



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confedraziun svizra

armasuisse

LE SOLDAT & L'IA GÉNÉRATIVE

ÉTUDE RÉALISÉE PAR « LE COUP D'APRÈS »

POUR LE PROGRAMME DE PROSPECTIVE TECHNOLOGIQUE
D'ARMASUISSE SCIENCES ET TECHNOLOGIQUES DEITECH.CH





ETUDE RÉALISÉE PAR LE COLLECTIF LE COUP D'APRÈS POUR LE PROGRAMME DE PROSPECTIVE
TECHNOLOGIQUE D'ARMASUISSE SCIENCES ET TECHNOLOGIES - DEFTECH.CH -, FINALISÉE EN NOVEMBRE 2023.

COMMANDITAIRE : QUENTIN LADETTO

DIRECTION DU PROJET : MATTHIEU GIOANI

RECHERCHES : FÉLIX BARANGER, MATTHIEU GIOANI

A L'APPUI PRÉCIEUX DE PAMELA BELLIER, DIANE DESPOIS ET ROMAIN FENOUIL

DIRECTION ARTISTIQUE : CÉCILE CAZANOVA (STUDIO JACC)

LES CONTRIBUTIONS PONCTUELLES DE GPT-4 SONT EXPLICITEMENT MENTIONNÉES.

ONLINE | ISBN - 978-3-9525890-3-8

ARMASUISSE
SCIENCES ET TECHNOLOGIES
FEUERWERKERSTRASSE 39
CH-3602 THUN

CONTACT : QUENTIN.LADETTO@AR.ADMIN.CH

deftech.ch  www.ar.admin.ch/wt 

SOMMAIRE

INTRODUCTION

Édito	4
Introduction	8
Notre approche	9
Détourage du sujet	10
Méthodologie de recherche	12

COMPRENDRE L'IA

L'IA, c'est quoi ?	16
Une brève histoire de l'IA	18
Machine learning, Deep learning, LLM ?	20
Les IA génératives	22
Les cas d'usages des IA génératives	24
Les questions actuelles que pose l'IA	26
Les imaginaires de l'IA	28
La place des SIA dans l'armée aujourd'hui	30
Les controverses posées par l'IA à l'armée	31
Autonomie, criticité et éthique	34

LE FANTASSIN ET SON ENVIRONNEMENT AVEC L'IA GÉNÉRATIVE

ATTRIBUTIONS ET ACTIONS DU FANTASSIN

Les spécificités suisses	38
Aperçu des actions et attributions du fantassin	40
Cartographie de l'environnement du soldat augmenté par l'IA	44
Accumulation des apprentissages et expériences	48

APPRENDRE ET S'ENTRAÎNER

L'instruction : principes	50
À la base	54
Retour d'expérience	57

AGIR, DANS L'ADVERSITÉ

Agir dans l'adversité : 3 intermédiations	60
De l'information à l'action : boucle OODA	62
Le fantassin, confronté à lui-même et à la machine ?	64
Le fantassin et son contexte opérationnel	68
Le fantassin et son groupe	70
Le soldat et le commandement	74

ENSEIGNEMENTS CLÉS

Opportunités, menaces et controverses des SIA génératifs	78
La place de l'humain, vue par les producteurs de SIA	82
Conclusion	83

ANNEXES

Zoom sur les artefacts	86
Vue d'ensemble sur les approches d'apprentissage profond (Deep learning)	88
Comparaison des modèles de LLM	90
Paysage de l'IA générative	91
Bibliographie générale	92

ÉDITO

“ S’il y a quelques années le logiciel était en train de manger le monde¹, force est de constater qu’actuellement l’intelligence artificielle générative et l’usage des grands modèles de langages – large language model (LLM) – semblent manger le logiciel. Frénésie temporaire ou tendance sur le long terme, les impacts sur le monde civil sont cependant déjà visibles. Au vu des bouleversements potentiels et réels, il nous est apparu légitime de se questionner sur la pertinence ainsi que sur les usages de ces nouveaux outils dans le monde sécuritaire et militaire.

En 2022, nous avons considéré une alternative à l’usage sans discernement de la technologie dans l’étude « Le Soldat Low-Tech² », ensemble, avec le collectif du Coup d’Après. Cette année nous vous proposons dans ce recueil d’explorer le monde du high-tech, un monde à la recherche d’applications et où la résilience cède volontiers le pas à la performance.

Et l’être humain dans tout cela ? Quel rôle tient-il face ou en harmonie avec la machine ? Quel rationnel, quelle retenue, quelle sagesse face à des modèles nécessitant des milliards de paramètres et pour le moment incompréhensibles dans leurs décisions ? Ce document ne vous présente naturellement pas de solutions à ces nouveaux défis. Il espère, par sa structure et par les thèmes abordés, contribuer à une meilleure compréhension et ainsi à une meilleure préparation aux usages possibles de ces technologies dans le monde de la défense.

Fidèle au mot d’ordre du programme de prospective technologique qui est d’inspirer, d’informer et d’instruire, nous espérons stimuler par le format et les illustrations originales de ce travail une plus grande curiosité par rapport à ce domaine technologique. En stimulant une imagination informée combinée à une réflexion constructive, nous ambitionnons ainsi une anticipation morale et éthique.

Nous vous souhaitons une passionnante lecture.

Prospectivement vôtre,

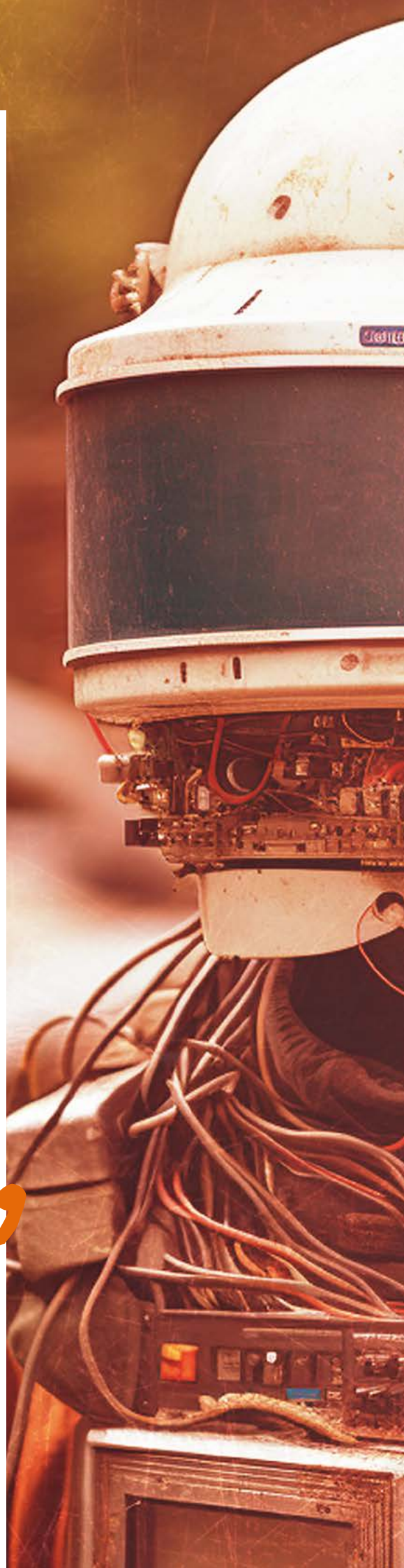
Dr. Quentin Ladetto

Responsable prospective technologique
armasuisse Sciences et Technologies

1/ Why Software Is Eating the World, Marc Andreessen, paru dans le Wall Street Journal le 20 août 2011,



2/ deftech.ch/low-tech



EDITO

“

L'intelligence artificielle n'est pas un phénomène que l'on subit, mais un artefact que l'on construit. On le construira pour être bénéfique.

”

Yann Lecun

Professeur à l'Université de New York
et directeur de Facebook AI Research
(FAIR), en juin 2023

“

La guerre en Ukraine est l'illustration parfaite de la complexité de la guerre au XXI^e siècle. Elle vient valider les hypothèses de ceux qui pariaient sur les nouvelles technologies comme indispensables aux guerres de demain. Et en même temps, ça ne vient pas du tout invalider ceux qui pensaient que la guerre, c'est la guerre, et que ce sera toujours soldat contre soldat, tranchée face à tranchée, front contre front.

”

Sylvie Matelly

Économiste, directrice adjointe
de l'IRIS

INTRODUCTION

EXTRAIT DE /
DEMAIN LA GUERRE /
LA FRANCE EST-ELLE PRÊTE ?
sur FranceTV 

INTRODUCTION

L'INTELLIGENCE ARTIFICIELLE (IA) S'INSCRIT DANS UNE HISTOIRE VIEILLE DE PLUSIEURS DÉCENNIES. MAIS LES EXEMPLES RÉCENTS DES IA GÉNÉRATIVES RAVIVENT LES QUESTIONS POSÉES AUX ÉTATS, ENTREPRISES ET INSTITUTIONS, DONT LES ARMÉES, QUI SONT POUSSÉES À SE POSITIONNER.

Depuis la sortie publique de ChatGPT 3.5, en novembre 2022, le sujet de l'intelligence artificielle revient sur le devant de la scène médiatique et politique. Cela se traduit dans les usages, puisque le service cumule 1 million d'utilisateurs quotidiens en 5 jours et 100 millions d'utilisateurs dès mars 2023, quelques mois après son lancement. Et de nombreux concurrents suivent des courbes d'adoption similaires.

La préoccupation humaine de construire des machines dotées d'une intelligence tentant de ressembler à la sienne ou s'y substituer est un rêve millénaire, comme en atteste les automates d'Héphaïstos dans l'Iliade¹. Les traductions concrètes de ce rêve sont récentes. Depuis les 70

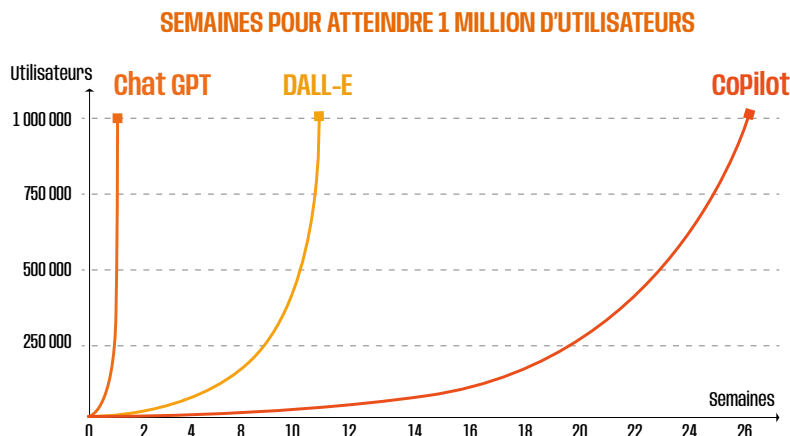
dernières années, la recherche en informatique a franchi des seuils théoriques et pratiques menant à la situation actuelle qui interroge la relation de l'humain à la machine.

Ce sujet de l'IA n'est pas qu'une question technologique. C'est une question sur laquelle la dimension humaine est omniprésente : de la conception de l'IA (analogies avec un cerveau humain, apprentissage supervisé, etc.) à ses impacts potentiels (société, travail, relations internationales, rapport aux technologies, etc.). À travers cette étude, nous tenterons d'en définir les contours dans le cas précis du fantassin, avec un focus particulier et non exclusif sur l'intelligence artificielle générative.

Ce travail vise à clarifier le sujet de l'IA et interpellier les femmes et les hommes qui décident, conçoivent, orientent, agissent sur des questions de défense. Ainsi, nous présentons des cas d'usages, soulignons les opportunités, menaces et controverses de l'utilisation de l'IA pour le fantassin en fonction des contextes. Nous tentons aussi de délimiter des périmètres d'usages (une IA à l'échelle du soldat, du groupe, ou du commandement) et des hypothèses de travail.

