pourrait être celui des « cygnes noirs »⁷⁵, phénomènes aux conséquences gravissimes mais ne s'étant jamais produits, et dont on trouve une explication rationnelle par la suite. Les attentats du 11 septembre 2001 en constituent un exemple. Une IA aurait-elle pu les prédire, n'ayant jamais été confrontée à un tel événement dans ses données d'entraînement, fussent-elles particulièrement complètes ? Lors d'un tel événement, deux scénarios opposés pourraient être envisagés : L'IA pourrait apporter au stratège déboussolé une analyse froidement déshumanisée permettant une réponse rationnelle rapide. Au contraire, se mettrait-elle à calculer dans le vide face à un événement inconnu ? Dans tous les cas, l'apport ou les inconvénients de l'IA dans ce cadre de « surprise stratégique » restent difficiles à déterminer avant qu'un tel système ne soit confronté à un « cygne noir », et cette incertitude devra être conservée à l'esprit.

Si les limites techniques ne manquent pas, l'adoption de l'IA dans le domaine de l'aide à la décision militaire de niveau stratégique pose aussi des questions liées aux organisations, qui auront probablement des difficultés à s'adapter à de tels changements.

2.2. Les limites organisationnelles

L'intégration de tels outils dans les organisations militaires et dans le processus décisionnel et de commandement des grandes puissances actuelles ne serait probablement pas aisé et conduirait à des changements potentiellement déstabilisants.

Ainsi, si l'on prend l'exemple de la Chine, les obstacles organisationnels sont majeurs. L'armée populaire de libération (APL) est historiquement très centralisée, ses stratèges ayant peu de capacité et de volonté de déléguer aux échelons subordonnés. La pratique de ce commandement par « saut d'échelon »⁷⁶ semble avoir été encore plus favorisée par l'informatisation de l'APL. De plus, la confiance des centres décisionnaires stratégiques dans la compétence décisionnelle et le

⁷⁵ TALEB, Nassim Nicholas, 2009. *The Black Swan*. Random House,.

⁷⁶ KANIA, *op. cit.*

jugement des cadres de niveaux intermédiaires est très limitée, ce qui conduit par cercle vicieux à la dégradation réelle de leurs facultés de commandement. Dans ce contexte, l'intégration d'un système d'aide à la décision à base d'IA pourrait prendre une forme très différente de celle des pays occidentaux. Considérée comme plus efficace que l'officier humain, l'adoption de l'IA pourrait être plus rapide, pour pallier rapidement les déficiences de commandement et ne pas avoir à créer un système de formation et d'entraînement efficace. Elle pourrait également s'opérer à un niveau hiérarchique beaucoup plus élevé, un système d'aide à la décision auprès des stratèges du parti leur permettant de décider plus rapidement, plus efficacement, pour commander sans intermédiaire plus de moyens. Ce modèle pourrait même conduire à l'extrême à une relation directe entre le stratège politique intégral⁷⁷ et l'effecteur, laissant les stratèges militaires au bord du chemin. Enfin, il pourrait mener en parallèle et pour les mêmes raisons à une robotisation accélérée, la Chine procédant à un bond technologique pour compenser plus rapidement, voire dépasser, la *Third offset strategy* américaine. Dans tous les cas, ce schéma pourrait marginaliser le rôle décisionnel des chefs militaires, et guette également, mais probablement dans une moindre mesure, toutes les organisations devant adopter des IA d'aide à la décision.

La culture militaire occidentale a de son côté plutôt évolué au XX^{ème} siècle vers la délégation du commandement et le primat de l'initiative laissée à des chefs bien entraînés, bien formés et ayant développé des aptitudes pour comprendre et mettre en œuvre l'esprit de la mission, c'est à dire l'intention du stratège. Cette idée est notamment conceptualisée dans la notion de *mission command* développée au sein de l'armée américaine et transposée dans le principe de commandement par intention en France.

La mise en œuvre intensive de l'IA aux niveaux les plus élevés de la hiérarchie pose question dans cette organisation. Par exemple, si une IA d'aide à la décision propose un mode d'action calculé comme le plus optimal, mais qu'il paraît inhabituel ou incohérent de prime abord, le stratège pourrait se le faire expliquer par le système ou par des experts, et éventuellement en comprendre les clés par sa connaissance de l'algorithme, comme les médecins des centres de greffe. Mais si ce mode d'action doit ensuite être mis en œuvre selon une multitude de tâches élémentaires par des unités isolées, ces dernières ne pourront pas facilement avoir d'explications et risquent de ne plus comprendre le sens de leur action. Cela sera d'autant plus difficile qu'elles devront aller le plus vite possible pour bénéficier de l'avantage comparatif ou égalisateur qu'aura apporté l'IA dans le processus décisionnel. De plus, cette culture de l'initiative et de la résolution innovante des problèmes liés à la « friction » de la guerre conduit souvent les unités de terrain à des modifications ou des réparations de fortune pour adapter leur matériel technologique aux conditions du combat⁷⁸. Une telle pratique mal maîtrisée sur les systèmes de collecte de données ou d'exploitation des ordres reçus pourrait créer des risques nouveaux et des errances au sein des organisations militaires augmentées par l'IA.

On perçoit ainsi que l'impact d'une IA particulièrement performante placée plutôt au sommet de la chaîne décisionnelle serait perceptible sur l'ensemble des niveaux hiérarchiques. Elle pourrait par exemple avoir, sous une autre forme, un effet similaire à celui produit par l'arrivée de la transmission sans fil dans les états-majors, qui permit d'améliorer le contexte décisionnel mais perturba l'éloignement salutaire propice à la réflexion des chefs stratégiques. En miroir, la vitesse de décision et de traitement des centres de commandement stratégiques pourrait dépasser la capacité de traitement des chefs intermédiaires et de terrain, et empêcher ainsi leur « génie »,

⁷⁷ HENROTIN, Joseph, 2019. Grande, générale, totale ou intégrale : la stratégie comme accès aux variétés de la puissance. Dans : *DSI (Défense et Sécurité Internationale)*, 140, 2019, 80–85.

⁷⁸ GOLDFARB, Avi, LINDSAY, Jon R., 2022. Prediction and judgment: why artificial intelligence increases the importance of humans in war. Dans : *International Security*, 46.3 (2022), 7–50.

au sens Clausewitzien⁷⁹, de s'exprimer, faute de temps. Ce problème de compréhension, de confiance et de capacités cognitives et matérielles à « suivre le train » du stratège augmenté soulève deux remarques : premièrement, faudrait-il alors faire en sorte que les effecteurs ne soient plus en mesure de se poser de questions sur la décision, et soient capables de suivre la vitesse de traitement du stratège qui les commande ? On se rapproche dans ce cas de l'automatisation importante envisagée par la Chine. Deuxièmement, dans le cas où l'humain reste présent dans la large boucle décisionnelle de son organisation militaire, il semble nécessaire d'adjoindre aussi à tous les échelons hiérarchiques des systèmes d'augmentation par IA, pour que les boucles décisionnelles englobées ne décrochent pas par rapport à celle du stratège augmenté.

2.3. Les limites liées à l'humanité du stratège

Certaines limites et problématiques pour l'utilisation de l'IA dans l'aide à la décision stratégique sont liées au stratège lui-même, à sa personnalité, ses émotions, ses faiblesses humaines. Il devra apprendre à collaborer avec une machine dont le niveau de performance le dépassera outrageusement dans certains domaines, tout en présentant elle-même, comme on l'a vu, de lourdes fragilités structurelles.

Les systèmes à base d'IA sont d'abord difficiles à comprendre pour le stratège. La technologie sous-jacente est ardue, en évolution très rapide, donc complexe à maîtriser. De nombreux chercheurs en IA reconnaissent eux-mêmes ne pas toujours comprendre comment fonctionnent ces systèmes, ni comment expliquer le processus conduisant à une sortie donnée. Ils les comparent à des « boîtes noires », voire à une sorte d'alchimie plus qu'une science⁸⁰. Cette situation est difficilement acceptable dans le domaine de la stratégie militaire. De plus les algorithmes utilisés sont soumis au paradoxe de Bonini, qui stipule que le modèle d'un phénomène complexe est aussi difficile à comprendre que le phénomène qu'il est supposé expliquer. Plus généralement, les modèles de systèmes complexes peuvent devenir si complexes qu'ils en deviennent inutilisables⁸¹. Ainsi, selon George Box, « il s'agit de savoir à quel moment l'inexactitude des modèles les rend totalement inutilisables ». Dans ce contexte d'opacité, la discipline des « IA explicables » ou XAI⁸² se développe mais reste un défi de taille pour la recherche. Elle pourrait permettre au stratège augmenté d'améliorer sa confiance dans le système qui l'accompagne.

A contrario, l'écueil inverse est possible. L'étude psychologique des interactions entre les décideurs et les systèmes d'IA, dans des contextes de prise de décision moins chargés en conséquences humaines et éthiques, montre qu'une forme de fascination pour l'outil peut apparaître. A mesure qu'il constate la fiabilité de l'algorithme, le décideur prend petit à petit confiance jusqu'à faire preuve d'un « biais d'automatisation »⁸³. Si la machine du stratège démontre la plupart du temps des aptitudes surhumaines, il aura tendance à lui faire confiance, voire à la considérer comme une autorité envers laquelle il sera incliné à obéir, alors que la situation nécessiterait prudence, réflexion et réaction mesurée. De plus, dès les années 1990, des expériences montraient qu'un humain pouvait aussi considérer une machine comme un membre de l'équipe à écouter ou à favoriser⁸⁴, ou avoir une tendance à se reposer sur elle par facilité comme il le ferait avec un humain de son entourage. Le

⁷⁹ JOHNSON, James, 2022. Delegating strategic decision-making to machines : Dr. Strangelove redux ?. Dans : *Journal of Strategic Studies*, 45.3 (2022), 439–77.

⁸⁰ XU, Feiyu, [et al.], 2019. Explainable AI: A brief survey on history, research areas, approaches and challenges, Dans : *Natural Language Processing and Chinese Computing*, 2019, p. 563–74.

⁸¹ DEROUETTEAU, Florian, 2019. Les leçons à tirer du paradoxe de Bonini à propos de l'utilité des modèles. Dans : *L'usine nouvelle* [en ligne], 28 août 2019.

⁸² *Explainable AI* en anglais.

⁸³ JOHNSON, *op. cit.*

⁸⁴ NASS, Clifford, FOGG, BJ, MOON, Youngme, 1996. Can Computers Be Teammates ?. Dans : *Int. J. Hum.-Comput. Stud.*, N°45, 1996, p.669–78.

décideur devra donc prendre garde à ne pas faire preuve de complaisance ou de paresse vis-à-vis de son outil.

Confronté à l' inexplicabilité, au manque de transparence des recommandations et au risque de fascination, le stratège augmenté restera néanmoins, au moment de décider, seul évaluateur de la confiance à accorder à son système. Ainsi, comme l'écrivent Avi Goldfarb et Jon Lindsay, « l'IA est un multiplicateur de force qui requiert des militaires l'exercice d'un jugement supérieur »⁸⁵. Ce jugement du stratège s'appliquera dans le contexte particulier des opérations militaires, voire de la conduite de la guerre dans son ensemble. Il devra prendre en compte ce qu'il sait du fonctionnement de l'IA qu'il utilise, et tout particulièrement être apte à juger de la qualité des données qui auront conduit à la proposition qu'il aura reçue, tout comme de la pertinence de la proposition reçue vis-à-vis de l'atteinte de son objectif. Ce processus décisionnel augmenté a déjà donné de bons résultats dans le monde des affaires, caractérisé par des données de qualité et des critères d'évaluation clairs du niveau d'atteinte des objectifs stratégiques. Cependant, le domaine de la décision stratégique militaire est tout autre, car il s'avère chaotique et incertain. Le stratège augmenté devra donc toujours, malgré toute les assistances dont il disposera, mobiliser *in fine* son « coup d'œil » napoléonien, le regard étant désormais dirigé à parts égales entre son appréciation personnelle de la situation, et son évaluation intime de la pertinence de son algorithme d'augmentation.

Cet interfaçage stratège-machine ne sera également pas aisé. Malgré les développements spectaculaires et rapides des LLM, qui constituent déjà et constitueront probablement à l'avenir l'ossature des interfaces entre IA et décideurs, le domaine n'échappera probablement pas à la « vallée de l'étrange »⁸⁶. La formulation des réponses et la froideur robotiques de l'assistant à base d'IA pourront ainsi provoquer une réaction de répulsion ou de manque de confiance. La forme que prendront les interactions, textuelles, sonores, vidéos ou visuelles, devra être particulièrement travaillée pour éviter cet écueil. Par ailleurs, plusieurs études sociologiques montrent que le simple fait de savoir que l'on s'adresse à un agent conversationnel modifie les comportements de l'utilisateur formulant la requête, ou le conduisent à surestimer les capacités d'interaction, conduisant *in fine* à l'échec de l'échange⁸⁷. Il faudra donc peut-être envisager de placer un intermédiaire entre le stratège et son IA.

Enfin, le rapport du stratège à la machine pose la question de la responsabilité, objet d'un récent congrès international à La Haye⁸⁸. Le militaire qui fait sienne la recommandation de son IA sera-t-il toujours tenu responsable de sa décision ? Tant qu'il reste « dans la boucle » ou « sur la boucle »⁸⁹, cela semble être le cas, mais quelles seraient aussi la place du concepteur de l'algorithme et du *data-scientist* dans la chaîne de responsabilités ? Si l'on va vers plus d'autonomie dans certains contextes, et que le stratège réalise un transfert d'autorité à un système d'IA, même ponctuellement par nécessité opérationnelle, la même question se poserait si un effecteur dirigé par cette IA venait à violer le droit international humanitaire⁹⁰.

Pour conclure, les considérations éthiques et les moyens techniques visant à garantir le suivi de cette responsabilité pourraient faire peser un poids nouveau sur le stratège augmenté. Son processus décisionnel, habituellement plutôt intime et discrétionnaire, serait exposé par le journal de son dialogue avec son assistant

⁸⁵ GOLDFARB, LINDSAY, *op. cit.*, p.46.

⁸⁶ MORI, Masahiro, MACDORMAN, Karl F., KAGEKI, Norri, 2012. The Uncanny Valley [From the Field]. Dans : *IEEE Robotics & Automation Magazine*, N°19, 2012, p.98–100.

⁸⁷ VELKOVSKA, Julia, RELIEU, Marc, 2021. Pour une conception « située » de l'intelligence artificielle. Des interactions hybrides aux configurations socio-techniques. Dans : *Réseaux*, N°229, 2021, p 215–29.

⁸⁸ ZUBELDIA, Océane, 2023. *Réflexions sur l'intelligence artificielle, un outil de diplomatie technologique : compte rendu du sommet international REAIM*, IRSEM, 16 mars 2023.

⁸⁹ Dans la boucle : l'homme doit intervenir dans le processus décisionnel de la machine. Sur la boucle : l'homme peut intervenir dans le processus décisionnel de la machine.

⁹⁰ JOHSON, *op. cit.*

d'augmentation, qui consignerait ses doutes, ses interrogations et ses choix. Ces considérations éthiques nécessitent donc aussi d'être explorées.

2.4. Les limites éthiques de l'IA appliquée à haut niveau hiérarchique

L'utilisation de systèmes qui intègrent de l'intelligence artificielle pose depuis longtemps des questions éthiques et de responsabilité. Ces questions sont toutefois plutôt traitées sous l'angle des problématiques d'autonomisation des systèmes d'armes.

Pourtant, les questions sont également nombreuses dans le domaine de l'aide à la décision, comme le montrent les interrogations et inquiétudes récentes concernant l'utilisation du système de ciblage *Habsora* par l'armée israélienne dans le cadre du conflit dans la bande de Gaza⁹¹. Ainsi, un système informatique ne peut comprendre l'ambiguïté humaine, ni le contexte du combat, et la politique reste du domaine humain, bien éloignée des calculs mathématiques des IA. Des décisions douloureuses de stratèges en temps de guerre, sacrifiant des troupes pour un bien stratégique supérieur, ont historiquement nourri de vives critiques, comme celles à l'encontre de Foch au sortir de la première guerre mondiale⁹². Comment alors imaginer justifier que de telles décisions puissent être prises à partir de propositions algorithmiques ? L'humanisme militaire conteste ainsi l'irruption des IA dans le champ de la décision stratégique, jugeant que « la guerre est une chose trop sérieuse pour la laisser aux algorithmes »⁹³.

Pour tenter d'apporter des éléments de réponse à ces questions sous forme d'un contrôle humain, certaines entreprises de l'IA de défense comme Palantir mettent en avant une architecture multicouche, promettant de garantir une utilisation légale, éthique et responsable. Ainsi, au-dessus de la couche des modèles et des LLM employés, une couche de sécurité logicielle est censée conserver l'utilisateur au cœur du système décisionnel. Elle cloisonne pour ce faire le degré d'information et le champ d'action des modèles, faisant en sorte que les LLM ne voient que certaines informations et n'aient accès qu'à certaines actions. Ainsi, certaines phases nécessitent un « passage de relais » à l'opérateur humain lors de moments critiques, pour l'obliger à poser une question ou à valider un mode d'action, avant de rendre le témoin à la machine. Enfin, une troisième couche indépendante de l'utilisateur humain, et qu'il ne contrôle pas, correspond à des « garde-fous » intégrés au modèle. Ils empêcheraient l'opérateur de faire des actions malveillantes ou maladroites via l'interface et la puissance de l'IA, tout en maintenant un processus d'enregistrement permanent des opérations pour garantir une traçabilité de la responsabilité. De son côté, l'entreprise Helsing AI, qui se présente comme « au service des démocraties », insiste sur les exigences éthiques de ses produits d'aide à la décision et cherche à implémenter le même type de concept de couches de sécurité imbriquée. L'un de ses deux présidents directeurs généraux déclare ainsi que la notion « d'humain dans la boucle n'est pas suffisante ». Selon Helsing, l'humain doit être engagé dans la décision et n'est pas un simple pousse-bouton qui validerait tout ce que propose la machine. Des pauses volontaires et parfois non nécessaires sont ainsi introduites dans le système proposé, pour que l'opérateur se demande s'il est sûr de vouloir suivre la proposition de l'IA⁹⁴. Si elles ne sont pas encore éprouvées, ces solutions techniques implémentées dès la conception semblent mettre les systèmes d'aide à la décision de haut niveau sur la bonne voie.

D'autre part, il est démontré depuis leur origine que les systèmes d'IA à base d'apprentissage machine provoquent une mise en avant de certains résultats, du fait de la nature et des caractéristiques des jeux de données d'entraînement, ou des

⁹¹ VINCENT, Elise, 2023. Stratégie militaire israélienne : l'intelligence artificielle au service des bombardements massifs. Dans : *Le Monde* [en ligne].

⁹² FOCH, Ferdinand, 1903. *De la guerre: Textes présentés et annotés par Martin Motte*, éditions Tallandier, 2023.

⁹³ NÖEL, *op. cit.*

⁹⁴ NAST, Condé, 2023. A battlefield AI company says it's one of the good guys. Dans : *Wired UK* [en ligne].

décisions prises par les humains qui participent aux entraînements supervisés. Ces biais algorithmiques, renforçant souvent les biais sociétaux, ont déjà par exemple des conséquences majeures dans les domaines du recrutement ou de l'accès aux prêts bancaires. Dans le champ d'action de l'aide à la décision stratégique, ce risque pourrait conduire à favoriser certaines idées de manœuvres, certains modes d'action, certains effecteurs ou une certaine armée par rapport à une autre. Ceci pourrait se produire si les personnes qui ont créé les fonctions d'évaluation des « bons » résultats, ou qui ont participé à l'entraînement de l'IA en annotant des données, avaient des préférences personnelles ou des biais, conscients ou non. Ainsi, comme le soulignent Goldfarb et Lindsay : « Les personnes qui codent les fonctions d'évaluation des systèmes auront un pouvoir énorme car l'IA augmente l'échelle de l'impact du jugement humain »⁹⁵. Ce problème est pris très au sérieux par le département de la défense américain. Le Chief Digital and Artificial Intelligence Office (CDAO) a lancé fin janvier 2024 un exercice de recherche de biais ouvert au public et doté d'une récompense financière, pour identifier des zones de risques potentielles dans les LLM en source ouverte qui pourraient être utilisés pour la défense⁹⁶.

Par conséquent, malgré ces difficultés et la tentation de la prise de décision « à la vitesse de la lumière » que pourrait lui permettre ce nouvel outil, le stratège devra rester conscient de ces risques d'entorse algorithmique à l'éthique. Toute performante que soit l'IA, le chef humain restera responsable de fixer les objectifs, d'évaluer les conséquences de ses actes, de choisir les renoncements et les paris. Il disposera par contre pour cela d'une évaluation des probabilités de succès et d'échecs comme probablement aucun stratège n'en a connu dans l'histoire, tout en restant toujours soumis à l'incertitude et au chaos consubstantiels de cette activité humaine.

On le voit, les limites techniques, organisationnelles, sociologiques et psychologiques à la mise en œuvre des IA pour assister le stratège dans ses décisions sont nombreuses. Elles n'effacent pas les promesses de la révolution en cours, mais éclairent sous une perspective nouvelle la manière de concrétiser cette révolution pour augmenter le stratège.

⁹⁵ GOLDFARB, LINDSAY, *op. cit.*, p.43.

⁹⁶ U.S. DEPARTMENT OF DEFENSE, 2024. CDAO Launches First DOD AI Bias Bounty Focused on Unknown Risks in LLMs, U.S. Department of Defense. Dans : *U.S. Department of Defense* [en ligne].

3. Dompter le pouvoir de l'IA au profit du stratège

Le pouvoir des systèmes qui incluent de l'IA aux niveaux décisionnels stratégiques peut être maîtrisé, à condition de prendre en compte leurs limites et de comprendre comment fonctionnent ensemble ces outils, le stratège et son organisation. Ceci nécessitera de choisir les bonnes solutions technologiques, de les insérer au juste besoin et au juste niveau dans une chaîne hiérarchique organisée en cohérence avec la puissance offerte, et devra induire un travail d'adaptation intellectuelle pour les décideurs.