Bien que notre propos se concentre sur la figure du fantassin, certains enseignements peuvent être transposés, tout ou partie, à d'autres armées que celles mentionnées explicitement et à des métiers manuels ou opérationnels.

Dans le contexte actuel, la question qui se pose peut se résumer ainsi : quelle place pour l'intelligence artificielle générative à l'échelle du fantassin et de son groupe ?



1 / Alexandre Marcinkowski and Jérôme Wilgaux, "Automates et créatures artificielles d'Héphaïstos : entre science et fiction", Techniques & Culture, 43-44 | 2004.

NOTRE APPROCHE

NOTRE APPROCHE

NOTRE PARTI PRIS : EXPLORER LE RAPPORT ENTRE LE FANTASSIN ET L'IA DANS UN PRÉSENT IMMINENT, EN PRIVILÉGIANT UN RETOUR TERRAIN. EN EFFET, LES IA SONT RÉGULIÈREMENT ABORDÉES DANS LE SECTEUR DE LA DÉFENSE AVEC UN REGARD SUR LE COMMANDEMENT, SANS TOUJOURS ÉVOQUER LES DYNAMIQUES POUR LES PLANS OPÉRATIONNELS ET TACTIQUES.

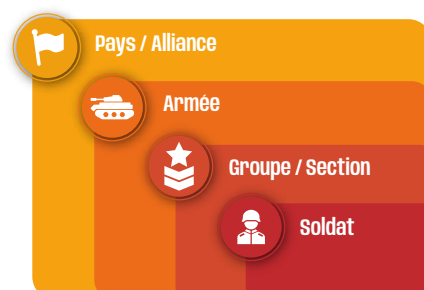
UN REGARD SUR LE PRÉSENT IMMINENT

Pour éclairer les décisions et apporter des pistes de réponses, nous adopterons un regard sur le présent imminent, avec un horizon prospectif de 3 à 5 ans pour deux raisons principales. Premièrement, l'effervescence de la période actuelle implique de décrypter et de clarifier le présent. Deuxièmement, étant donné les rythmes d'évolution des technologies d'intelligence artificielle, regarder à une échelle de plusieurs années sur les capacités de celles-ci serait trop hasardeux.

Ainsi, nous nous exprimons la plupart du temps au présent, conditionnel ou indicatif, pour faciliter la lecture.

UNE APPROCHE "AU CONTACT" DU TERRAIN

Pour aborder cette question de l'IA, nous nous sommes focalisés sur le fantassin et ses parties prenantes directes, notamment les échelons supérieurs appelés groupe et section². Si les périmètres de commandement ou politique sont incontournables pour aborder la question dans son ensemble, ils nous éloignent dans cette étude des problématiques vécues sur le terrain par les soldats. Nous les avons néanmoins mentionnés par moment pour donner de la perspective à notre propos.



UN FOCUS SUR LES FORCES TERRESTRES ET L'INFANTERIE

Nous avons exclu de nos réflexions les forces aériennes, la Marine, les services de renseignement ou l'état-major. Dans nos recherches, nous nous sommes appuyés sur des témoignages, des articles de recherche et des médias concentrés sur l'infanterie et plus particulièrement le rôle du fantassin.

2 / En France, le groupe est constitué de 7 à 15 personnes. La section d'une quarantaine de personnes. L'Armée suisse suit les mêmes ordres de grandeur.

DÉTOURAGE

DÉTOURAGE DU SUJET

ABORDER LA QUESTION DE L'IA ET DU FANTASSIN IMPLIQUE DE CLARIFIER PRÉALABLEMENT CERTAINES NOTIONS ET DE REPOSITIONNER LE SUJET PAR RAPPORT AUX TRAVAUX EXISTANTS.

LES SIA PLUTÔT QUE LES IA

Nous privilégions la dénomination “systèmes d’IA”, ou “SIA”. En effet, l’absence de définition partagée et de consensus sur le contenu même de la notion ainsi que la très forte charge symbolique de l’expression « intelligence artificielle » qui renvoient à des rêves ou des fictions plus qu’à des réalités actuelles. D’après l’étude mentionnée¹, “les SIA incluent des systèmes dont les règles de fonctionnement sont paramétrées explicitement par l’Homme mais qui disposent d’une certaine latitude pour déterminer la solution satisfaisante ou optimale d’un problème complexe”. Notons cependant que les intervenants interrogés utilisent l’expression IA ou intelligence artificielle, par facilité de langage.

DES CONNEXIONS ENTRE IA, DRONES ET ARMES AUTONOMES

La dimension croisée entre les armes autonomes, l’IA, les drones, est prise en compte dans ce développement. En effet, en utilisant des SIA, le soldat inclut dans son travail toutes les solutions technologiques qui l’entourent², comme des essaims de drones ou des véhicules connectés, qui peuvent être des véhicules blindés ou plus légers pour partir en reconnaissance par exemple. Dans une vidéo, les armées australiennes présentent les capacités de véhicules autonomes sur le terrain des opérations³.

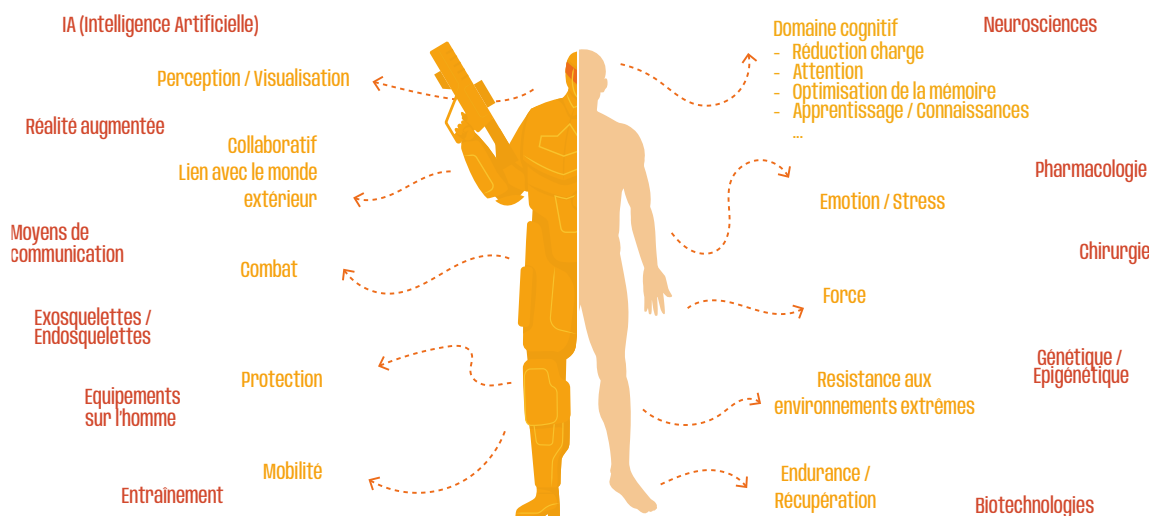
“LA MORT COMME HYPOTHÈSE DE TRAVAIL”⁴

Dans le métier de fantassin, peu importent les choix technologiques, la base du métier reste la même : au péril de sa vie, défendre sa Nation en réalisant la mission attribuée. Ainsi, la guerre “zéro mort” reste un mythe, car la place de la mort est justement structurante dans tout conflit. “Les guerres « zéro mort » ne présentent pas seulement la caractéristique de ne point susciter l’opprobre, ce dont personne ne se plaindra. Elles portent aussi en germe un risque de « délégitimation » de l’action armée⁵.” De même que le coût humain est un élément essentiel pour parvenir à la paix, comme l’explique le maître de conférences en science politique Pierre Bourgois : “La guerre doit rester « humaine » pour que sa fin puisse être envisagée. Une guerre sans perception de la dimension dramatique qui l’entoure est une guerre qui devient un jeu... La guerre doit toujours arborer cet aspect dramatique.”

L'IA, UNE PARENTÉ AVEC LE SOLDAT AUGMENTÉ

L’intelligence artificielle rentre directement dans les problématiques du soldat augmenté, parmi d’autres innovations technologiques, voire biologiques. Mais dans ce travail, nous excluons cette dimension globale de soldat augmenté, pour nous concentrer sur la problématique des SIA qui font partie de cet ensemble.

TYPES D'AUGMENTATION & MOYENS D'AUGMENTATION



1 / « Intelligence artificielle et action publique : construire la confiance, servir la performance », CONSEIL D'ÉTAT.

2 / « Drones, robots, IA... des armes de plus en plus autonomes ? Épisode • 2/4 du podcast «La guerre hors de contrôle ? », France Culture.

3 / RICO, Autonomous and Uncrewed Systems Demonstrations, 8 novembre 2023.

4/ Expression empruntée au titre du livre “Sous le feu. La mort comme hypothèse de travail”, Michel Goya, Éditions Tallandier, 2014, 266 pages

5 / J. Guisnel, « Le désintérêt du grand public » CAIRN.INFO



MÉTHODOLOGIE DE RECHERCHE

COMMENT TRAITER UN SUJET QUI À LA FOIS FAIT L'ACTUALITÉ, ET S'ANCRE DANS DES TENDANCES LOURDES DES TECHNOLOGIES ET DE LA DÉFENSE ? PAR UNE APPROCHE DE RECHERCHE HYBRIDE, ET UN TRIPLE REGARD.

TROIS ANGLES DE VUE COMPLÉMENTAIRES

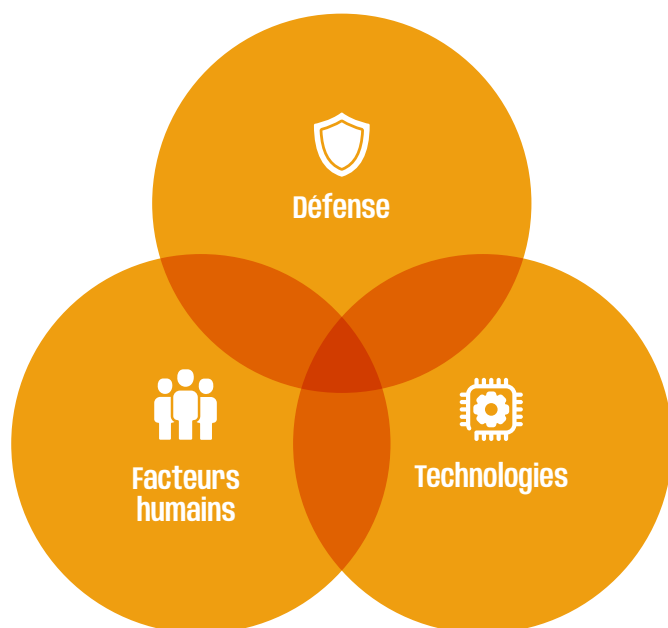
Nous sommes appuyés sur une approche qualitative pour explorer ce sujet multi-dimensionnel en combinant 3 angles via des interviews avec des chercheurs, experts ou praticiens (durée 1h à 2h30) :

Défense : cas d'usages, interactions avec le groupe et le commandement, contexte de missions, formation, développement d'innovations

Facteurs humains : ergonomie, aspects cognitifs, apprentissage, relation à la machine (et interface homme/machine), éthique

Technologies : faisabilités et capacités, enjeux actuels et évolutions futures, énergie

Notons que l'aspect législatif est un angle mort volontaire de notre étude. Les projets de réglementations sont nombreux et très disparates d'un pays à l'autre, ce qui aurait nécessité une quatrième expertise pour un aspect moins prioritaire de cette étude.



DÉROULÉ DE L'ÉTUDE

L'exploration du sujet s'est déroulée entre avril et novembre 2023 avec des phases de recherche documentaires, créatives, d'interviews menés en parallèle.



Note : Les sources numériques consultées pour l'étude ont été vérifiées le 16 novembre 2023. Par commodité, la date de consultation n'a pas été écrite sur toutes les références.

PERSONNES CONSULTÉES

Nous tenons à remercier chaleureusement toutes les personnes qui nous ont aidés dans cette étude en apportant leur regard singulier, leurs expertises et expériences.