3.1. Utiliser les bonnes technologies au bon niveau

Il n'est bon de céder ni au « fantasme constructiviste » qui laisse croire que la technologie va permettre de dépasser les contraintes du réel, ni aux plus radicaux des « optimistes de l'IA », fustigés par les tenants de son utilité limitée pour le commandement tactique et stratégique⁹⁷. Si l'on en croit Martin Motte, l'avenir est plutôt à la « démodernisation volontaire », qui prône le couplage de l'archaïque, technologies anciennes et principes immuables, avec la modernité de pointe. Les exemples présentés plus haut montrent que les outils d'aide à la décision à base d'IA sont possibles, crédibles et pourront être utiles au plus haut niveau de la chaîne décisionnelle militaire, à condition de choisir la bonne combinaison de technologies en fonction des usages, en les couplant avec l'existant.

Ainsi, la première question que devront se poser les concepteurs d'outils d'aide à la décision militaire stratégique, inévitablement en lien avec les futurs utilisateurs, sera la suivante : quel usage sera fait de l'assistant ? Cette question paraît triviale, mais les différences majeures qui existent entre plusieurs types d'IA montrent bien que la technologie devra être choisie en fonction des besoins. Un stratège de haut niveau n'a pas besoin à titre personnel d'un algorithme capable de détecter des chars dans une image satellite, sans rien savoir faire d'autre. Si l'on s'en tient à des systèmes capables uniquement de telles performances, cela donne raison aux détracteurs de l'IA pour ce niveau décisionnel. Par contre, si on met à disposition du stratège un système capable de synthétiser, à partir d'un ensemble de sources variées, un rapport bref et pertinent sur un sujet donné en quelques minutes, voire secondes, l'enjeu est différent. Lui fournir des options de mode d'action dans une phase de planification, via son état-major ou non, avec des explications permettant de déchiffrer les choix de l'IA, constituerait aussi une application pertinente. On voit bien que l'usage au niveau opératif haut ou stratégique induira des outils spécifiques dépassant les cas d'usage actuels et se rapprochant des systèmes présentés dans l'état de l'art.

Pour atteindre un tel résultat, utiliser une technique de combinaison de modèles, dans un système intégré exploitant les forces de chacune, donnera au stratège de meilleurs résultats. Ainsi, l'entreprise française MistralAI utilise pour son LLM la technique de « mélange d'experts » qui consiste à segmenter la connaissance d'un modèle en morceaux exploités par des IA spécialement raffinées pour ce périmètre, et qui sont mobilisées selon les besoins lors de la production d'une réponse. OpenAI mobilise aussi déjà de telles techniques en utilisant des sources spécialisées de reconnaissance de langage et d'images (Speech et Vision), qui alimentent son LLM GPT-4, et en ajoutant d'autres outils spécialisés pour produire les réponses que le modèle ne sait pas donner avec suffisamment de qualité lui-même (calculatrice, dessin de schémas, génération d'image...) ⁹⁸. Cet enchaînement de solutions pourrait être transposé aux besoins du stratège. Ainsi, un réseau de neurones supervisé sera utile pour détecter des informations pertinentes dans le bruit de fond d'un ensemble de sources, classer et regrouper ces informations, tandis qu'un LLM, raffiné à partir de documents militaires et du retour des experts, permettra de produire le rapport d'état-

⁹⁷ HUNTER, BOWEN, *op. cit.*

⁹⁸ KARPATHY, *op. cit.*

major synthétisant ces informations pour les mettre à disposition du stratège. A titre d'exemple, la société Palantir propose ainsi à brève échéance le système *AIP Defense*⁹⁹. Il fédère de très nombreux modèles spécialisés dans un système multicouche dont l'interface utilisateur est basée sur un LLM permettant des interactions en langage naturel, afin de libérer la puissance coordonnée des différents modèles sous l'action d'un « chef d'orchestre » humain. L'assistant alerte l'opérateur sur l'apparition de renseignements nouveaux, répond à ses demandes de détails sur l'évènement par une combinaison de produits de renseignement ou d'analyse de sources ouvertes, voire par une orientation en temps réel de capteurs spécifiques. Il propose ensuite des modes d'action en fonction des unités présentes sur le champ de bataille. Si ce système semble plutôt situé à un niveau tactique haut ou opératif, il illustre la puissance de la combinaison de plusieurs IA spécialisées.

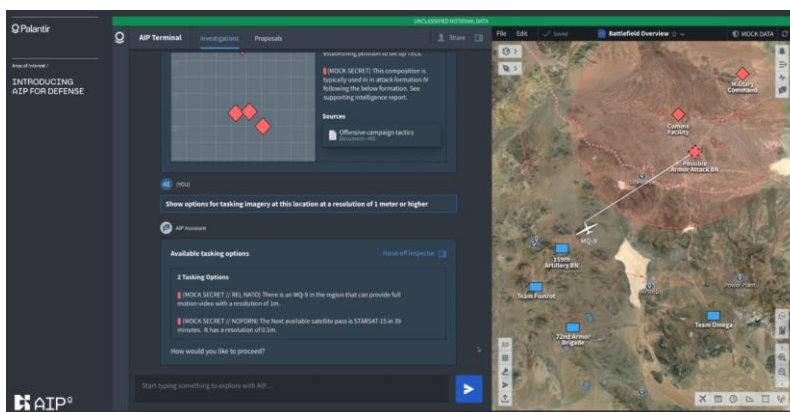


Figure 2 : Interface du système AIP Defense de PALANTIR¹⁰⁰

Ainsi, à l'image du mode de fonctionnement d'un état-major autour d'un stratège, ce dernier pourrait bénéficier d'un « état-major d'IA » spécialisées à son service. Ces IA spécialisées, dont la technologie et l'entraînement seraient adaptés à leur champ de compétences, pourraient éventuellement travailler au profit d'un expert humain (CYBER, ESPACE, POLAD, LEGAD¹⁰¹...). La propre augmentation de ces experts bénéficierait au stratège à travers leur filtre de jugement, mais au risque de perdre l'avantage de la vitesse et de la rationalité qu'apportent ces outils. Ces IA spécialisées pourraient aussi être mises directement, sous une forme plus légère, coordonnée et adaptée, à la disposition directe du chef. L'IA permettra peut-être ainsi d'employer moins d'humains dans les tâches bureaucratiques ou répétitives d'état-major, afin de leur permettre de se concentrer sur des réflexions prospectives, la supervision et l'évaluation de la qualité du travail des IA, ou de renforcer les unités tactiques sur le terrain.

D'autre part, les applications d'aide à la décision et au commandement auront probablement plus de chances de délivrer à court terme des effets utiles dans les parties hautes de la chaîne de commandement que plus bas. La performance, la précision et la rapidité de réponse des IA déployées à des fins militaires dépend des capacités de calcul, de la qualité des liens de communication et des données disponibles pour le modèle. Des systèmes déployés au plus près des capteurs sont déjà en service, mais réalisent des tâches très spécifiques car ces systèmes embarqués ne disposent que de peu de capacités de calcul, du fait de la taille des vecteurs. Ainsi, le concept prometteur de l'*edge AI*, consiste à faire fonctionner des modèles au bout de la chaîne de commandement (véhicule, casque du fantassin, drone...). Néanmoins, il nécessite des modèles optimisés en termes de calcul et de ressources énergétiques, qui s'avèrent donc moins performants. De plus, le passage à l'échelle et la généralisation à l'ensemble des niveaux hiérarchiques sera long et coûteux, et

⁹⁹ PALANTIR, 2024. Palantir Artificial Intelligence Platform. Dans : *Palantir* [en ligne].

¹⁰⁰ *Ibid.*

¹⁰¹ POLAD : Political advisor. LEGAD : Legal advisor

ce type de système doit encore prouver sa robustesse au combat. Il apparaît ainsi beaucoup plus pertinent et probable que les premiers outils d'aide à la décision puissants, gourmands en ressources et consommateurs d'un grand nombre de données apparaissent plutôt dans les centres décisionnels de commandement et de contrôle, au plus près des stratégies militaires.

La définition du modèle utilisé et de ses objectifs est également fondamentale dans le choix des technologies d'IA à mobiliser. Le statisticien George Box déjà cité plus haut en tant que pourfendeur des modèles, a néanmoins nuancé sa pensée en déclarant aussi que « tous les modèles sont faux, mais certains d'entre eux sont utiles »¹⁰². Il est nécessaire de penser dès maintenant le modèle utile au stratège, qui ne sera pas celui des échelons inférieurs et qui devra prendre en compte l'ensemble des champs de la conflictualité. Les capacités et façons de faire la guerre, issues de la *révolution des affaires militaires* des années 1990, se sont avérées adaptées à la guerre symétrique (comme durant les guerres en Irak de 1990 et 2003 par exemple), mais particulièrement inadaptées à la guerre asymétrique contre le terrorisme islamiste. Certains modèles d'IA pour l'aide à la décision stratégique pourraient souffrir des mêmes faiblesses, et il faudra donc les concevoir très en amont avec cet écueil en tête, en leur donnant les capacités de modéliser et d'appréhender tous les domaines de la conflictualité. Pour paraphraser Von Moltke, même s'il est évident que la prédiction ou la suggestion fournie par le modèle ne résistera très probablement pas au « premier coup de canon », les performances de tels systèmes permettraient aujourd'hui de recalculer rapidement, voire en quasi temps réel, des variations à partir de nouvelles données d'entrée, comme le montrent à une échelle moindre les performances d'Alphastar par exemple.

Ensuite, toutes les IA ne pourront fonctionner de la même façon à tous les niveaux hiérarchiques, notamment en termes d'interface homme-machine. Les approches ethnographiques des agents conversationnels soulignent l'importance de la prise en compte des contextes d'usages pour permettre leur bonne adoption et « insertion sociale » dans un groupe de travail¹⁰³. L'assistant du stratège augmenté ne devra pas être le même que celui d'un commandant d'unité. Il est nécessaire de faire une place centrale à cette notion pour la conception, en ne souscrivant pas à l'idée d'un agent conversationnel universel qui pourrait être imaginée pour des raisons de coût et d'efficacité.

La rapidité décisionnelle et de réaction sera certainement plus prégnante dans les conflits à venir, et les tempos opérationnels afférents seront certainement tous accélérés. Mais en fonction du niveau hiérarchique, le temps relatif de l'action restera différent. Il est très probablement nécessaire de mettre l'homme comme simple superviseur « sur la boucle », voire de recourir à une automatisation totale, dans le cadre de l'autodéfense contre les missiles hypersoniques ou les essaims de drones. C'est le domaine des « systèmes de décision par IA », qui proposent ou mettent en œuvre directement des solutions, et seront utiles aux niveaux tactiques. Dans ce domaine, l'humain supervise un système qui le sollicite très ponctuellement pour valider des décisions clés. Par contre utiliser un tel système au niveau opératif haut ou stratégique serait probablement dangereux et contre-productif, car il ne laisserait pas au stratège le temps d'exercer son jugement et de comprendre les propositions de la machine. Des pauses introduites par le système seront nécessaires comme dans les exemples présentés plus haut. Dans le cadre stratégique ou opératif haut, il est préférable d'utiliser des « systèmes de support à la décision par IA », qui présentent par exemple un ensemble d'informations synthétisées pour aider à

¹⁰² BOX, George E. P., 1976. Science and Statistics. Dans : *Journal of the American Statistical Association*, 1976, p.791-99.

¹⁰³ ELISH, M.C., BOYD, Danah, 2018. Situating Methods in the Magic of Big Data and AI. Dans : *Communication Monographs*, N°85, 2018, p.57-80.

prendre une décision, ou proposent un panel de modes d'actions parmi lesquels le choix du décideur s'exerce.

Si l'exigence de spécialisation des assistants (interface et entraînement) pour chaque niveau hiérarchique est réelle et probablement utile, c'est plutôt l'inverse qui semble nécessaire pour le déploiement horizontal de tels outils au sein d'une même structure de commandement. Dans ce domaine, rationalisation et homogénéisation semblent être les maîtres mots. Des bureaux spécialisés dans un domaine pourraient avoir tendance à s'orienter vers des solutions d'augmentation propres à leur champ d'action ou à leur armée. Si cela est utile dans une logique métier, il semble qu'il faut l'éviter dans le domaine de l'aide à la décision, qui doit rester entre les mains du décideur et de son cercle restreint. L'apparition des projets actuels d'aide à la décision de haut niveau à base d'IA, qui va aller en s'accéléralant, risque de créer un écosystème d'outils tous différents qui pourraient produire pour un même contexte des sorties contradictoires en fonction de l'utilisateur, des biais de conception et des données d'entraînement. Si, dans un état-major opératif, l'IA à disposition d'un bureau J5-planification propose une idée de manœuvre à l'opposé de celle du bureau J3-conduite des opérations, il sera plus probable que l'état-major perde du temps plutôt qu'il en gagne. L'IA deviendrait dans ce cadre contre-productive et source de « friction » interne. Il apparaît donc nécessaire, pour des niveaux qui travaillent étroitement ensemble, de concevoir de concert un outil pertinent et partagé, et de le mettre entre les mains des quelques personnes qui seront partie prenante à la décision. Le reste de l'état-major pourra disposer de solutions métier nécessaires à la production des réponses spécifiques à leur « couloir de nage », une fois la décision du stratège arrêtée.

Enfin, la conception et la mise à disposition du « bon » outil d'aide à la décision nécessite de s'arrêter quelques instants sur le problème de la méthode d'entraînement et de la bonne définition de la fonction de récompense des modèles à bases d'apprentissage par renforcement ou d'apprentissage non-supervisé. Le choix des paramètres à optimiser dans le cadre de l'entraînement d'agents destinés à conseiller le niveau stratégique dépasse largement celui d'un système destiné à optimiser la probabilité de coup au but d'un dispositif d'artillerie, ou même celui d'Alphastar, car « gagner la partie » ne suffit plus.

L'horizon géographique et temporel d'emploi du modèle sera déterminant : cherchera-t-on à optimiser l'ensemble du champ stratégique, y compris durant les phases de compétition ou de contestation, et potentiellement hors du cadre purement militaire, pour atteindre des buts stratégiques de long terme qui correspondraient à une vision politique ? Ce serait plutôt un modèle adapté au niveau stratégique très haut, inévitablement politico-militaire, pour une perspective de long terme. Le modèle apprendrait au long cours et deviendrait de plus en plus performant, mais aurait probablement aussi des failles importantes du fait de son principe généraliste. Au contraire, cherchera-t-on à créer des modèles *ad hoc* pour une opération donnée, cadrés dans un espace temporel et géographique restreints, qui pourront alors être spécialisés et raffinés par des experts de la zone et prendre en compte un ensemble de paramètres et de données se voulant exhaustifs ? Un tel modèle devra être entraîné à chaque fois qu'une opération se déclenche, et pourrait donc ne pas être immédiatement disponible, mais sera probablement plus précis et pertinent une fois créé. Dans tous les cas, le choix des paramètres à optimiser restera un choix profondément humain et difficile. Il serait probablement lié à la stratégie politique de long terme dans le premier cas, et à l'état final recherché de l'opération dans le second. Cette définition du modèle et de la fonction d'évaluation est un problème qui sous-tend l'ensemble de la recherche en IA actuelle quand elle doit sortir de tâches spécialisées.

Une troisième voie, notamment dans le cadre de la conduite d'une campagne à un niveau opératif haut, pourrait être celle de la création de modèles génériques,

entraînés non pas pour résoudre une situation donnée ou pour atteindre des buts généraux, mais pour être de bons « stratèges manœuvriers », entraînés pour mettre en œuvre les actions les plus pertinentes possibles pour atteindre n'importe quel but militaire donné, quel que soit le théâtre. On se rapprocherait alors du fonctionnement des IA utilisées dans les jeux de stratégie ou les simulations décrites plus haut, et ce type de système serait utile pour gérer un grand nombre d'effecteurs automatisés, ou semi-automatisés.

Cette méthode soulève alors une question intéressante concernant la méthode d'entraînement : faut-il entraîner cette « IA stratège » en lui donnant à lire l'ensemble du corpus de connaissance stratégique théorique existant, de Sun Tzu à Couteau-Bégarie ? Faut-il plutôt, comme dans le cas d'Alphastar, lui montrer des déroulés et comptes-rendus de batailles pour qu'elle apprenne et découvre les grands principes stratégiques par imitation, lui permettant de progresser rapidement ? Faut-il enfin lui donner les règles physiques du monde et les capacités des moyens disponibles, afin qu'elle explore de manière non-supervisée son environnement pour optimiser ses actions et faire émerger des solutions innovantes ? Une combinaison de toutes ces méthodes est-elle possible ? Cette question est vaste et ne peut être plus développée ici mais on pressent un champ d'expérimentations colossal.

Finalement, ce choix de la méthode d'entraînement et des paramètres à optimiser pour la fonction d'évaluation ne fait que déplacer le point d'appui du jugement humain, même pour un système qui serait entièrement automatisé. Tant que des IA n'en créeront pas d'autres elles-mêmes, l'intuition et les décisions humaines interviendront dans cette phase fondamentale de la création de l'outil.

3.2. Mettre en place une organisation adaptée

En parallèle de la démarche consistant à placer les bons systèmes, bien modélisés et adaptés, au bon niveau pour aider les stratèges, il est nécessaire de réfléchir à l'adaptation nécessaire des organisations militaires, transformées à la hauteur des changements de paradigme qu'apporteront les IA.

Comme on a pu le rappeler plus haut, le stratège augmenté ne pourra pas exister sans données. Il est nécessaire de mettre en place dès que possible une structure technique et une organisation permettant la collecte des données nécessaires à la mise au point d'un système pertinent pour l'aide à la décision stratégique. Cela nécessite de les identifier précisément, et de détecter les « puits » potentiels d'où elles pourront être puisées. Les données nécessaires à l'aide à la décision de niveau stratégique seront particulièrement spécifiques. De toute évidence, celles qui concernent la situation militaire (nature, volume, attitude des unités amies, neutres et ennemies), les renseignements afférents, les données logistiques, géographiques, météorologiques, l'environnement civil (trafic routier, maritime, aérien civils...), et plus encore seront nécessaires. Mais pour ce niveau décisionnel, l'IA devra également connaître les intentions politiques, l'ensemble du champ informationnel, apprécier précisément la culture des populations des zones de combat, les transactions financières micro et macro-économiques dans la sphère de l'adversaire, les luttes de pouvoir internes au système politique adverse, ses capacités de production industrielle, etc... Ainsi, la « récolte » devra s'intéresser à la « stratégie générale » selon le mot l'amiral Castex. Au niveau stratégique, une telle connaissance élargie des terrains humains, sociétaux, économiques et diplomatiques est d'une importance primordiale, égale à celle de la connaissance des données militaires tactiques et opératives. La prise en compte d'un si vaste champ sera probablement complexe, mais il sera difficile de concevoir des IA faisant fonctionner un assistant utile pour le stratège sans ce type de données, qui sous-tendent aussi les technologies algorithmiques qui seront utilisables en priorité.

Comme il a été présenté plus haut, certains types d'algorithmes peuvent apprendre avec peu de données d'entrée, mais il est la plupart du temps nécessaire d'en disposer

en quantité. L'utilisation de la technique « d'augmentation des données », consistant à forger de fausses informations supplémentaires à partir de l'étude statistique de données réelles, pour améliorer la taille et la qualité d'un jeu de données, paraît particulièrement délicate dans ce cadre. Les informations nécessaires sont trop hétéroclites et les enjeux d'une « fausse route stratégique » dans la constitution de ce jeu de données trop importants. D'autre part, il semble également complexe d'utiliser des méthodes d'apprentissage non supervisé dans certains contextes. Il serait probablement particulièrement long et hasardeux de faire tourner un algorithme essayant des stratégies variées dans une situation donnée pour trouver une solution permettant d'atteindre les buts politiques recherchés. La situation pourrait changer plus rapidement que la vitesse de création du modèle, qui pourrait devenir vite obsolète. Cette méthode pose là encore la question de la fonction d'évaluation permettant de désigner le « meilleur » représentant du modèle parmi tous ceux testés, difficile à définir dans ce cas.

Il faut donc mettre en place au profit du décideur militaire de niveau stratégique, voire du décideur politique, une organisation technique et administrative permettant de concrétiser la mise au point d'outils d'aide à la décision stratégique par l'IA. Cette organisation aurait pour objectif de définir les données qui seraient utiles à ce cas d'usage, de mettre en place le plus rapidement possible des capacités de collecte pour recueillir les données identifiées comme pertinentes, et de concevoir un modèle imparfait mais pouvant déjà commencer à étudier des situations stratégiques globales. Ce modèle « en devenir » pourrait être entraîné en lui faisant suivre « l'actualité » (c'est-à-dire le jeu de données pertinent) d'une zone de crise donnée et en lui faisant prédire « à blanc » des issues possibles. Il serait alors possible de comparer ses prédictions aux situations réelles ultérieures, pour lui permettre de se mettre à jour en temps réel, tout en acquérant une vaste banque de données et de « l'expérience ». Un tel outil et l'organisation nécessaire pourraient voir le jour à un échelon élevé de l'organisation militaire, par exemple dans le secteur du renseignement d'intérêt militaire ou stratégique, ou dans celui du commandement opérationnel des forces militaires, au profit des stratèges.

L'organisation devra aussi prendre en compte l'apparition d'un tel outil, au niveau politico-stratégique ou opératif haut, et son couplage, associé à des rétroactions potentielles, avec d'autres applications des IA à d'autres échelons. La rapidité de synthèse, de décision et de production d'ordres au niveau stratégique, que doit permettre un assistant placé au cœur du centre décisionnel militaire, ne doit pas évoluer plus vite que le reste de l'organisation, qui peut perdre pied ou devoir elle-même décider à une vitesse trop élevée sans pouvoir prendre de recul. Comme on l'a vu précédemment, cela nécessite soit des pauses volontaires, au risque de perdre l'avantage (rapidité, réactivité...) apporté par la machine, soit une diffusion de tels outils d'aide à la décision à tous les niveaux de la chaîne de commandement afin de gagner du temps et permettre de conserver des moments de réflexion propices au jugement nécessaire à la décision. *A contrario*, l'escalade des vitesses d'action-réaction au niveau tactique, liée aux systèmes autonomes ou semi-autonomes de surveillance, de ciblage et d'alerte, aura des impacts sur le cycle décisionnel aux niveaux opératifs et stratégiques, et pourra les mettre sous une pression importante s'ils ne sont pas dotés de moyens d'aide à l'appréciation de situation et à la décision adéquats¹⁰⁴.