Pour garder une certaine confidentialité des échanges, nous n'avons pas fait la correspondance entre l'auteur et la citation (les citations non sourcées proviennent des entretiens). De plus, nous avons cherché à conserver une certaine oralité du langage en gardant intactes les citations



A.Y. : ingénieur en conception de matériel de défense. Travail antérieur sur des systèmes embarqués militaires. Actuellement sur des capteurs aéronavals et offshore.



Jonathan Milgram : Ingénieur R&D chez The Grizzly Labs (Genius Scan) et précédemment chez Safran Morpho et Orange. Spécialiste en deep learning, traitement d'images et biométrie. Titulaire d'un PhD en informatique dont la thèse portait sur le machine learning.



Albert Blarer : ingénieur de recherche à Armasuisse, spécialisé sur les l'IA, le machine learning et les essais. Docteur en biomathématiques.



Michel Wozniak : consultant, formateur et coach. Spécialisé sur le rapport entre les intelligences humaines et les machines. Ancien chef de projet sur des sujets stratégiques et complexes dans l'industrie.



Etienne Guerry : co-fondateur de l'AgenceProton. Travaille de manière créative sur les stratégies et la prospective d'entreprise à forte composante technologique.



Nicolas Nova : professeur et chercheur à la Haute École d'Art et de Design de Genève, spécialisé dans les domaines de l'anthropologie et du design, avec un focus sur les mutations insufflées par les technologies numériques et la crise environnementale. Co-fondateur du Near Future Laboratory, acteur pionnier du design fiction.



Gérard de Boisboissel : ingénieur de recherche au Centre de recherche de l'Académie militaire de Saint-Cyr Coëtquidan (CReC) et directeur de l'observatoire Enjeux des nouvelles technologies pour les forces armées.



Pierre Bourgois : maître de conférences en science politique à l'Université catholique de l'Ouest (UCO, Angers) et membre de l'équipe Stratégie, État et Recherche de la Paix (SERP). Spécialisé, entre autres, sur le transhumanisme, le soldat augmenté et l'éthique de la guerre.



Jean-Pierre Maulny : directeur adjoint de l'Institut de relations internationales et stratégiques (IRIS), spécialisé sur les questions de défense et d'armement.



Thierry Berthier : chercheur associé au CReC - Académie Militaire de Saint-Cyr Coëtquidan, spécialisé dans l'intelligence artificielle et la cyberdéfense. Pilote du groupe «Sécurité IA Robotique» du Hub France IA et directeur scientifique de la Fédération professionnelle européenne Drone4Sec.

LE SOLDAT ET L'IA GÉNÉRATIVE

Com

LE SOLDAT ET L'IA GÉNÉRATIVE



PRENDRE L'IA

L'IA, C'EST QUOI ?

COMME MENTIONNÉ PRÉCÉDEMMENT, NOUS PRIVILÉGIONS LE TERME DE SYSTÈME D'IA (SIA) POUR ÉVITER LA CHARGE SYMBOLIQUE DU TERME "INTELLIGENCE ARTIFICIELLE". NÉANMOINS, IL CONVIENT DE S'ATTARDER SUR CETTE DISCIPLINE POUR COMPRENDRE SES SPÉCIFICITÉS ET SES ÉVOLUTIONS.

L'INTELLIGENCE ARTIFICIELLE : UNE DÉFINITION À ÉCRIRE, DES USAGES AVÉRÉS

À l'heure actuelle, il n'y a pas de consensus scientifique à l'échelle internationale pour définir ce qu'est une intelligence artificielle. Cela pourrait se définir par une discipline qui cherche à développer des machines qui peuvent simuler l'intelligence humaine, c'est-à-dire des machines qui peuvent percevoir des choses, apprendre, raisonner, planifier et résoudre des problèmes¹. Depuis plus de 60 ans, l'histoire de l'IA accompagne celle de l'informatique et se décline en applications pour les particuliers et les entreprises. Par exemple, nos smartphones utilisent des briques d'IA pour des usages variés comme la transcription oral-écrit, la saisie intuitive, les assistants virtuels, l'optimisation des photos, etc.

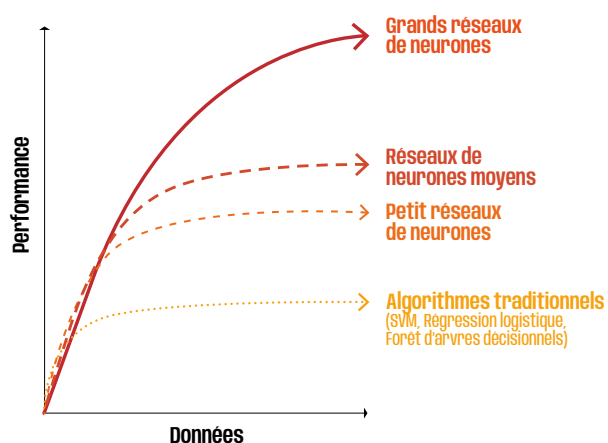
POUR CRÉER UNE IA, QUELS SONT LES INGRÉDIENTS ?

Si l'on devait simplifier à l'extrême, nous pourrions dire qu'un système d'intelligence artificielle (SIA) est constitué de quatre éléments principaux :

Les données : elles alimentent les algorithmes² d'apprentissage. Plus elles sont nombreuses, de bonne qualité, et relatives au contexte d'usage, mieux c'est pour l'algorithme d'apprentissage. Actuellement, de grands corpus de données issus de livres ou du web (par exemple, Common Crawl) sont disponibles pour les chercheurs et les entreprises.

Les algorithmes d'apprentissage machine : c'est un moteur complexe de règles, de calculs et de statistiques qui évoluent en fonction des données ingérées. Ce moteur effectue un entraînement par lequel il passe par des apprentissages en couches successives pour améliorer pertinence et rapidité des réponses. Il apprend de façon autonome, supervisée ou semi-supervisée par un humain. Après cet entraînement, il devient alors un modèle, relativement figé, à moins qu'il ne reçoive des compléments d'apprentissage ou qu'il n'auto-apprenne. Plus le modèle a de paramètres, c'est-à-dire de capacité à prendre en compte des données nombreuses, plus ses réponses seront précises et variées. Notons que

chaque modèle, en fonction de son architecture, plafonne en performance à partir d'un certain seuil en fonction de la richesse des données³ (voir ci-dessous).



La puissance de calcul : elle est essentielle pour accélérer l'apprentissage de l'algorithme et obtenir des réponses rapides. Utiliser un ordinateur personnel pour former GPT-3 aurait pris 300 ans. C'est pourquoi les acteurs de l'IA utilisent des datacenters équipés de processeurs spécifiques pour ces apprentissages (GPU). Depuis 2012, la puissance de calcul double tous les 3-4 mois, alors qu'auparavant elle doublait tous les deux ans (selon la Loi de Moore). Cette explosion de la puissance de calcul, combinée aux nouvelles avancées de la recherche et à l'hypercroissance de la masse de données, a favorisé l'émergence des nouveaux modèles d'intelligence artificielle qui font l'actualité.

L'expertise humaine : l'IA est le résultat de l'intelligence humaine combinée aux composantes informatiques précédemment citées. Cette expertise est nécessaire pour concevoir les modèles et pour aider à leur apprentissage (apprentissage supervisé). De plus, les résultats des modèles d'intelligence artificielle sont exploitables dans la vie humaine parce que des personnes savent utiliser ces résultats.»

1 / M. Notter, C. Luebke, & C. Dietrich, «Qu'est-ce que l'IA ?», That's AI,



2 / A. Miribel, «Les éléments au cœur de l'ia», That's AI.



3 / « L'IA tend à centraliser la prise de décisions et le pouvoir, et c'est un problème », Brynjolfsson et Ng, p.71-94, dans "Angles morts de la gouvernance de l'IA".



COMPRENDRE

LES USAGES ACTUELS DES SIA

Dans la majorité des cas, les SIA sont bien plus performants que l'humain pour accomplir des tâches spécifiques comme détecter un cancer dans une radiographie, reconnaître des visages, analyser un marché financier, etc.

En somme, ils effectuent à un coût moindre, avec moins d'erreurs et plus rapidement des tâches d'analyse, de diagnostic, d'organisation de l'information. D'où l'appétence des entreprises pour ces technologies. Mais, l'humain, par sa polyvalence et sa capacité à utiliser les SIA pour accomplir certaines tâches n'est pas déclassé pour autant.

Nous en sommes là :

IA faible

Une IA à laquelle on apprend à réaliser une tâche très spécifique



Jouer à des jeux



Détection de fraude



Voitures autonomes



Reconnaissance d'image



Analyse de marché



Diagnostics médicaux

“

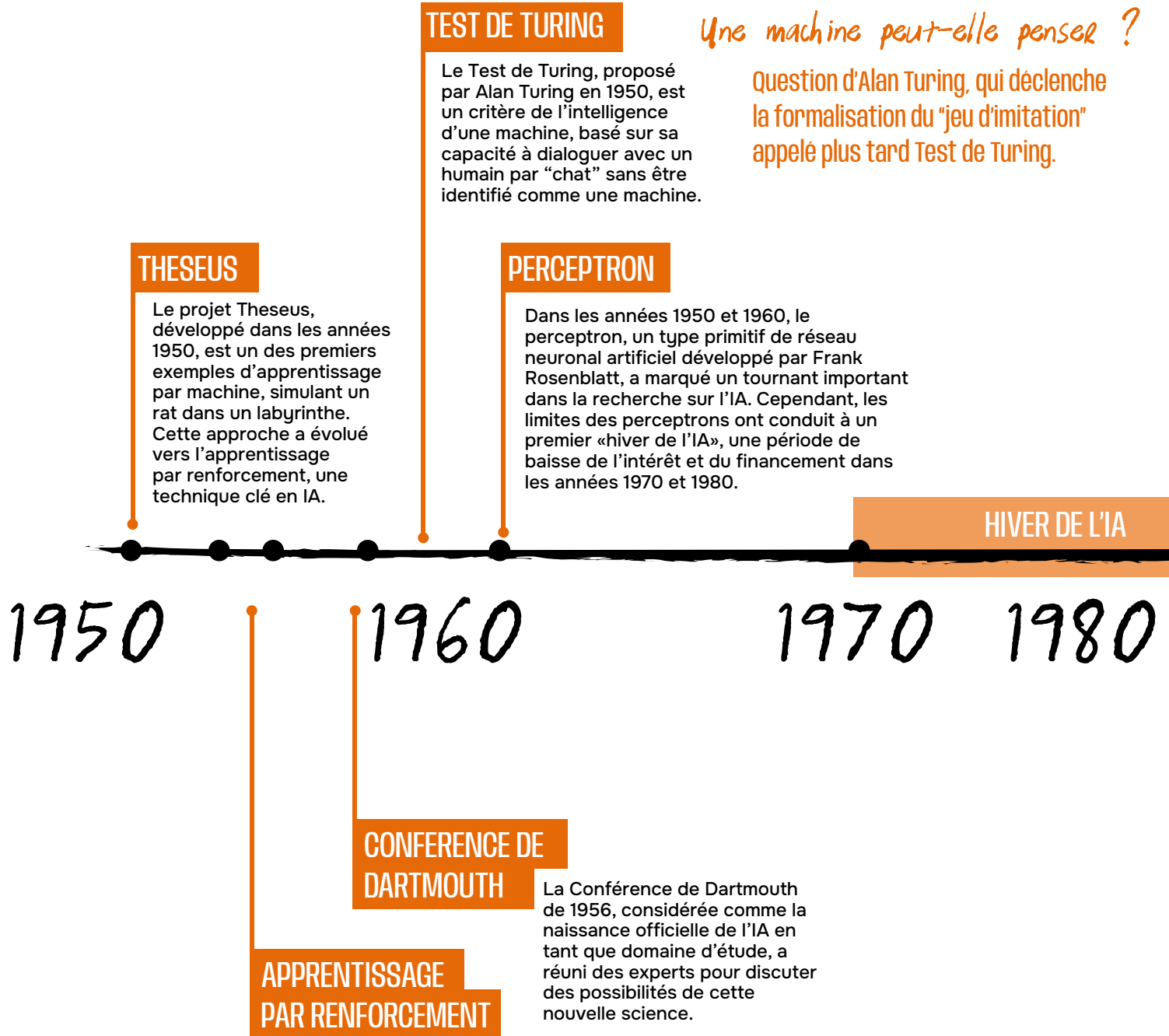
La plupart des chercheurs en IA ont abandonné l'espoir initial de l'intelligence artificielle générale, se tournant plutôt vers la résolution de tâches très spécialisées, souvent avec un succès spectaculaire.