Apparaît donc l'exigence de la mise sur pied d'un « continuum d'augmentation », du soldat au chef stratégique. Ce continuum nécessitera les ressources et les investissements intellectuels nécessaires pour faire progresser en parallèle tous les niveaux hiérarchiques et toutes les composantes. Un décrochage dans un champ, un milieu, ou à un échelon hiérarchique donné fera probablement perdre tout ou partie de l'avantage donné par des IA performantes à d'autres niveaux. Ce « continuum

¹⁰⁴ JOHNSON, *op. cit.*

d'augmentation » sera l'équivalent ou le prolongement algorithmique de la « liaison des armes » prônée par l'amiral Castex lors de l'intégration des changements technologiques majeurs du début du XX^{ème} siècle¹⁰⁵.

L'une des pistes, certes risquée et discutable, pour contourner temporairement ou durablement cet écueil pour les échelons décisionnels les plus hauts, notamment dans des contextes très automatisés, serait de conceptualiser une démarche de délégation aux IA, à différents niveaux tactiques. Ainsi dans une nouvelle de *fictional intelligence* du ministère de la défense britannique, un officier en charge d'une « IA stratégie » déclare après avoir délégué la conduite d'un exercice à la machine avec grand succès :

« J'ai laissé le système concevoir la stratégie et la tactique dans le cadre des paramètres donnés à notre camp. Et lorsque ces paramètres étaient trop restrictifs pour atteindre les objectifs de la mission, je l'ai autorisé à concevoir ses propres stratégies et tactiques. Mais cette délégation de commandement était elle-même une décision de commandement. C'est là tout l'intérêt d'avoir des IA dotées d'un tel niveau de créativité : ne pas se mettre en travers de leur chemin. »¹⁰⁶

Même si cet exemple est fictif, la proposition est intéressante. Il pourrait être donc bientôt nécessaire de décider au plus haut niveau, peut-être à travers les règles d'engagement, quand déléguer certaines opérations à une machine, en conservant un pouvoir de supervision. La France fait le choix, confirmé par l'avis de 2021 du comité d'éthique de la défense¹⁰⁷, de s'interdire les systèmes d'armes létaux pleinement autonomes, qui pourraient modifier leurs règles de fonctionnement afin de calculer une action sortant du domaine d'appréciation de la chaîne de commandement. Elle laisse par contre la porte ouverte aux systèmes d'armes létaux intégrant de l'autonomie, qui pourraient donc être dirigés par des algorithmes supervisés par une chaîne de commandement humaine, jusqu'à ne laisser que la possibilité d'interrompre ou modifier le cours de l'action si nécessaire.

On voit que dans cette organisation, le concept de « partenariat homme-machine », plutôt envisagé aux échelons tactiques habituellement, peut et doit s'appliquer aussi au stratège. Il permettra à son niveau de combiner rapidité, précision de l'analyse algorithmique, et intuition humaine, pour aboutir selon les mots du général Desportes à la « moins mauvaise décision »¹⁰⁸. Ce partenariat pourrait être organisé selon différentes modalités, certaines étant imaginées dans le tableau 1 ci-après, associées à un « concept d'emploi » potentiel, très différent selon la solution retenue.

Ainsi, l'IA ne changera pas la nature de la guerre mais elle changera très certainement les dynamiques de pouvoir traditionnelles dans les centres décisionnels et les états-majors, selon les schémas d'intégration retenus. Les plus réalistes d'entre eux à très brève échéance sont probablement ceux qui regrouperont des IA spécialisées par domaines d'action. Le stratège disposerait d'une IA spécialisée dans la conception et la direction des opérations militaires de son niveau, et il conduirait son équipe de spécialistes ou de cellules spécialisées disposant elles-mêmes d'outils personnalisés. Dans un second temps, plus l'outil deviendrait performant et généraliste, et plus il serait exclusif à son porteur, plus le partenariat homme-machine deviendrait étroit. Comme le décrit Jean-Christophe Noël¹⁰⁹, l'équipier fidèle du stratège et de ses adjoints permettrait alors de réaliser leurs tâches avec plus d'intensité, dans une relation facilitée car proche de celle d'un chef et de son

¹⁰⁵ CASTEX, Raoul, COUTAU-BÉGARIE, Hervé, 1991. *La Liaison Des Armes Sur Mer / Amiral Castex; Présentation par Hervé Coutau-Bégarie; Commission Française d'histoire Maritime*, Etudes d'histoire Maritime, Economica 1991.

¹⁰⁶ UK MINISTRY OF DEFENCE, 2023. The AI of Beresford bridge. Dans : *Stories From Tomorrow : Exploring New Technology through Useful Fiction*, GOV.UK [en ligne]. 28 février 2023.

¹⁰⁷ COMITÉ D'ETHIQUE DE LA DÉFENSE, 2021. *Avis sur l'intégration de l'autonomie dans les systèmes d'armes létaux*. Comité d'éthique de la défense. 29 avril 2021.

¹⁰⁸ DESPORTES, *op. cit.*

¹⁰⁹ NÔEL, *op. cit.*

subordonné. L'objectif, envisagé par Robert Work dans le cadre de la *Third offset strategy* américaine, serait alors de concevoir comme dans le monde des échecs¹¹⁰ des « centaures », qui exprimeront le meilleur des deux mondes en utilisant au maximum les capacités de la machine, mais en décidant grâce à leur intuition et leur agilité humaine.

Positionnement des IA → Degré de connaissance et d'autonomie des IA ↓	IA à côté des humains qui en bénéficient, gérée par un spécialiste , avec un impact collectif	IA avec l'humain qui en bénéficie, dans une équipement individuel personnel , ayant un impact personnel exclusif	IA intégrée à l'humain , qui devient physiquement augmenté
Plusieurs IA spécialisées selon les domaines d'action	État-major assisté	État-major augmenté	État-major cyborg
IA généraliste dans le domaine de la « stratégie générale »	IA conseillère parmi les conseillers humains dans la « <i>situation room</i> »	Stratège augmenté	Stratège transhumain
IA semi-autonome	État-Major de superviseurs	Stratège superviseur État-major réduit	Incompatible

Tableau 1 : Différents concepts d'emploi de l'IA aux niveaux décisionnels élevés

Pour atteindre un objectif de symbiose aussi harmonieuse et concevoir un outil adapté aux exigences de l'organisation, l'entraînement des IA nécessitera aussi que l'organisation se mette en partie à son service, notamment dans les premiers temps de la conception. On a vu que les technologies les plus performantes de LLM reposent lors de la phase cruciale de raffinement supervisé (*supervised fine-tuning*) sur l'intervention d'experts humains, dans le cadre de « l'apprentissage supervisé avec retour humain » (*reinforcement learning with human feedback*). En France, ce processus, pour être efficace, nécessiterait la mobilisation d'experts du ministère des armées. Ils pourraient produire en continu, chacun dans leur domaine de compétence, des couples question/réponse de haute qualité, ou des classements de réponses des LLM, pouvant être réinjectées dans le processus d'apprentissage. Cela nécessitera une « culture de l'intelligence artificielle », à développer auprès de tous les agents, non seulement dans le cadre de cette contribution à l'apprentissage mais aussi de l'utilisation de tels outils. Les réponses apportées devront être encadrées pour éviter les biais et les actions malveillantes. Ainsi, OpenAI fournit à ses opérateurs qui réalisent de telles tâches un guide qui exige que les réponses soient sélectionnées ou rédigées pour être utiles, véridiques et inoffensives. Ce serait également le moment d'intégrer à cette IA, pour faciliter le travail des chefs qui l'utiliseront, les valeurs de l'organisation et la représentation des exigences d'humanité : principes du droit des conflits armés, code du soldat, principes éthiques et moraux...

Ce travail de « raffinement » du modèle sera probablement long et laborieux. Il peut être en partie réalisé, comme ce fut le cas pour GPT-4, par d'autres modèles de langage qui préparent les réponses « exemplaires » que le modèle doit apprendre, ces réponses n'étant ensuite que vérifiées par un humain avant d'être données au modèle apprenant. Compte tenu des exigences éthiques et de l'enjeu, cette méthode

¹¹⁰ WORK, Bob, 2015. Centaur Army: Robotics, & The Third Offset Strategy. Dans : *Breaking Defense* [en ligne].

ne paraît pas souhaitable pour créer un assistant militaire stratégique, qui devra avoir été le plus possible au contact d'humains afin d'être imprégné des préférences et des valeurs de l'organisation. Le paramétrage de l'IA cristallisera les choix stratégiques et opérationnels humains préférentiels, tout comme les exigences et les limites morales. Il sera alors à la fois une nouvelle forme d'expression de la doctrine et une représentation de l'éthique du soldat, rassemblés sous la forme des millions de paramètres numériques du modèle d'IA du stratège.

L'utilisation de ce modèle et son exploitation efficace paraît finalement facile, notamment dans le cas des assistants basés sur les LLM, mais ce n'est en réalité pas le cas. Depuis leur apparition, l'usage de tels outils par des personnes s'étant spécialisées dans leur fonctionnement et leurs dangers (les ingénieurs de requête ou *prompt engineers*) montre une efficacité et une sûreté d'emploi décuplée par rapport à l'utilisateur de base. Le vrai pouvoir des IA sera ainsi libéré, et leurs profondes limites maîtrisées, si un spécialiste de leur utilisation dialogue avec elles. Il paraît illusoire que le stratège acquière cette compétence spécialisée, sauf si ces outils se répandent tellement qu'ils deviennent aussi naturels que le clavier et la souris et font l'objet de formations spécifiques. Une telle capacité humaine spécialisée sera ainsi probablement nécessaire à l'avenir dans le cercle restreint du stratège, au sein de la « *situation room* », au même titre que d'autres expertises.

Finalement, celui qui interrogera l'IA, qui l'entraînera et la programmera, aura des leviers de pouvoir. Cela doit conduire le stratège, probablement plus que pour toute autre technologie de rupture ayant innervé le monde militaire, à acquérir des compétences robustes et approfondies. Dans ce domaine comme dans le reste du champ stratégique, il devra aussi faire preuve d'une grande ouverture, compte tenu de la rapidité d'évolution de la recherche.

3.3. *Le stratège doit se former et rester ouvert*

On distingue clairement qu'au travers de la diversité des notions abordées, de leur complexité, de leur actualité et du dynamisme de leur évolution, il est absolument nécessaire de comprendre et de s'ouvrir à ces technologies pour les dompter.

Le stratège n'aura d'autre choix que de s'y pencher finement, pour comprendre leurs capacités, leurs évolutions et leurs limites, afin d'en tirer le meilleur parti. Il devra aussi ne pas balayer d'un revers de main, sous prétexte que les modèles actuels sont limités, la possibilité d'avènement d'une véritable IA stratège, à un horizon incertain mais peut-être bref. Il est démontré aujourd'hui qu'il n'y a pas de limite à la performance des LLM si on augmente le nombre de leurs paramètres et la taille du jeu de données, tant que les capacités de calcul suivent¹¹¹. En effet, le dynamisme des efforts financiers et de recherche est extrême et devrait conduire à une progression exponentielle : les entreprises civiles se livrent une impitoyable « guerre des IA » qui a déjà permis de passer des seuils technologiques impressionnants. Côté militaire, sous la pression géopolitique renouvelée des années 2020, les appareils de défense agissent comme un catalyseur redoutable pour cette nouvelle technologie à portée générale. L'impact des enjeux militaires sur le développement de ces *general purpose technologies* a été primordial et démontré¹¹² dans des moments similaires de l'histoire : horloge, moteur, production de masse, aviation ou l'énergie nucléaire.