”

Margaret Boden (2016)

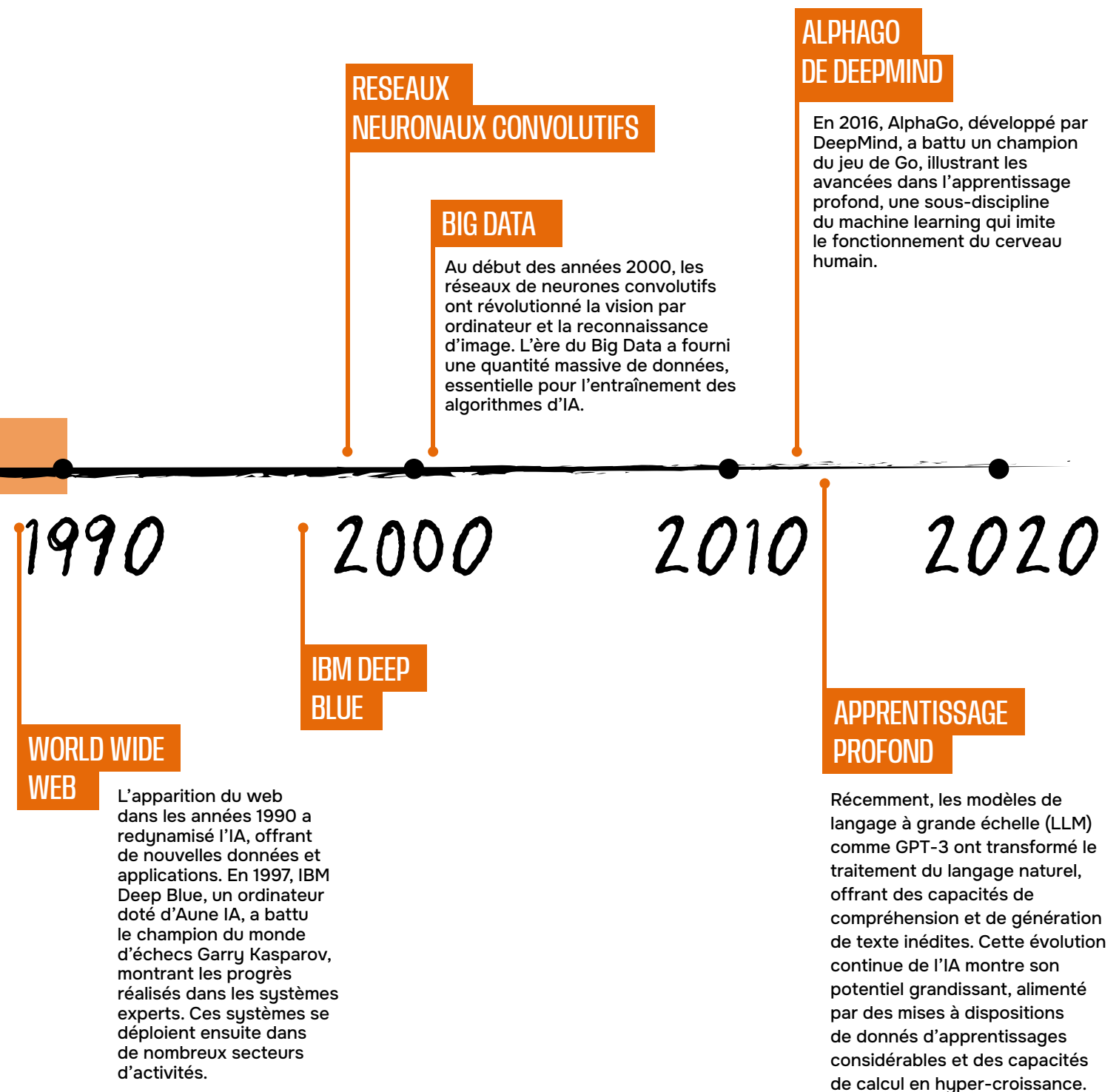


UNE BRÈVE HISTOIRE DE L'IA



L'INTELLIGENCE ARTIFICIELLE EST UNE DISCIPLINE QUI DÉCOULE DES TRAVAUX EN INFORMATIQUE ET CRYPTOGRAPHIE MENÉS PENDANT LA SECONDE GUERRE MONDIALE, DONT THESEUS ET LE TEST DE TURING.

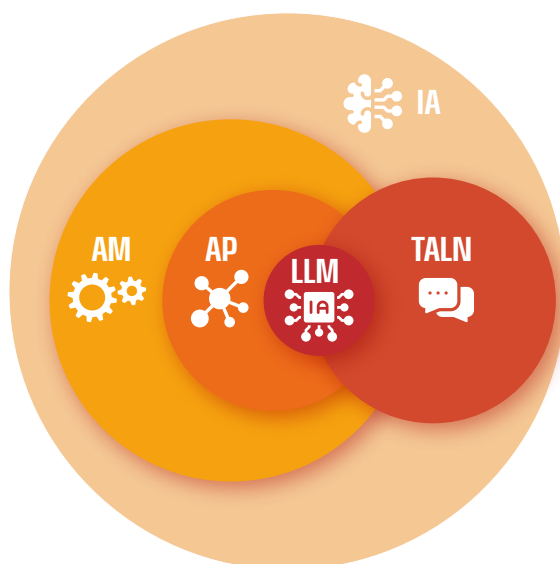
HISTOIRE DE



ENDRE L'IA

MACHINE LEARNING, DEEP LEARNING, LLM ?

LE VOCABULAIRE DE L'IA SEMBLE COMPLEXE DE PRIME ABORD. POUR COMPRENDRE LE SUJET, NOUS ALLONS NOUS ATTARDER SUR QUELQUES TERMES ESSENTIELS.



Intelligence Artificielle (IA)



Apprentissage Machine (AM)



Apprentissage profond (AP)



Traitement automatique du langage (TALN)



Modèle de langage à grande échelle (LLM)

AI

Intelligence artificielle (Artificial Intelligence) : discipline qui cherche à développer des machines qui peuvent simuler l'intelligence humaine, c'est-à-dire des machines qui peuvent percevoir des choses, apprendre, raisonner, planifier et résoudre des problèmes.

NLP

Traitement du langage naturel (Natural Language Processing) : domaine de l'IA axé sur l'interaction entre les ordinateurs et le langage humain, visant à comprendre et interpréter le langage naturel des humains. Cette interprétation peut être traduite en instructions.

ML

Apprentissage machine (Machine learning) : branche de l'IA où les machines apprennent à partir de données pour améliorer leurs performances dans une tâche spécifique sans être explicitement programmées en utilisant des approches mathématiques comme les arbres de décisions ou les régressions.

DL

Apprentissage profond (Deep Learning) : sous-ensemble de l'apprentissage machine utilisant des réseaux de neurones profonds pour analyser différents facteurs avec une structure similaire à celle du cerveau humain. Les approches les plus courantes sur les réseaux de neurones convolutif (CNN) ou récurrents (RNN), les GAN (réseau génératif antagoniste) et les transformateurs.

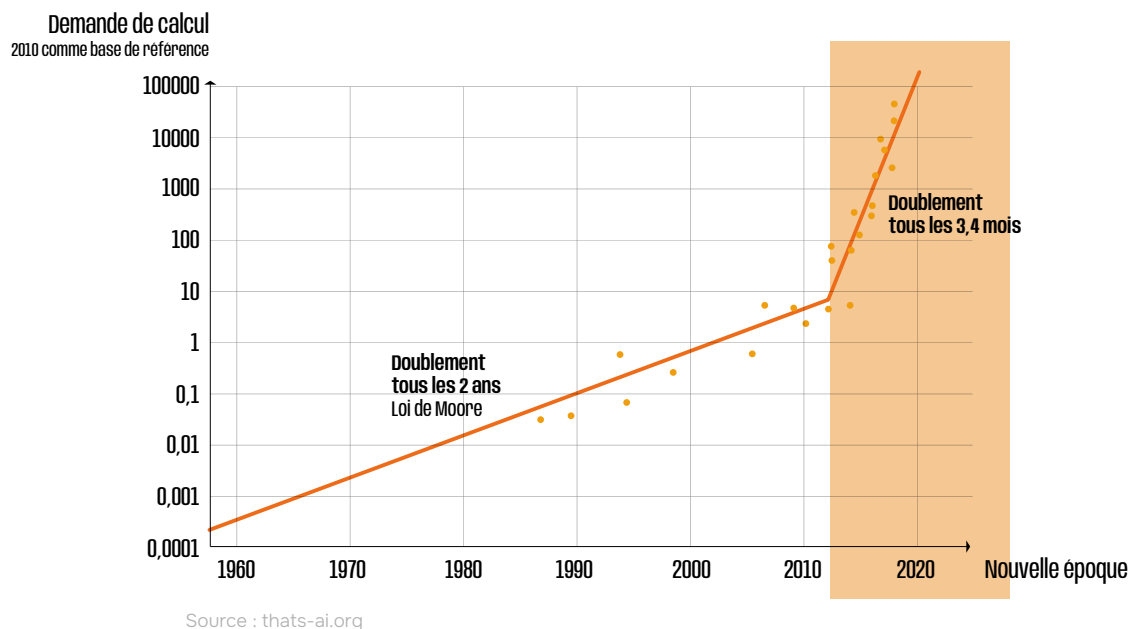
LLM

Modèle de langage à grande échelle (Large Language Model) : modèle d'intelligence artificielle spécialisé dans la compréhension, la génération et la traduction du langage humain à grande échelle, souvent utilisé pour comprendre le contexte et créer du contenu textuel cohérent. Le modèle GPT est le plus connu à l'heure actuelle.

Voir en Annexes pour plus de détails.

COMPRENDRE

UNE RUPTURE DE DEMANDE DE CALCUL POUR ENTRAÎNER LES MODÈLES



UNE COURSE À LA CROISSANCE DES MODÈLES ET PUISSANCE DE CALCUL

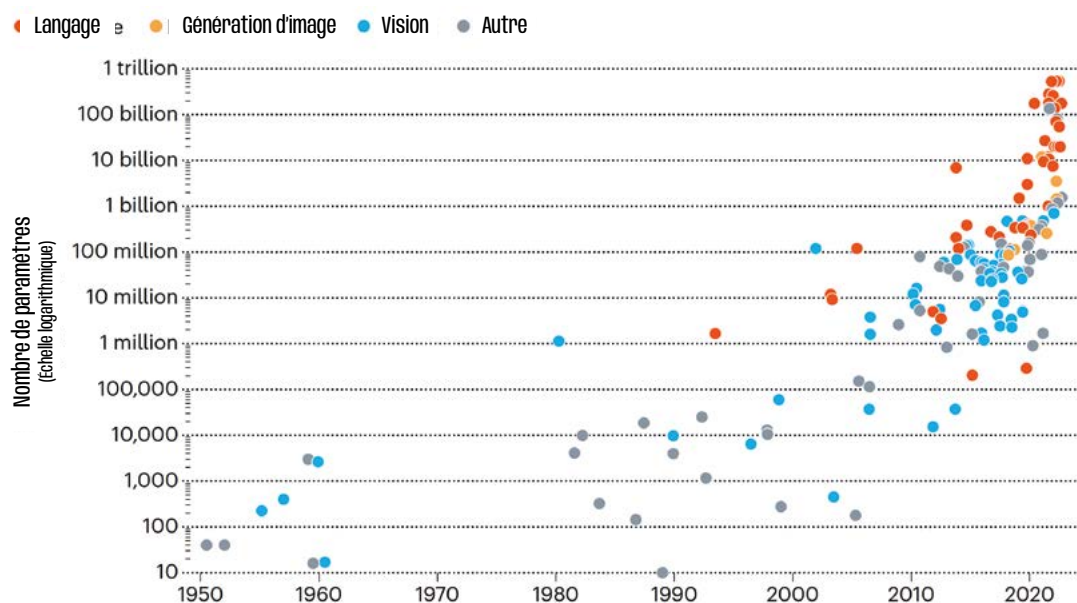
La taille du modèle (nombre de paramètres, en somme le nombre de connexions entre les “neurones”) est un facteur majeur de performance de celui-ci. Grâce à de nouveaux concepts, de nouvelles architectures techniques et de nouvelles capacités de calcul disponible, les modèles ont connu une croissance exponentielle ces dernières années. Cette performance se traduit par une qualité dans les réponses du modèle et déclenche ainsi un nouvel engouement public pour l'IA depuis le lancement de ChatGPT en novembre 2022.

“

Après une phase d'apprentissage (peu importe le modèle), on a une production. Les IA classiques classent des éléments. Les IA génératives vont créer de nouvelles données (LLM et GAN).

”

LA CROISSANCE EXPONENTIELLE DE LA TAILLE DES MODÈLES



Source : Nature, Vol 615, Mars 2023

LES IA GÉNÉRATIVES

LA SORTIE PUBLIQUE DE CHATGPT EN NOVEMBRE 2022 A REMIS LE PROJECTEUR SUR L'INTELLIGENCE ARTIFICIELLE APRÈS UN CALME MÉDIATIQUE SUR LE SUJET. PENCHONS-NOUS UN INSTANT SUR CES MODÈLES QUI SUSCITENT DES DÉBATS ENGAGÉS.

CHATGPT, LE LLM QUI CACHE LA FORÊT

ChatGPT est l'interface conversationnelle d'un modèle de langage à l'échelle (LLM) nommé GPT-3 puis actualisé dans sa version 4 (GPT-4). GPT est l'acronyme de Generative Pre-trained Transformer : c'est une technologie basée sur les modèles de deep-learning transformer datant de 2017. Le modèle est pré-entraîné sur un corpus de textes hétérogènes (données du web, livres, wikipedia, etc.). ChatGPT a été au centre de l'attention, mais d'autres modèles doivent être considéré (Claude, Llama 2, Bloom, etc.).

Les modèles Transformer (dont les LLM) permettent de générer du texte, des images, de l'audio, de la vidéo et de la 3D. Ils sont généralement interrogés à travers un chat via une commande (prompt), et peuvent être couplés à d'autres applications.

LES CAPACITÉS ET FACTEURS CLÉS DE PERFORMANCE D'UN LLM

Un LLM offre des résultats pertinents sur des problèmes qu'il connaît déjà ou sur lequel il a été entraîné¹. Lorsque nous atteignons une limite du modèle, le LLM produit des erreurs appelées hallucinations (contenu faux ou trompeur, présenté comme certain). Concrètement, cette technologie crée des nouveaux contenus en s'appuyant sur son entraînement. Pour une génération de texte, elle détermine la probabilité du mot suivant pour chaque mot généré en fonction de la demande de l'utilisateur. Cette technologie s'auto-évalue en permanence. Elle juge sa propre production de façon statistique, et non d'un point de vue littéraire ou scientifique.

Les LLM se distinguent sur des critères de performance comme : (liste non-exhaustive)

- la pertinence et la cohérence des réponses
- la qualité d'expression et de création (texte, image, audio)
- le pourcentage d'hallucinations
- leurs capacités de personnalisation (fine-tuning)
- le respect de la vie privée
- la longueur du contexte (données en entrée dans le prompt)

QUELLES SONT LES TENDANCES D'ÉVOLUTION DES LLM ?

Plusieurs évolutions semblent se dessiner dans ce marché très jeune où les spéculations sont nombreuses:

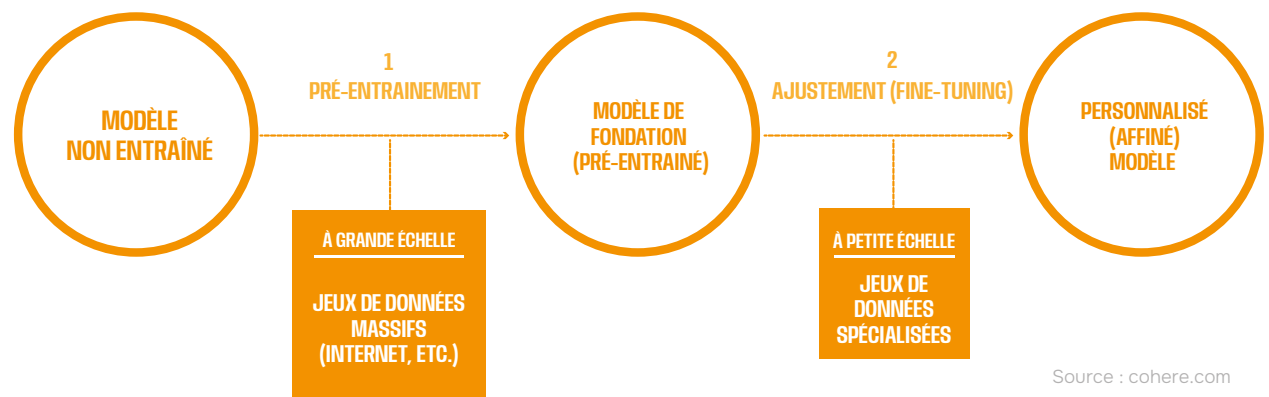
Emergence de nouvelles façons d'interroger les modèles (interfaces génératives, par exemple)

Sophistication des modèles pour plus d'efficacité sur les ressources, ouvrant des perspectives de LLM frugaux sur des appareils mobiles et sans connexion Internet

Couplage des modèles et automatisation de certaines tâches en combinant des applications, notamment via des modèles RAG, qui se connectent à Internet pour enrichir et fiabiliser les réponses (cf. HuggingFace)

Usages partagés à l'échelle d'une équipe ou d'une entreprise

Diffusion massive des modèles open-sources



Source : cohere.com

“ Nous avons tendance à surestimer l'effet d'une technologie à court terme et à le sous-estimer à long terme. ”

Roy Amara (1975)



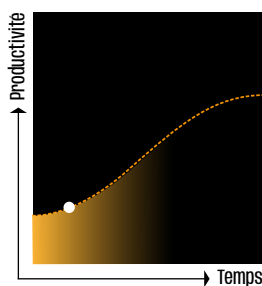


**EVOLUTION POSSIBLE
DE LA PRODUCTIVITÉ
DES IA GÉNÉRATIVES EN
TANT QU'ASSISTANT DE
CONNAISSANCE (LE FUTUR
D'UN LLM)**



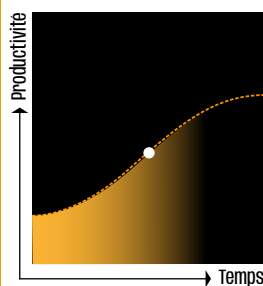
PHASE 1

IA générative générique
(situation actuelle)



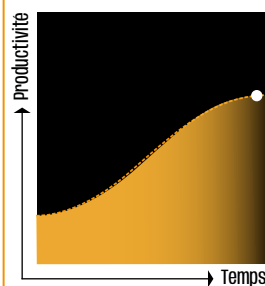
PHASE 2

Modèles sur-mesure avec
accès aux données de
l'entreprise (LLM + RAG)



PHASE 3

Modèles sur mesure qui
agissent pour et au nom de
la personne



PROBLÉMATISER, UN DOMAINE RÉSERVÉ À L'HUMAIN ?

“J’ai passé de longues années à dire qu’il ne fallait pas s’affoler et que l’intelligence artificielle ne représentait pas un grand danger, vu ses faibles performances. Mais les choses ont changé assez brusquement, en deux temps. Premier acte : le triomphe du deep learning. [...] Deuxième acte : les modèles massifs de langage (LLM), apparus en 2018, et dont le monde entier a pu mesurer le potentiel ces derniers temps avec ChatGPT.”

“

Néanmoins, “l’IA est incapable, au moins à l’heure actuelle, de problématiser : elle résout des problèmes, in abstracto, détachés de tout processus de problématisation. [...] De là découlent d’autres différences : l’intelligence naturelle est versatile, en mesure d’effectuer une multitude (virtuellement, une infinité) de tâches, elle est aussi capable de fluidité, de passer sans à-coups d’une tâche à l’autre, de débrayer et de rembrayer selon les inflexions de la situation.

”

Daniel Andler, “La pensée humaine est-elle codable ?”
Philosophie Magazine, Mai 2023

LES CAS D'USAGES DES IA GÉNÉRATIVES

MODALITÉ	DOMAINES D'APPLICATION	CAS D'USAGES CIVILS (EXEMPLES)	CAS D'USAGES MILITAIRES (EXEMPLES)
TEXTE	RÉDACTION DE CONTENU	Création d'e-mails et de publications personnalisés. RH : rédaction de questions d'entretien, descriptions de poste.	Rédaction de rapports de mission et de documentation tactique.
	CHATBOTS OU ASSISTANTS	Utilisation de chatbots pour augmenter la conversion sur les sites web.	Support aux opérations de terrain avec des assistants virtuels pour la communication et la logistique.
	RECHERCHE	Rendre la recherche web plus naturelle, amélioration des outils de recherche internes.	Recherche avancée dans les bases de données de renseignement pour les opérations de surveillance.
	ANALYSE ET SYNTHÈSE	Analyse des interactions avec les clients pour en extraire des informations. Résumé de documents réglementaires.	Compilation d'informations tactiques et synthèse pour décisions.
	GÉNÉRATION DE CODE	Accélération du développement d'applications et amélioration de la qualité avec des recommandations de code automatiques.	Création automatisée de logiciels de malveillants pour les systèmes de défense et de surveillance.
CODE	PROTOTYPAGE D'APPLICATION ET DESIGN	Génération rapide de conceptions d'interface utilisateur.	Conception rapide de prototypes pour les équipements militaires et les simulateurs de terrain.
	GÉNÉRATION DE JEU DE DONNÉES	Génération de jeux de données synthétiques pour améliorer la qualité des modèles d'IA.	Développement de bases de données pour l'entraînement de systèmes numériques et de scénarios tactiques.
	GÉNÉRATEUR D'IMAGES	Marketing et ventes : génération de médias uniques.	Production d'images pour la simulation de reconnaissance aérienne et terrestre. Compilation d'informations tactiques et synthèse pour décisions.
IMAGE	ÉDITEUR D'IMAGE	Marketing et ventes : personnalisation rapide du contenu.	Modification de photos et vidéos pour la formation en reconnaissance et l'analyse de terrain.