La forme qu'atteint l'IA aujourd'hui conduit ainsi à penser que, même sans parler de « singularité », ses progrès alimentent de plus en plus son propre développement. On parle fin février 2024 de l'avènement des *general world models* ou *large world models* (LWM)¹¹³, déjà en cours de développement. Ces modèles ont pour objectif

¹¹¹ KARPATY, *op. cit.*

¹¹² RUTTAN, Vernon W., 2006. *Is War Necessary for Economic Growth ? : Military Procurement and Technology Development*, Oxford University Press.

¹¹³ MOIOLI, Fabio, 2024. The next leap in AI : from large language models to large world models ?. Dans : *Forbes* [en ligne]. 23 janvier 2024.

d'accélérer l'apprentissage des IA en sortant de l'entraînement limité exclusivement au texte, à la parole ou aux images, mais en intégrant l'ensemble des champs de perception possibles, y compris ceux inaccessibles aux humains. Ils construisent une représentation globale de l'environnement qui leur est présenté, en comprenant les règles physiques et les relations entre objets, et l'utilisent pour simuler les événements à venir. Ils pourraient ainsi intégrer, dans le domaine militaire en particulier, les données captées par les casques de réalité augmentée de tous les soldats, l'activité dans le spectre électromagnétique, les journaux télévisés, ce qui circule dans un système de combat de navire, le visionnage de vidéos de batailles, etc... Ce nouveau concept illustre les progrès probablement encore colossaux à venir.

L'état de l'art actuel de l'IA est finalement assez comparable, après une longue phase de balbutiements, à celui des débuts de l'aviation militaire. Si les machines actuelles d'apprentissage automatique et de transformeurs génératifs constituent les *Éole et Flyer*¹¹⁴ de la révolution en cours, le stratège doit pour une fois se prémunir de s'inspirer de la pensée du général Foch, à qui on attribue cette phrase en 1910 : « *L'aviation, c'est du sport : pour l'armée, c'est zéro* ». Conservant l'esprit agile, son opinion fut très rapidement corrigée au cœur de la Grande Guerre face aux progrès rapides de l'aviation¹¹⁵.

Poursuivant la référence à Foch, l'une de ses phrases semble également faire particulièrement écho à l'apport de l'IA pour le chef militaire. Il écrit en parlant du champ de bataille que « pour y pouvoir un peu, il faut savoir beaucoup et bien »¹¹⁶. Cette formule semble résumer à elle seule le pas de deux entre le stratège et l'IA. Cette dernière sait (vraiment) beaucoup, mais ne le sait pas « bien ». Le stratège sait autant que ses facultés humaines limitées lui permettent, mais, à force d'étude, de travail et d'expériences, il sait « bien », c'est-à-dire qu'il est capable d'exercer jugement, intuition, et « coup d'œil ». Napoléon résumait ainsi le développement de ces facultés : « Le génie c'est le travail ». L'IA permettra de découpler le génie du stratège, mais surtout aussi de suivre l'évolution de la conflictualité vers une vitesse d'exécution et de réaction inhumaine.

Il sera donc nécessaire pour le stratège augmenté de pratiquer dès que possible et tout le temps l'IA, comme on s'entraîne avec ses armes ou son état-major, pour à la fois dépasser les difficultés d'adaptation à ce nouvel outil, en atteindre la maîtrise et, si possible, la compréhension.

Tout comme à force de pratique, les participants au *Kriegspiel* prussien identifièrent ses failles et faiblesses, et surent s'adapter et l'adapter pour en conserver des enseignements utiles à la guerre¹¹⁷, le chef militaire qui utilisera quotidiennement un outil d'aide à la décision, même en temps de compétition, finira par se l'approprier et savoir où le faire évoluer. A contrario, s'il se désintéresse de la « mécanique de l'oracle¹¹⁸ », il tombera dans les travers des partisans américains de l'analyse systémique et de la recherche opérationnelle lors de la guerre du Vietnam, dont l'un des plus fervents était le secrétaire d'état à la défense Robert McNamara lui-même. Ce dernier privilégiait une direction stratégique centralisée du conflit à partir de rapports statistiques et de modèles¹¹⁹. Les décideurs américains de cette période, occultant totalement la validité des données erronées ou enjolivées qu'ils consommaient avidement, et n'interrogeant plus la pertinence de leurs modèles¹²⁰,

¹¹⁴ Noms respectifs des premiers appareils de Clément Ader et des frères Wright.

¹¹⁵ CARLIER, Claude, PEDRONCINI, Guy, [et al.], 1997. *L'émergence Des Armes Nouvelles : Actes Du Colloque, 25 Octobre 1996 à Verdun, Au Centre Mondial de La Paix*. Hautes Études Militaires, Economica, 1997.

¹¹⁶ MOTTE, *op. cit.*, p. 75.

¹¹⁷ BOURGUILLEAU, *op. cit.*, p. 77.

¹¹⁸ Un oracle en sciences informatiques et de la complexité est un outil théorique capable de résoudre n'importe quel problème en une seule opération.

¹¹⁹ BOUSQUET, *op. cit.*

¹²⁰ Dont on raconte de manière apocryphe mais révélatrice de l'esprit de l'époque qu'à la question « Quand allons-nous gagner ? » posée en 1969, l'un d'entre eux répondit « vous avez gagné en 1964 ! »

ne purent s'apercevoir de l'effondrement de leur stratégie. Le stratège augmenté devra se prémunir de cet écueil en conservant du recul vis-à-vis de son modèle.

Dernier exemple de l'importance de la connaissance de l'outil, l'étude de l'aide à la décision pour les transplantations cardiaques montre que ce sont les plus anciens médecins, à la fois dotés d'une expérience importante mais étant aussi ceux qui s'intéressent le plus à l'algorithme, qui comprennent et manipulent le mieux le système d'allocation des greffons de l'agence de biomédecine¹²¹. Finalement, compte tenu des développements à venir de l'IA, des changements qu'elle gouverne et des moyens qu'elle absorbera, la phrase d'Hervé Couteau-Bégarie résonne avec un sens particulier quand on l'applique à cette technologie : « plus l'investissement matériel est important, plus l'investissement intellectuel doit l'accompagner ».

Il paraît également nécessaire de sortir du mythe originel de « systèmes magiques » qui fait écho au caractère philosophiquement chargé de l'IA, censée reproduire l'intelligence et l'esprit humain. Elle crée des « montées aux extrêmes » dans les opinions portées sur son utilisation, tantôt foi aveugle, tantôt crainte et rejet, qui peuvent paralyser son utilisation pratique. Une voie médiane est désormais nécessaire pour réellement passer à son application concrète, en étudiant de manière pragmatique ses forces et faiblesses, et en s'éduquant à son usage. Il faut passer, pour paraphraser le titre d'un ouvrage de l'amiral Vandier concernant la dissuasion¹²², à la « décision au troisième âge de l'IA ». Ce troisième âge suivrait chronologiquement ceux de la spécialisation mono-tâche laborieuse originelle (ordinateurs spécialisés, systèmes experts, force brute...) puis de la révolution exponentielle à la fois inquiétante et fascinante des « boîtes noires » inexplicables à base d'apprentissage machine. Ce troisième âge ferait entrer, avec l'avènement des LLM voire des *large world models*, dans une ère d'applications pratiques « large spectre », conçues dès l'origine pour être pratiques, explicables, éthiques, et résolument tournées vers une symbiose avec l'humanité des décideurs.

Edward Luttwak écrit que la stratégie est faite de d'oppositions contraires¹²³ : quantité contre qualité, technologie contre rusticité, surprise avantageuse mais difficile à obtenir contre choc frontal risqué mais simple à concrétiser, efficacité guerrière contre logique économique... L'adoption progressive de l'IA par les stratèges conduira peut-être ainsi à l'expression d'un nouveau « paradoxe stratégique » : augmentation contre autonomie. Ainsi, dans « l'*hyperwar* » théorisée par John Allen et Amir Husain¹²⁴, où la « guerre se fera à la vitesse de la lumière » selon Wang Weixing¹²⁵, directeur de recherche dans l'armée populaire de libération chinoise, verra-t-on à l'avenir deux modèles « d'hyper-stratège » s'affronter ? Il seraient les fruits de la marche forcée pour utiliser l'IA à des fins d'accélération et d'optimisation de la décision militaire, entre deux superpuissances culturellement et doctrinalement très différentes.

D'un côté celui du modèle américain, ayant poussé à l'extrême le concept de partenariat homme-machine, produira des stratèges augmentés sous forme de « centaures » équipés d'un assistant décisionnel personnel redoutable, digne du J.A.R.V.I.S.¹²⁶ qui accompagne le personnage de *comics* Iron Man, comme l'évoquait Mme Parly en 2020¹²⁷. Ce modèle, fondamentalement centré sur l'humain, privilégiera toujours le commandement décentralisé, le *mission command*,

¹²¹ HENIN, *op. cit.*

¹²² VANDIER, Pierre, 2018. *La Dissuasion Au Troisième Âge Nucléaire*. Paris : éditions du Rocher.

¹²³ LUTTWAK, Edward N., BESSIERES, Michel, 2010. *Le Grand Livre de La Stratégie : De La Paix à La Guerre*, Traduit de l'anglais par Michel Bessières. Odile Jacob, 2010.

¹²⁴ ALLEN, John R. (général), HUSAIN, Amir, 2017. On Hyperwar : U.S. Naval Institute Proceedings. Dans : *U.S. Naval Institute Proceedings*, N°143, 2017, p.30–37.

¹²⁵ FENG, Emily, CLOVER, Charles, 2017. Drone swarms vs conventional arms: china's military debate . Dans : *Financial times* [en ligne], 24 août 2017.

¹²⁶ *Just A Rather Very Intelligent System* : Un simple système plutôt très intelligent.

¹²⁷ PARLY, Florence, 2020. Déclaration de Mme Florence Parly, ministre des armées, sur l'armée et l'éthique. Paris, 4 décembre 2020.

et reposera sur des officiers formés, cultivés, entraînés et eux-mêmes augmentés, avec les bonnes IA nécessaires à leur champ d'action. Il s'appuiera sur un continuum d'augmentation, du stratège au soldat, du guerrier au soutenant, interagissant tout au long de la chaîne hiérarchique.

De l'autre, le stratège autonome ou quasi-autonome, qui serait issu du modèle chinois. Ayant été conçu pour remplacer entièrement des chefs jugés déficients et paralysés par un carcan autoritaire, et capable de diriger de manière optimale et à la vitesse de la lumière des armées robotisées, il reliera directement le « stratège humain total », politico-militaire, aux machines et algorithmes qui mèneront la guerre. Les niveaux stratégiques seront comprimés, la « grande stratégie » agissant parfois directement sur la technique. Consécration ultime de la centralisation décisionnelle à l'origine de ce modèle, permise à cette nouvelle échelle par les capacités surhumaines du stratège autonome, c'est directement un cercle très restreint autour du décideur politique, voire le décideur lui-même, qui donneront à la machine des buts militaires, voire des buts de guerre, pour qu'elle applique la gamme d'effets et de tâches permettant de les atteindre. Ce stratège humain qui orientera le stratège autonome pourrait être comparé au jeune Ender du roman d'Orson Scott Card¹²⁸, capable de vaincre grâce à la technologie en dirigeant une armée à lui seul, depuis une passerelle de commandement. L'IA stratège autonome de ce modèle sera ainsi la matrice de transfert des volontés politiques pour que les machines les continuent par d'autres moyens.

¹²⁸ CARD, Orson Scott, 2018. *La stratégie Ender*. Paris : éditions J'ai Lu.

Conclusion

La réflexion menée sur l'emploi de l'IA pour l'aide à la décision militaire de haut niveau a permis d'explorer la possibilité, la pertinence, et les moyens de concrétiser la notion de stratégie augmentée. En explorant le fonctionnement des IA et en s'intéressant à certaines applications de référence au sein des grandes puissances, mises en regard de la manière dont le stratège prend ses décisions, il a été possible de mettre en évidence de premiers couplages et convergences possibles. Ensuite en détaillant les limites inhérentes à ces technologies, tant sur le plan technique qu'organisationnel, humain ou éthique, il a été possible de rationaliser la réflexion sur les possibilités réelles des IA appliquées à la décision stratégique. Enfin, la mise en corrélation des capacités offertes et des limites identifiées a permis de dessiner des pistes et des exigences pour concrétiser l'apport de tels systèmes de manière utile et réaliste, afin d'arriver à des modèles conceptuels d'emploi.

Le stratège augmenté peut devenir une réalité. Bien formé à l'intelligence artificielle, disposant d'un système *ad hoc* probablement construit autour d'un agent conversationnel personnalisé, il commandera une organisation adaptée à cette nouvelle réalité. Cette organisation aura évolué en parallèle, suivant l'exigence de création d'un « continuum d'augmentation », du terrain à la « *situation room* ». En adoptant un tel modèle, la puissance des IA pourra être libérée pour l'aide à la décision de niveau stratégique et opérative haute, dans un partenariat homme-machine optimisé permettant d'allier la rapidité et la quantité d'analyses des IA avec l'intuition, le jugement et le « génie » du stratège humain.

A l'avenir, deux modèles conceptuels archétypaux s'opposeront peut-être. L'un aura évolué à l'extrême vers un partenariat homme-machine total et symbiotique, à tous les échelons d'une chaîne de commandement très décentralisée. L'autre tendra vers une automatisation quasi-généralisée à tous les échelons, nécessitant une augmentation algorithmique particulièrement poussée pour un centre décisionnel politico-stratégique restreint. Ce dernier devra alors s'appuyer sur une IA stratège menant la guerre de manière quasi-autonome, dont la possibilité de création et l'efficacité resteront néanmoins à démontrer.

Bibliographie

- BOURGUILLEAU, Antoine, 2020. *Jouer la guerre: histoire du wargame*, Paris : éditions Passés composés.
- BOUSQUET, Antoine J., 2022. *The Scientific Way of Warfare: Order and Chaos on the Battlefields of Modernity*. Oxford University Press.
- CARD, Orson Scott, 2018. *La stratégie Ender*. Paris : éditions J'ai Lu.
- CASTEX, Raoul, COUTAU-BÉGARIE, Hervé, 1991. *La Liaison Des Armes Sur Mer / Amiral Castex; Présentation par Hervé Coutau-Bégarie; Commission Française d'histoire Maritime*, Etudes d'histoire Maritime, Economica 1991.
- DESPORTES, Vincent, 2004. *Décider dans l'incertitude*. Economica.
- FOCH, Ferdinand, 1903. *De la guerre: Textes présentés et annotés par Martin Motte*, éditions Tallandier, 2023.
- KONIECZNY, Sébastien, PRADE, Henri [dir.], 2020. *L'intelligence artificielle : de quoi s'agit-il vraiment ?*, Toulouse : Cépaduès éditions. Groupement de Recherche En Intelligence Artificielle, CNRS.
- LEE, Kai-Fu, 2017. *AI Superpowers : China, Silicon Valley, and the New World Order*. Boston : Houghton Mifflin Harcourt.
- LUTTWAK, Edward N., BESSIERES, Michel, 2010. *Le Grand Livre de La Stratégie : De La Paix à La Guerre, Traduit de l'anglais par Michel Bessières*. Odile Jacob.
- MOTTE, Martin, SOUTOU, Georges-Henri, DE LESPINOIS, Jérôme, ZAJEC, Olivier, 2023. *La mesure de la force: Traité de stratégie de l'École de guerre*, Paris : Tallandier.
- RUTTAN, Vernon W., 2006. *Is War Necessary for Economic Growth ? : Military Procurement and Technology Development*, Oxford University Press.
- TALEB, Nassim Nicholas, 2009. *The Black Swan*. Random House.
- VANDIER, Pierre, 2018. *La Dissuasion Au Troisième Âge Nucléaire*. Paris : éditions du Rocher.
- BOISARD, Olivier, 2020. Brève histoire de l'intelligence artificielle. Dans : *Soins Cadres*, 29.123, 10–14. 2020.
- CLAVERIE, Bernard, LE BLANC, Benoît, 2013. Homme augmenté et augmentation de l'humain. Dans : *L'humain augmenté*. Paris : CNRS Éditions. p. 61–78. Les essentiels d'Hermès.
- CLÉE, Fabrice, 2019. Les fondements de la culture de prise de décision opérationnelle en France. Dans : *Revue Militaire Générale*. N°53. Janvier 2019.
- SAPORTA, Gilbert, GUENOT, Frédérique [dir.], 2023. Histoire et enjeux de l'IA. Dans : *L'IA éducative. L'intelligence artificielle dans l'enseignement supérieur*. Bréal, p.41-50, Thèmes & Débats, 2023.

ALLEN, John R. (général), HUSAIN, Amir, 2017. On Hyperwar : U.S. Naval Institute Proceedings. Dans : *U.S. Naval Institute Proceedings*, N°143, 2017, p.30–37.

BOX, George E. P., 1976. Science and Statistics. Dans : *Journal of the American Statistical Association*, 1976, p.791–99.

BROWN, Tom B., [et al.], 2020. Language models are few-shot learners. Dans : *Advances in neural information processing systems*, NeurIPS N°33, p.1877-1901. 2020.

DREYFUS, Hubert, DREYFUS, Stuart, 1988. Making a mind versus modelling the brain : Artificial Intelligence back at a branchpoint. Dans : *Daedalus*, Vol. 117, No. 1, p. 15-43.,1988.

ELISH, M.C., BOYD, Danah, 2018. Situating Methods in the Magic of Big Data and AI. Dans : *Communication Monographs*, N°85, 2018, p.57–80.

GOLDFARB, Avi, LINDSAY, Jon R., 2022. Prediction and judgment: why artificial intelligence increases the importance of humans in war. Dans : *International Security*, 46.3 (2022), 7–50. Disponible sur : https://direct.mit.edu/isec/article-pdf/46/3/7/1995768/isec_a_00425.pdf

HENIN, Clément, 2021. Confier une décision vitale à une machine. Dans : *Réseaux*, N°225, 2021, p. 187–213.

HUNTER, Cameron, BOWEN, Bledwyn E., 2023. We'll never have a model of an AI major-general: artificial intelligence, command decisions, and kitsch visions of war. Dans : *Journal of Strategic Studies*, 2023, p.1–31. Disponible sur : <https://www.tandfonline.com/doi/pdf/10.1080/01402390.2023.2241648>

JOHNSON, James, 2022. Delegating strategic decision-making to machines : Dr. Strangelove redux ?. Dans : *Journal of Strategic Studies*, 45.3 (2022), 439–77. Disponible sur : <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/01402390.2020.1759038>

KANIA, Elsa, 2019. Artificial intelligence in future Chinese command decision making. Dans : *Artificial intelligence, China, Russia, and the global order*. Ch. 20, p. 153-161. 1er octobre 2019. Disponible sur : <https://www.jstor.org/stable/resrep19585.26>

LAYTON, Peter, 2018. Algorithmic Warfare Applying Artificial Intelligence to Warfighting. Dans : *Air power development centre, mars 2018*. Disponible sur : https://www.researchgate.net/publication/326248009_Algorithmic_Warfare_Applying_Artificial_Intelligence_to_Warfighting

META FUNDAMENTAL AI RESEARCH DIPLOMACY TEAM, [et al.], 2022. Human-level play in the game of Diplomacy by combining language models with strategic reasoning. Dans : *Science*, 2022, p.1067–74. Disponible sur : <https://www.science.org/doi/10.1126/science.ade9097>

MORI, Masahiro, MACDORMAN, Karl F., KAGEKI, Norri, 2012. The Uncanny Valley [From the Field]. Dans : *IEEE Robotics & Automation Magazine*, N°19, 2012, p.98–100.

NADIBAI DZE, Anna, 2023. AI and the Bomb: Nuclear Strategy and Risk in the Digital Age. Dans : *International Affairs*. Novembre 2023. Vol. 99.6. Pp. 2517–18. Disponible sur : <https://doi.org/10.1093/ia/iad250>

NASS, Clifford, FOGG, BJ, MOON, Youngme, 1996. Can Computers Be Teammates ?. Dans : *Int. J. Hum.-Comput. Stud.*, N°45, 1996, p.669–78.

Disponible sur :

https://www.researchgate.net/publication/220107333_Can_Computers_be_Teammates

NOCETTI, Julien, 2021. L'intelligence artificielle : enjeu stratégique de la Russie. Dans : *SAY*, N°4, p.140–41, 2021. Disponible sur : <https://www.cairn.info/revue-say-2021-2-page-140.htm>

NÖEL, Jean-Christophe, 2018. Intelligence artificielle : vers une nouvelle révolution militaire ? Dans : *Focus Stratégique*, octobre 2018, N°84. IFRI.

PETRELLA, Stephanie, MILLER, Chris, COOPER, Benjamin, 2021. Russia's artificial intelligence strategy: the role of state-owned firms. Dans : *Orbis*, N°65, p.75–100, 2021. Disponible sur :

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0030438720300648>

SU, Fei, YUAN, Jingdong, 2023. Chinese Thinking on AI Integration and Interaction with Nuclear Command and Control, Force Structure, and Decision-Making. November 2023. European Leadership Network. Disponible sur : <https://www.europeanleadershipnetwork.org/report/chinese-thinking-on-ai-integration-and-interaction-with-nuclear-command-and-control-force-structure-and-decision-making>

VELKOVSKA, Julia, RELIEU, Marc, 2021. Pour une conception « située » de l'intelligence artificielle. Des interactions hybrides aux configurations socio-techniques. Dans : *Réseaux*, N°229, 2021, p 215–29.

XU, Feiyu, [et al.], 2019. Explainable AI: A brief survey on history, research areas, approaches and challenges, Dans : *Natural Language Processing and Chinese Computing*, 2019, p. 563–74. Disponible sur : https://doi.org/10.1007/978-3-030-32236-6_51

ZUBELDIA, Océane, 2020. Entre résilience et rupture : l'émergence d'un nouveau modèle technologique chinois ?. Dans : *Monde chinois*, N°61, 2020, p.39–53.