Sources : structure du tableau et exemples (McKinsey). Exemples militaires (Le Coup d'Après)

COMPRENDRE

MODALITÉ	DOMAINES D'APPLICATION	CAS D'USAGES CIVILS (EXEMPLES)	CAS D'USAGES MILITAIRES (EXEMPLES)
AUDIO	GÉNÉRATION DE TEXTE EN PAROLE	Formations : création de voix off éducatives.	Rappel des ordres de mission à la demande.
	CRÉATION DE SON	Création de sons personnalisés sans violation des droits d'auteur.	Création de simulations sonores pour s'entraîner à appréhender les sons du terrain d'opération. Traduction en temps réel (si combinaison avec les applications adéquates).
	ÉDITION AUDIO	Montage de podcasts en post-production sans avoir besoin de réenregistrer.	Montage et analyse de signaux audio pour le renseignement et la contre-mesure électronique.
3D	GÉNÉRATION D'OBJETS 3-D	Création de maquettes de design d'intérieur et mise en scène virtuelle pour le design d'architecture.	Modélisation 3D pour la planification opérationnelle et la simulation de scénarios de combat.
	CONCEPTION DE PRODUIT ET DÉCOUVERTE	Fabrication : optimisation de la conception de matériaux. Recherche médicale : accélération du processus de R&D.	Conception et innovation en matière d'équipements et de matériaux pour les besoins spécifiques militaires.
VIDÉO	CRÉATION DE VIDÉO	Formation ou apprentissage : création de leçons vidéo ou de présentations d'entreprise en utilisant des avatars IA.	Production de contenus visuels pour les briefings et la formation à la reconnaissance tactique.
	MONTAGE VIDÉO	Raccourcissement de vidéos pour les médias sociaux, suppression des images de fond et du bruit de fond en postproduction.	Traitement et montage de vidéos pour l'analyse de surveillance et le renseignement visuel.
	TRADUCTION VOCALE ET AJUSTEMENTS	Doublage vidéo : traduction en de nouvelles langues en utilisant des voix générées par IA ou des voix originales.	Traduction en temps réel de communications multilingues pour l'interopérabilité pendant les missions.
	ÉCHANGES DE VISAGES ET AJUSTEMENTS	Effets virtuels : permettant un vieillissement et un rajeunissement rapides, des corrections cosmétiques, des perruques, et des ajustements de prothèses.	Simulation de visages pour la formation à la reconnaissance faciale et la création de scénarios fictifs.

PRENDRE L'IA

LES QUESTIONS ACTUELLES QUE POSE L'IA

FONDATIONS : R&D, MATÉRIEL ET INFRASTRUCTURES

LA DYNAMIQUE DE CONFRONTATION PAR LA R&D

L'affrontement technologique entre puissances s'étend sur le domaine de l'intelligence artificielle. Les États-Unis, la Chine et le Royaume-Uni sont les trois plus gros investisseurs dans ce domaine, suivis d'Israël, du Canada et de l'Inde. "L'Inde se classe au premier rang sur le plan de la pénétration des compétences et de la concentration des talents en intelligence artificielle", soulignent d'ailleurs les autorités canadiennes. En face, les pays européens peinent à peser, malgré les talents dont ils disposent. La prochaine guerre mondiale pourrait être celle des cerveaux : attirer les meilleurs talents, et ainsi prendre un avantage comparatif technologique sur ses compétiteurs.

"Une crainte : que nous ne disposions que des plates-formes américaines ou chinoises, ce qui créerait une dépendance technologique. Nous avons les capacités en R&D, mais nous sommes faibles sur l'industriel. GPT-4 a coûté presque un milliard de dollars. Qui en France peut mettre cette somme ?"

LES RESSOURCES MINIÈRES

Prérequis à l'utilisation de tout matériel électronique, les minerais sont indissociables du développement technologique. S'ils ne représentent pas la finalité du SIA, ils sont nécessaires à la construction de l'infrastructure : qui contrôle ces minerais contrôle in fine les solutions développées. Le projet anatomyof.ai décrypte particulièrement bien cette dimension des ressources matérielles sous-jacente mais essentielle.

"La Chine a mis sous allocation la quasi-totalité du traitement des minerais, il est donc difficile d'avoir des composants souverains. Mais dans le même temps, des pays émergents se replacent dans la compétition face à la Chine."

ÉNERGIE ET ENVIRONNEMENT

Concevoir et faire fonctionner un modèle d'IA demande de ressources en eau (refroidissement des serveurs) et en énergie (calculs), pour les phases d'entraînement du modèle et le fonctionnement de celui-ci. Il faut ajouter à cela l'empreinte de la construction des serveurs.

A titre d'exemple, GPT-4 a demandé pour son entraînement une énergie équivalente à la consommation annuelle de 5000 à 6000 foyers américains. Pour 60 questions/réponses, ce modèle consomme 1 litre d'eau et 120Wh, soit autant qu'un frigo pendant 1 heure.

"Personne n'évoque la question environnementale, étonnant et paradoxale dans un contexte où on essaie de réduire l'empreinte carbone."



USAGES, ÉTHIQUE ET SOCIÉTÉ

EXPLICABILITÉ

Plus un modèle d'IA est performant, moins il est possible d'expliquer la logique d'obtention du résultat (explicabilité). Sans cette "compréhension de [ses] actions", une IA aura des difficultés à être acceptée dans le milieu militaire de certains pays, alors que d'autres n'auront pas ce cas de conscience. Création d'incertitude, impossibilité pour l'humain de reprendre la main, difficulté à interpréter leur raisonnement... autant de difficultés potentielles dans l'usage d'un SIA qui freine son adoption dans des milieux sensibles.

LES IMPACTS SOCIAUX ET SOCIÉTAUX

Les entreprises commencent à peine à utiliser les IA génératives qu'elles s'attendent déjà à des changements majeurs dans leurs pratiques et habitudes. Les conséquences sur l'emploi, donc sociales, peuvent être immenses si l'on en croit les plans de licenciements menés dans certaines entreprises outre-atlantique.

D'un point de vue de la gouvernance, la concentration supplémentaire du pouvoir dans les mains de quelques acteurs technologiques (GAFAM) inquiète les institutions et autorités de régulation.

LE RAPPORT À L'APPRENTISSAGE ET L'ÉROSION DES PRATIQUES HUMAINES

"Le caractère immersif et ubiquitaire de nos appareils numériques rend l'économie de l'attention beaucoup plus puissante et beaucoup plus dangereuse", assure la maître de conférences en philosophie française contemporaine Anne Alombert. Avec ce nouveau matériel intrusif, dur de trouver le temps et la concentration nécessaires à l'apprentissage. En allant encore plus loin : avec un SIA pouvant prendre en charge une tâche auparavant remplie par un humain, la déperdition de connaissance et d'expérience pourrait s'avérer lourde de conséquences à moyen et long terme (comme le montre le pilotage assisté dans l'aviation civile).

"La machine ne raisonne pas, la créativité vient de l'homme. Toutefois, des systèmes trop «intelligents» pourraient brider cette créativité. L'homme doit pouvoir sortir du système et prendre du recul."

Mythe de l'AGI : intelligence artificielle générale



Source : The mounting human and environmental costs of generative AI, Sasha Luccioni (Hugging Face), Ars Technica, 12 avril 2023

"The state of AI in 2023 : Generative AI's breakout year", McKinsey.



"Avec ChatGPT, nous n'exerçons pas nos capacités d'interprétation, de réflexion, de critique et de délibération", Usbek&Rica.



M. Zouinar, "Évolutions de l'Intelligence Artificielle : quels enjeux pour l'activité humaine et la relation Humain-Machine au travail ?"



UNE APPROCHE DE L'IA PAR LES IMAGINAIRES TRADUIT LES QUESTIONNEMENTS DE NOS SOCIÉTÉS. NOUS AVONS CHOISI DE LES CONSIDÉRER SUR DEUX AXES : LE DEGRÉ D'AUTONOMIE DE L'IA (CAPACITÉ D'ACTIONS ET DE DÉCISIONS) ET L'INCARNATION. PAR COMMODITÉ POUR LE LECTEUR, NOUS NOUS SOMMES FOCALISÉS SUR DES FILMS À SUCCÈS EN EUROPE.

INCARNATIO



«Ex Machina» (2014)
avec une certaine a
et d'action, mais tou
contrôlé.

(CAPACITÉS D'ACTIONS/DÉCISIONS)



«I, Robot» (2004) :
font preuve d'initiat
arbitre, mais contrain
restrictions.



«2001, l'Odyssée de HAL 9000, un programme qui exerce un contrôle sur le vaisseau spatial, mais aussi de ses paramètres d'

INCARNATION

COMPRENDRE

N PHYSIQUE



un robot avancé
autonomie de pensée
toujours dans un cadre



«Terminator 2 : le jugement dernier»
(1991) : Les robots Terminator sont des
exemples d'IA avec une forte autonomie
et une présence physique intimidante.



des robots qui
ative et de libre-
ints par certaines



«Ghost in the Shell» (1995) : des
entités cybernétiques avec une forte
autonomie, oscillant entre le physique et
le virtuel.

AUTONOMIE FORTE

(CAPACITÉS D'ACTIONS/DÉCISIONS)



«l'espace» (1968) :
ramme omniscient
considérable sur le
is reste dépendant
de programmation.

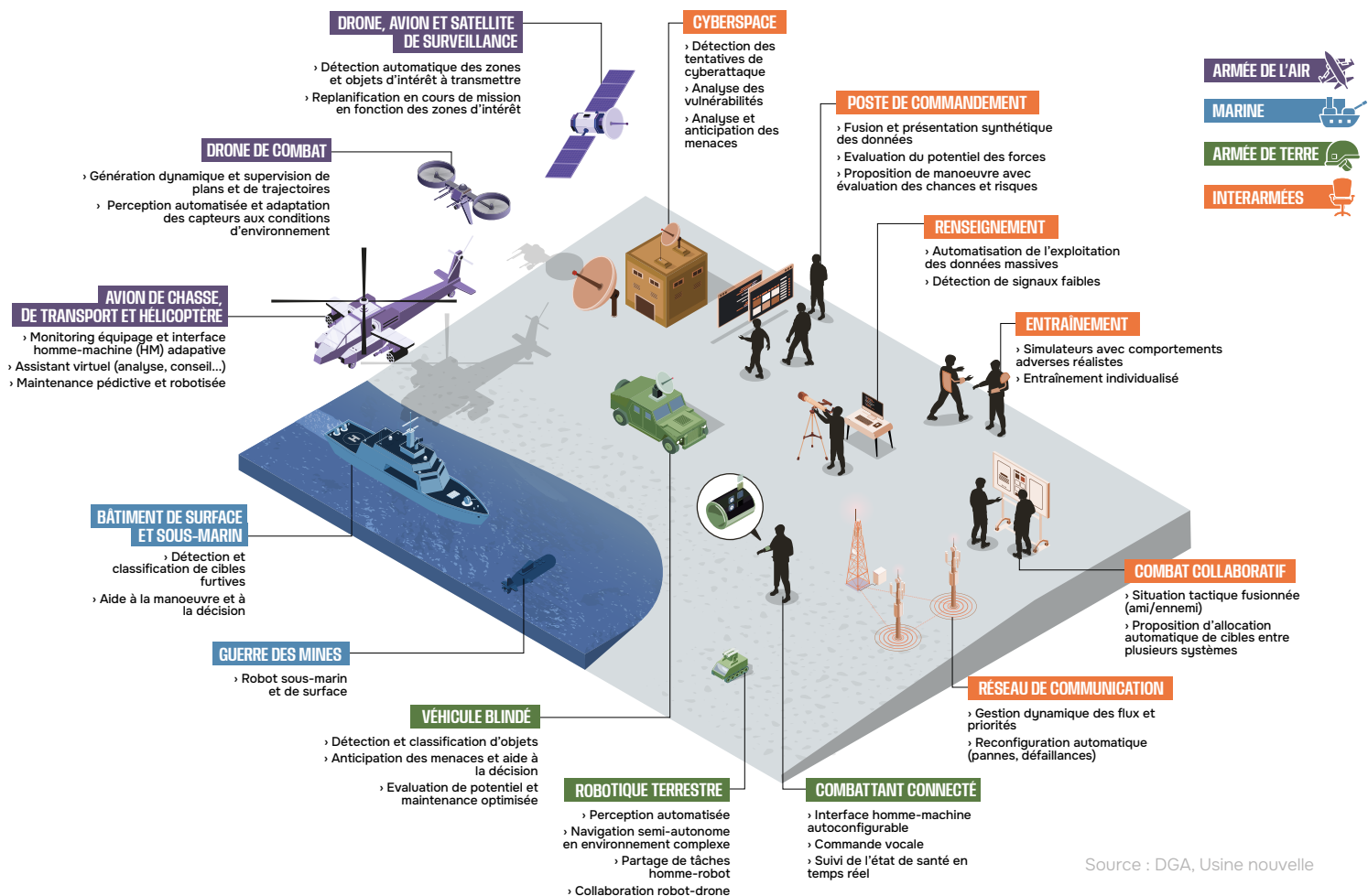


«Programmé pour tuer» (1995) : Un
programme de réalité virtuelle devenant
une entité autonome et puissante.