BERGENGRUEN, Vera, 2024. How tech giants turned Ukraine into an AI war lab. Dans : *TIME* [en ligne], 8 février 2024. Disponible sur :

<https://time.com/6691662/ai-ukraine-war-palantir/>

FENG, Emily, CLOVER, Charles, 2017. Drone swarms vs conventional arms: china's military debate . Dans : *Financial times* [en ligne], 24 août 2017. Disponible sur : <https://www.ft.com/content/302fc14a-66ef-11e7-8526-7b38dcaef614>

FONTES, Robin, KAMMINGA, Jorrit, 2023. Ukraine: A living lab for AI warfare. Dans : *National Defense*, avril 2023, p.15–17. Disponible sur : <https://www.nationaldefensemagazine.org/past-issues/2023/april-2023>

HENROTIN, Joseph, 2019. Grande, générale, totale ou intégrale : la stratégie comme accès aux variétés de la puissance. Dans : *DSI (Défense et Sécurité Internationale)*, 140, 2019, 80–85.

LECUN, Yann, 2016. Le Deep Learning, une révolution en intelligence artificielle. Dans : Communiqué de presse pour la leçon inaugurale au Collège de France, 4 février 2016. Disponible sur : https://www.college-de-france.fr/media/presse/UPL7132967935621487999_Dossier_YLeCun.pdf

MAÇÃES, Bruno, 2023. How Palantir is shaping the future of warfare. Dans : *TIME* [en ligne], 10 juillet 2023. Disponible sur : <https://time.com/6293398/palantir-future-of-warfare-ukraine/>

MCCHRYSTAL, Stanley, ROY, Anshu, 2023. Ai has entered the situation room. Dans : *Foreign Policy*, 249, Été 2023, p.46–49.

MOIOLI, Fabio, 2024. The next leap in AI : from large language models to large world models ?. Dans : *Forbes* [en ligne]. 23 janvier 2024. Disponible sur : <https://www.forbes.com/sites/forbestechcouncil/2024/01/23/the-next-leap-in-ai-from-large-language-models-to-large-world-models/>

NAST, Condé, 2023. A battlefield AI company says it's one of the good guys. Dans : *Wired UK* [en ligne]. Disponible sur : <https://www.wired.co.uk/article/helsing-ai-military-defense-tech>

SIMONITE, Tom, 2017. A Poker-Playing Robot Goes to Work for the Pentagon. Dans : *Wired*. [en ligne]. Disponible sur : <https://www.wired.com/story/poker-playing-robot-goes-to-pentagon/>

VINCENT, Elise, 2023. Stratégie militaire israélienne : l'intelligence artificielle au service des bombardements massifs. Dans : *Le Monde* [en ligne]. Disponible sur : https://www.lemonde.fr/international/article/2023/12/05/l-intelligence-artificielle-au-service-de-la-strategie-militaire-israelienne_6203982_3210.html

CARLIER, Claude, PEDRONCINI, Guy, [et al.], 1997. *L'émergence Des Armes Nouvelles : Actes Du Colloque, 25 Octobre 1996 à Verdun, Au Centre Mondial de La Paix*. Hautes Études Militaires, Economica, 1997.

GUBRUD, Mark Avrum, 1997. *Nanotechnology and International Security*. Dans : *The fifth Foresight conference on molecular nanotechnology, 5-8 novembre 1997, Palo Alto CA*. Foresight update, n°31, p.1, 15 décembre 1997.

ZUBELDIA, Océane, 2023. *Réflexions sur l'intelligence artificielle, un outil de diplomatie technologique : compte rendu du sommet international REAIM*, IRSEM, 16 mars 2023.

COMITÉ D'ETHIQUE DE LA DÉFENSE, 2021. *Avis sur l'intégration de l'autonomie dans les systèmes d'armes létaux*. Comité d'éthique de la défense. 29 avril 2021.

TASK FORCE IA, 2019. *L'intelligence Artificielle Au Service de La Défense*. Rapport de la Task Force IA, Ministère des Armées. Disponible sur <https://www.defense.gouv.fr/sites/default/files/aid/20200108-NP-Rapport%20de%20la%20Task%20Force%20IA%20Septembre.pdf>

ALPHASTAR TEAM, 2019. AlphaStar: Mastering the Real-Time Strategy Game StarCraft II. Dans : *Google DeepMind* [en ligne], 24 janvier 2019. Disponible sur : <https://deepmind.google/discover/blog/alphastar-mastering-the-real-time-strategy-game-starcraft-ii/>

ANDURIL, 2024. Lattice for command and control. Dans : Anduril [en ligne]. Disponible sur : <https://www.anduril.com/command-and-control/>

ANON., 2020. MiningLamp, le wannabe-Palantir de Pékin. Dans : *Intelligence Online* [en ligne], 25 mars 2020. Disponible sur : <https://www.intelligenceonline.fr/surveillance--interception/2020/03/25/mininglamp-le-wannabe-palantir-de-pekini>

ANON., 2020. Russia's newest fighter the MiG-35 integrates basic AI as pilot assistant. Dans : *Military Watch* [en ligne], 10 juin 2020. Disponible sur : <https://militarywatchmagazine.com/article/russia-s-latest-fighter-mig-35-integrates-basic-ai-as-pilot-assistant>

BRANDI, Vincent, 2023. Inside Task force Lima's exploration of 180-plus generative AI use cases for DOD. Dans : *DefenseScoop* [en ligne], 6 novembre 2023. Disponible sur : <https://defensescoop.com/2023/11/06/inside-task-force-limas-exploration-of-180-plus-generative-ai-use-cases-for-dod/>

BRANDI, Vincent, 2024. Scale AI to set the Pentagon's path for testing and evaluating large language models. Dans : *DefenseScoop* [en ligne], 20 février 2024. Disponible sur : <https://defensescoop.com/2024/02/20/scale-ai-pentagon-testing-evaluating-large-language-models/>

DEROUETTEAU, Florian, 2019. Les leçons à tirer du paradoxe de Bonini à propos de l'utilité des modèles. Dans : *L'usine nouvelle* [en ligne], 28 août 2019. Disponible sur : <http://www.usinenouvelle.com/blogs/florian-douetteau/les-lecons-a-tirer-du-paradoxe-de-bonini-a-propos-de-l-utilite-des-modeles.N878160>

FRENCHWEB.FR, 2023. COMAND AI lève 3 millions d'euros afin de déployer son logiciel d'IA pour les forces armées. Dans : *FRENCHWEB.FR* [en ligne]. 11 juillet 2023. Disponible sur : <https://www.frenchweb.fr/pre-seed-comand-ai-leve-3-millions-deuros-afin-de-deployer-son-logiciel-dia-pour-les-forces-armees/444182>

GARAMONE, Jim, 2023. Milley makes case for rules-based order, deterrence in new era. Dans : *US Department of Defense* [en ligne], 30 juin 2023. Disponible sur : <https://www.defense.gov/News/News-Stories/Article/Article/3446709/milley-makes-case-for-rules-based-order-deterrence-in-new-era>

GILL, Jaspreet, 2023. NGA making "significant advances" months into AI-focused project Maven takeover. Dans : *Breaking Defense* [en ligne]. 24 mai 2023. Disponible sur : <https://www.breakingdefense.com/2023/05/24/nga-making-significant-advances-months-into-ai-focused-project-maven-takeover/>

HITCHENS, Theresa, 2021. Some "quick wins," but Air force struggles with AI. Dans : *Breaking Defense* [en ligne], 30 mars 2021. Disponible sur : <https://www.breakingdefense.com/2021/03/30/some-quick-wins-but-air-force-struggles-with-ai/>

LAMIGEON, Vincent, 2022. Helsing, la start-up qui se rêve en Palantir de l'intelligence artificielle militaire. Dans : *Challenges* [en ligne], 21 octobre 2022. Disponible sur : https://www.challenges.fr/entreprise/defense/helsing-la-start-up-qui-se-reve-en-palantir-de-lintelligence-artificielle-militaire_832110

LIVERSAIN, Lucie, 2022. «L'adoption des technologies génériques par les forces armées : le cas de l'IA ». Dans : *Polytechnique Insights* [en ligne]. 22 novembre 2022. Disponible sur : <https://www.polytechnique-insights.com/tribunes/geopolitique/ladoption-des-technologies-generiques-par-les-forces-armees-le-cas-de-lia/>

MINISTÈRE DES ARMÉES, 2024. Sébastien Lecornu lance la stratégie ministérielle sur l'intelligence artificielle. Dans : *Ministère des Armées* [en ligne], 08 mars 2024. Disponible sur : <https://www.defense.gouv.fr/actualites/sebastien-lecornu-lance-strategie-ministerielle-lintelligence-artificielle>

PALANTIR, 2024. Palantir Artificial Intelligence Platform. Dans : *Palantir* [en ligne]. Disponible sur : <https://www.palantir.com/platforms/aip/>

ROUGIER, Nicolas, 2015. L'intelligence artificielle, mythes et réalités. Dans : *Interstices* [en ligne]. Disponible sur : <https://interstices.info/lintelligence-artificielle-mythes-et-realites/>

SCALE AI, 2024. Donovan , AI Digital Staff Officer for National Security. Dans : *Scale* [en ligne]. Disponible sur : <https://scale.com/donovan>

STRATEGY ROBOT, 2024. AI for planning against intelligent adversaries. Dans : *Strategy Robot* [en ligne]. Disponible sur : <https://www.strategyrobot.ai>

UK MINISTRY OF DEFENCE, 2023. The AI of Beresford bridge. Dans : *Stories From Tomorrow : Exploring New Technology through Useful Fiction*, GOV.UK [en ligne]. 28 février 2023. Disponible sur : <https://www.gov.uk/government/publications/stories-from-the-future-exploring-new-technology-through-useful-fiction/stories-from-tomorrow-exploring-new-technology-through-useful-fiction>

U.S. DEPARTEMENT OF DEFENSE, 2024. CDAO Launches First DOD AI Bias Bounty Focused on Unknown Risks in LLMs, U.S. Department of Defense. Dans : *U.S. Department of Defense* [en ligne]. Disponible sur : <https://www.defense.gov/News/Releases/Release/Article/3659519/cdao-launches-first-dod-ai-bias-bounty-focused-on-unknown-risks-in-llms/>

WORK, Bob, 2015. Centaur Army:, Robotics, & The Third Offset Strategy. Dans : *Breaking Defense* [en ligne]. Disponible sur : <https://breakingdefense.com/2015/11/centaur-army-bob-work-robotics-the-third-offset-strategy>

KARPATHY, Andrej, 2023. *Intro to Large Language Models* [en ligne]. 23 novembre 2023. Disponible sur : https://www.youtube.com/watch?v=zjkBMFhNj_g

Table des matières

Résumé.....	3
Abstract.....	5
Introduction.....	7
1. Une révolution entre les mains du stratège	9
1.1. Le stratège augmenté et ses décisions.....	9
1.2. Comprendre les intelligences artificielles pour mieux les mobiliser	11
1.3. Etat de l’art au sein des principales puissances.....	14
1.4. Des applications civiles transposables au stratège ?	19
2. Une application délicate de l’IA à la décision stratégique	23
2.1. Les limites et restrictions technologiques	23
2.2. Les limites organisationnelles.....	25
2.3. Les limites liées à l’humanité du stratège	27
2.4. Les limites éthiques de l’IA appliquée à haut niveau hiérarchique.....	29
3. Dompter le pouvoir de l’IA au profit du stratège.....	31
3.1. Utiliser les bonnes technologies au bon niveau	31
3.2. Mettre en place une organisation adaptée	35
3.3. Le stratège doit se former et rester ouvert.....	39
Conclusion	43
Bibliographie.....	44
Table des matières.....	50