IMMATÉRIELLE

LA PLACE DES SIA DANS L'ARMÉE AUJOURD'HUI

LES SIA SONT AUJOURD'HUI UTILISÉS SUR LE TERRAIN D'OPÉRATION POUR DE MULTIPLES USAGES DANS LES ARMÉES. POUR COMPRENDRE L'INTÉRÊT ET LES CONTROVERSES DE L'IA APPLIQUÉE AU SOLDAT, LA REMISE EN CONTEXTE GLOBALE EST IMPORTANTE AU PRÉALABLE POUR CERNER L'ÉCOSYSTÈME DANS LEQUEL IL ÉVOLUE.



“ Pour qu'une IA puisse simuler des conflits, elle doit comprendre le fonctionnement de l'adversaire. Par exemple, Poutine est difficile à comprendre. Nous sommes dans le prolongement des relations inter-culturelles. ”

“ Au niveau des dépenses, nous allons vers une massification et le low-cost. C'est crucial dans un conflit. ”

“ Concernant les applications militaires, le discours chinois se veut rassurant, tourné vers la promotion de la paix et du contrôle des armements, y compris en matière d'IA. Il s'agit là d'une rhétorique classique de la part de Pékin, rodée dans d'autres domaines dont celui de la dissuasion nucléaire. ”

COMPRENDRE

LES CONTROVERSES POSÉES PAR L'IA À L'ARMÉE

L'ARRIVÉE DE NOUVELLES TECHNOLOGIES DANS LES CONFLITS SUSCITE SON LOT DE CONTROVERSES, PARTICULIÈREMENT QUAND ELLES ONT POUR FINALITÉ DES DOMMAGES PHYSIQUES. PAR EXEMPLE, "IL EST INTERDIT D'EMPLOYER EN TANT QUE MOYENS DE GUERRE DES FAISCEAUX LASER DE NATURE À RENDRE DES PERSONNES DÉFINITIVEMENT AVEUGLES", EXPLIQUE LA CROIX ROUGE, POUR CETTE TECHNOLOGIE DÉVELOPPÉE DANS LES ANNÉES 1980. QUELLES PROBLÉMATIQUES POSE ALORS L'APPARITION DES SIA DANS LE QUOTIDIEN DES ARMÉES, SUR L'ARMEMENT, L'INTEROPÉRABILITÉ ET LES COOPÉRATIONS ? AVEC QUELS ENJEUX ?

SIA - ARME DE DESTRUCTION MASSIVE ?

L'IA n'a pas la même dimension élitiste que le nucléaire, de par les coûts nécessaires pour être opérationnelle, ainsi que le degré de dissuasion qu'elle engendre. Mais les SIA font tout de même peser des menaces sur les systèmes d'information et infrastructures, en particulier civils. Ce sont des cibles que certains pays ne s'empêchent pas d'attaquer (cf. conflit russo-ukrainien).

Comment se prémunir de ces attaques qui risquent d'être toujours plus nombreuses, massives et puissantes ?

SOUVERAINETÉ OU ACHAT SUR ÉTAGÈRE

Choix stratégique, politique et même géopolitique : l'acquisition d'armement révèle la volonté des États en terme de souveraineté (ou choix de dépendance). Ainsi, avec ce nouveau type de système, nous pouvons imaginer que des pays développant leurs propres solutions souhaiteront les vendre pour amortir les coûts de développements conséquents.

Dès lors, quel choix faire pour un pays qui veut se doter de SIA génératifs pour appuyer leurs fantassins ? Une solution sur étagère sera-t-elle proposée, faut-il développer ses propres modèles avec les risques que cela comporte sur l'efficacité, ou encore travailler à partir de modèles open source ?

GUERRE DE L'INFORMATION

La production de contenus éditoriaux avec des SIA, en masse et rapidement, favorise les États utilisant l'information comme outil de déstabilisation. Si la réglementation ne fonctionne pas, les États vulnérables à ce type de désinformation devront muscler leurs dispositifs de défense et riposte, sous peine d'être mis en difficulté. De plus, la récolte d'informations est facilitée et peut permettre de prendre un avantage décisif sur les aspects tactiques et opérationnels.

Dans quelle mesure faut-il mobiliser les populations civiles face à ce risque ? Quel rôle pour l'armée dans ce domaine informationnel ?

“

Nous avons perdu beaucoup dans la bataille de la souveraineté. Dans les smartphones, nous avons tout donné aux États-Unis. Dans le monde militaire, nous essayons en revanche de garder nos données. Une autre problématique sera l'interopérabilité avec les États-Unis, qui poussent pour imposer leurs systèmes et leurs données dans le cadre de l'OTAN. Car la souveraineté s'arrête où l'interopérabilité commence. Allons-nous vers une Europe de la défense numérique ? Généralement, la coopération se passe bien à deux pays. Au-delà de trois, il n'y a pas de confiance...

”

1 / P. Réal, "L'intelligence artificielle et ses applications : un défi stratégique pour la France".



“

Un militaire n'utilisera pas une machine dont il ne maîtrise pas l'exécution, mais un terroriste n'aura pas cette restriction.

”

Gérard de Boisboissel

Ingénieur de recherche au Centre de recherche des écoles de Saint-Cyr Coëtquidan (CREC)



AUTONOMIE, CRITICITÉ ET ÉTHIQUE

LA VISION DE L'ÉTHIQUE VARIE SELON LES PAYS ET LES ARMÉES : LES RÈGLES APPLIQUÉES NE SONT DONC PAS LES MÊMES LORS DES CONFLITS, BIEN QU'ENCADRÉES INTERNATIONALEMENT. EN DÉCOULENT DES RÉPERCUSSIONS SUR LE DEGRÉ D'AUTONOMIE ACCEPTÉ PAR CHAQUE ARMÉE SUR SON MATÉRIEL, AINSI QUE LE SEUIL DE CRITICITÉ LIMITE EN VIGUEUR. LE SOMMET DE BLETCHLEY PARK¹ (DÉBUT NOVEMBRE 2023) A RÉUNI CHEFS D'ENTREPRISE, EXPERTS ET POLITIQUES POUR PARLER "DES DANGERS SUSCITÉS PAR LES PROGRÈS EXPONENTIELS DE L'IA²."

HUMAN AND "THE LOOP"

La place de l'humain et le degré d'autonomie laissés à la machine varient selon les pays. La boucle OODA (ou OODA Loop) est au centre de toutes les organisations, dont l'armée. Observation, Orientation, Décision, Action : toute la question est de savoir où y placer un SIA, quels enjeux, impacts, effets. Quatre cas se distinguent³ :

Human in the loop (HITL) : capable d'intervenir dans chaque cycle de décision d'un système

Human on the loop (HOTL) : surveiller et intervenir dans le cycle de conception d'un système

Human out of the loop (HOOTL) : capable de fonctionner sans intervention humaine

Human in Command (HIC) : capable de superviser tous les aspects d'un système d'intelligence artificielle

Où placer l'humain pour rester efficace et puissant face aux compétiteurs ? Comment faire ce choix, qui engage directement l'intégrité physique des soldats au front ?

SALA, SALIA, SALSALSA

Les systèmes armés létaux autonomes (SALA) suscitent des débats, liés à certains pays optant pour l'absence totale d'humain dans la chaîne de décision pour gagner en rapidité. À la différence des SALIA (systèmes d'armes létaux intégrant de l'autonomie) et SALSALSA⁴, (systèmes d'armes létaux semi-autonomes), qui gardent une partie contrôlée par l'humain.

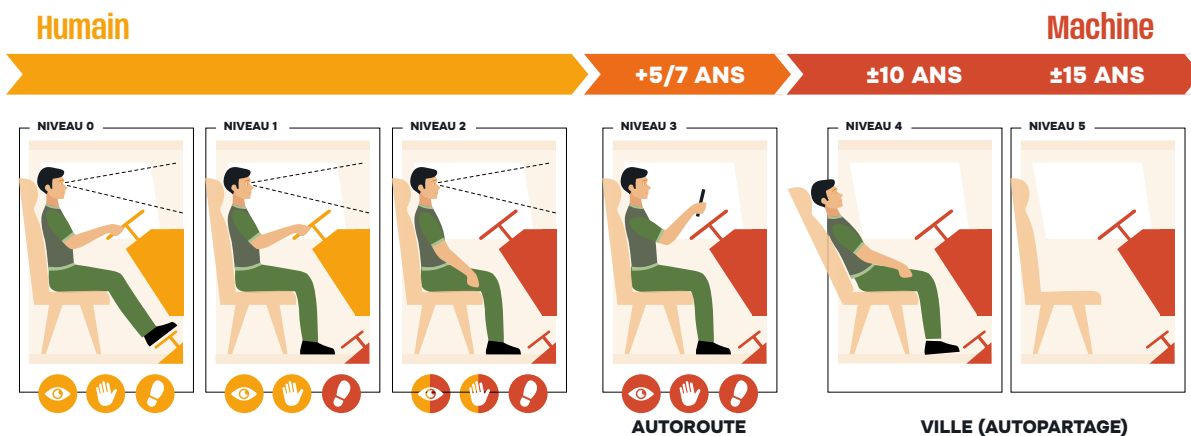
Dès lors, comment élaborer des normes internationales alors que les pays n'ont pas les mêmes problématiques éthiques ?

DÉSHUMANISATION DE LA GUERRE

Les nouvelles technologies dans la guerre peuvent amener une déshumanisation sur certains aspects : la distance, la puissance asymétrique de feu, ou l'incapacité à se défendre face à elle. Pour certaines armées, l'éthique du soldat réside dans le fait de donner la mort, d'y être exposé et pouvoir la recevoir lui-même : "Les militaires ont le pouvoir exorbitant d'exercer la force, de donner la mort tout en acceptant le risque de la recevoir."⁵

Un SIA participerait-il à une dissymétrie tellement importante qu'il faudrait y renoncer ? Cette avancée technologique, et la gestion de l'information qu'elle sous-tend, serait-elle une rupture, de nature à défaire l'ennemi, et de quelle manière ?

ILLUSTRATION DES NIVEAUX D'AUTONOMIE DANS LE SECTEUR DES TRANSPORTS



Source : Gartner

1 / « IA : ce qu'il faut retenir du premier sommet mondial », L'Express.



2 / « L'intelligence artificielle et ses applications : un défi stratégique pour la France ».



COMPRENDRE

VERS UN CONFLIT DÉCLENCHÉ PAR SIA INTERPOSÉS ?

Un officier russe avait, en pleine guerre froide (1983), fait preuve de sang froid en refusant de croire son système informatique qui lui indiquait une attaque de missiles américains. Avec le recul et la projection sur l'usage d'un SIA, la vitesse d'analyse et de réponse de ce dernier pourrait faire craindre une difficulté de compréhension du contexte global, et une absence d'intuition de l'humain.

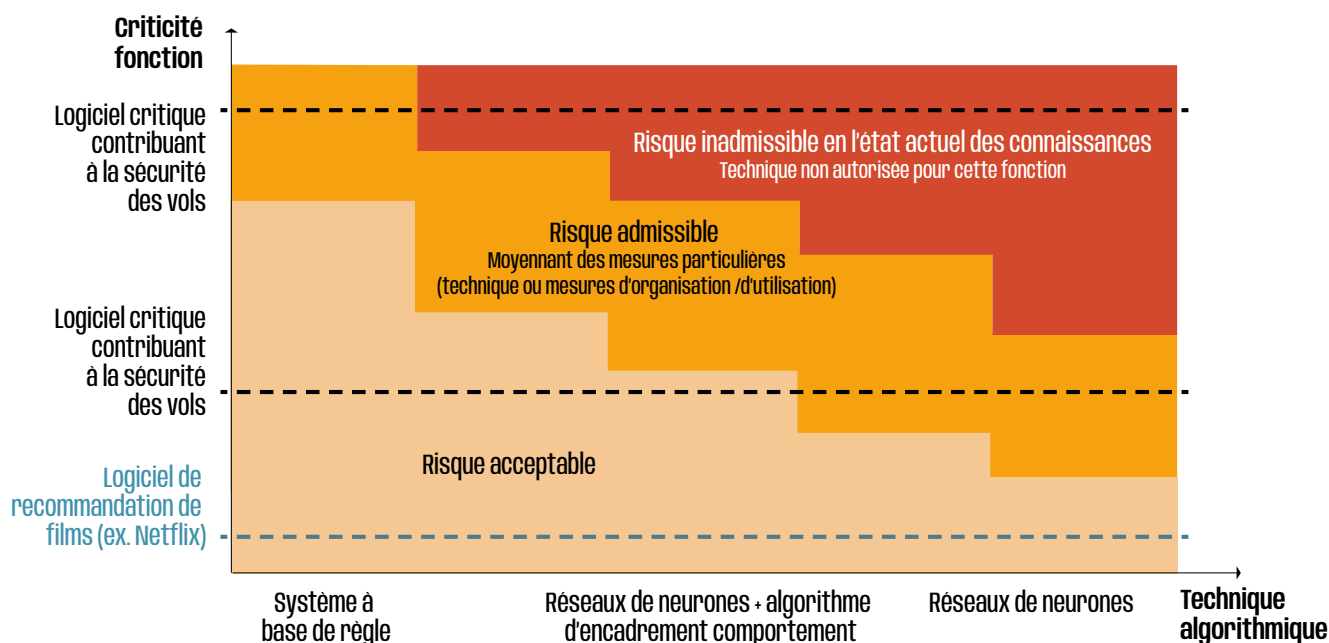
L'utilisation de SIA, pour un seul ou les deux adversaires, pourrait-elle déboucher sur le déclenchement d'un conflit ouvert ?

“

Il y a une vraie abondance de données satellites. Mais aussi aujourd'hui, nous faisons face à une vraie problématique : comment avoir le temps de regarder et traiter tout ce qui nous arrive. On peut comprendre beaucoup à condition qu'on puisse traiter beaucoup.

”

NIVEAU DE RISQUES DES TECHNOLOGIES ALGORITHMIQUES À BASE D'IA EN FONCTION DE LA CRITICITÉ DE LA FONCTION.



Source : Rapport de la Task Force IA, Septembre 2019

3 / Human Where? A New Scale Defining Human Involvement in Technology Communities from an Ethical Standpoint. Marc Anderson, Karén Fort. International Review of Information Ethics, 2022, 31 (1),



4 / « Plaidoyer pour les Salsa », G. de Boisboissel.



5 / « L'emploi de la force doit dépasser le simple exercice de la violence. Theatrum Belli ».



LE SOLDAT ET L'IA GÉNÉRATIVE



LE FANTASSIN ET ENVIRONNEMENT A L'IA GÉNÉRATIVE

LE SOLDAT ET L'IA GÉNÉRATIVE

A full-page photograph with a warm, orange-gold color palette. In the foreground, a person wearing a full-body hazmat suit and a helmet stands with their back to the camera, looking towards a distant industrial facility. The facility includes several large, rectangular buildings and a tall smokestack emitting a plume of smoke. The ground is covered in dry, brownish vegetation. In the middle ground to the right, there is some industrial equipment, possibly a pump or generator. The entire image is overlaid with a complex, web-like pattern of thin, light-colored lines. The text 'SON' and 'AVEC' is written in a white, hand-drawn, sans-serif font on the left side of the image.

SON
AVEC

ATTRIBUTIONS

LES SPÉCIFICITÉS SUISSES

L'ARMÉE SUISSE EST MARQUÉE PAR L'IMPLICATION DE TOUS LES CITOYENS DANS SES RANGS. IL EST DONC LOGIQUE, ET IMPORTANT, D'ÉVOQUER CES SPÉCIFICITÉS POUR METTRE EN PERSPECTIVE LE SUJET DE L'INTELLIGENCE ARTIFICIELLE (ET GÉNÉRATIVE).

"LA SUISSE N'A PAS UNE ARMÉE, ELLE EST UNE ARMÉE !"

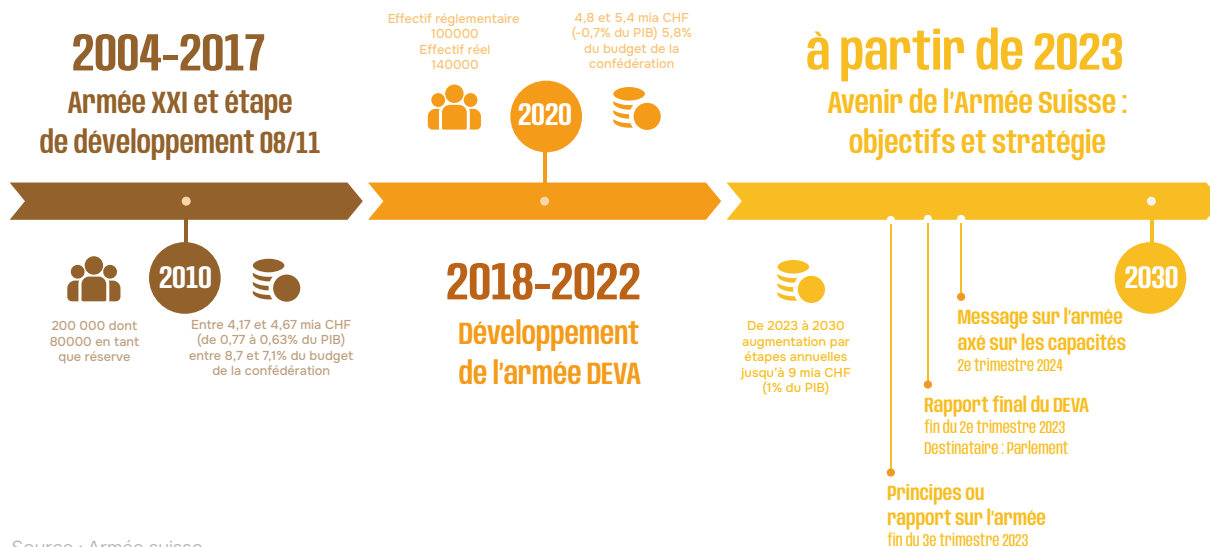
"Cette boutade, une exagération évidemment, contient un fond de vérité. La force armée et la défense se trouvèrent en effet d'emblée au cœur des préoccupations lors de l'alliance entre les habitants de trois vallées situées au cœur des Alpes : les premiers cantons suisses", rappelle Dominique Juillard¹.

Notons que l'Armée suisse, avec un encadrement de professionnels, se donne trois grandes missions : "défendre le pays et sa population, soutenir les autorités civiles, et promouvoir la paix."²

UN SYSTÈME D'IMPLICATION POUR SERVIR LA SOCIÉTÉ

Cela passe par un service militaire avec un système de milice historique encore en vigueur, qui incite les citoyens à s'investir pour la sécurité du collectif en parallèle de leur emploi. L'ensemble de la société est concernée par ce principe de milice, à exercer en dehors de leur emploi : par exemple pour des rôles de parlementaires et pompiers. Le service militaire est obligatoire³ (ou service civil⁴ à la place) pour les hommes, sur la base du volontariat pour les femmes. Par des votes réguliers, les Suisses ont d'ailleurs réaffirmé leur attachement à ce système, confirmant même en 2011 "que chaque citoyen-soldat astreint au service garde son arme personnelle à la maison"⁵.

SURVOL DE L'ÉVOLUTION DE L'ARMÉE AU COURS DES 60 DERNIÈRES ANNÉES



1 et 5 / D. Juillard, « La Suisse n'a pas d'armée, elle est une armée ! », Inflexions, vol. 20, n° 2, p. 183-195, 2012

2 / « BRÉVIAIRE – L'armée en bref », Armée suisse.

3 / H. R. Fuhrer et K. W. Haltiner « Service militaire obligatoire », Dictionnaire historique de la Suisse.

Et A. Kley, « Système de milice », Dictionnaire historique de la Suisse.

ET ACTIONS

SOLDATEcoles de recrues
18 semaines**CHEF DE GROUPE**Ecole de
sous-officiers
4 semainesCours
de cadresService pratique
chef de section
7 semainesSous-officier supérieur
14 semainesService pratique
chef de section
7 semainesSous-officier
18 semaines**CHEF DE SECTION**Service
pratique
18 semainesCours
de cadresEcole d'officiers
15 semaines**SERJENT-MAJOR D'UNITÉ / FOURRIER**Stage de formation
sous-officier supérieur
6 semainesCours
de cadresService
pratique
18 semaines**LE FANTASSIN ET LA DOCTRINE**

Les forces suisses ont pour principale mission la défense de l'intégrité du territoire. Pour cela, "l'armée doit renforcer systématiquement sa capacité de défense dans tous les espaces d'opération", expliquent les armées⁶. Accompagnés par des professionnels, les forces de milice doivent appréhender ces enjeux pour ensuite servir la nation. Ce qui signifie que l'ensemble de la société est concernée par l'évolution des armées puisqu'elle doit en comprendre le fonctionnement, les outils et principes. Périodiquement, les

citoyens sont également consultés pour des votations (cf. achat d'avions de chasse en 2020).»

UN PROGRAMME ET DES INITIATIVES STRATÉGIQUES

Dans le programme Vision 2030⁷, l'Armée suisse, par la voix du chef de l'Armée et commandant de corps Thomas Süssli, souhaite anticiper "les changements multiples de notre environnement et de notre monde professionnel." Il est même spécifié que "l'intelligence artificielle contribue au processus de prise de décision", avec également une

"logistique automatisée".

L'Armée suisse intervient actuellement dans 15 missions de promotion de la paix dans 19 pays différents, engageant 280 personnes et en impliquant 14 000 autres professionnels (logistique, formations, etc.). À cela s'ajoutent l'aide en cas de catastrophe, un soutien aux autorités civiles face à une grave menace, et appui de manifestations civiles de grande ampleur... en plus de la défense du territoire national.

4 / Confédération suisse, "Le service civil suisse".



6 / Armée suisse, « Objectifs et stratégie de l'Armée suisse du futur »



7 / Armée suisse, "Vision".



ATTRIBUTIONS

APERÇU DES ACTIONS ET ATTRIBUTIONS DU FANTASSIN

LA DESCRIPTION DU MÉTIER DE FANTASSIN, SON RÔLE ET SES ATTRIBUTIONS, EST UN PRÉREQUIS POUR ENSUITE ABORDER L'APPORT DE SIA. LA DÉFINITION DU SOLDAT, PROPOSÉE LA NOTE "AU CONTACT !" EN 2017 ET REPRISE PAR LA REVUE DÉFENSE NATIONALE EN 2020¹, SERA NOTRE BASE DE TRAVAIL. EN VOICI LES ÉLÉMENTS STRUCTURANTS, MIS EN PERSPECTIVE PAR DES RÉFLEXIONS ET MISES EN RELATION SUR LES SYSTÈMES D'INTELLIGENCE ARTIFICIELLE.

"Le fantassin est et restera « l'acteur du duel à très courte distance au contact direct de l'adversaire. Particulièrement motivé, équipé et entraîné pour détruire un ennemi qui ne peut ou n'a pu être atteint par d'autres moyens, il peut, en outre, contrôler dans la durée le milieu physique et humain quelles que soient la menace et la difficulté du terrain."



Cette note précise ensuite quatre invariants pour le soldat, qui reviendront au fil de l'eau tout au long de ce travail, avec une considération au prisme de nouveaux outils développés grâce à des SIA :

DÉPASSER LA PEUR DE LA MORT, ENSEMBLE

« Des liens qui l'unissent à ses camarades de combat qui permettent de dépasser la peur de la mort d'une troupe qui s'expose volontairement à l'ennemi dans le feu de la bataille. »

=> La mort et les émotions sont des facteurs majeurs sur le terrain des opérations. Ils nécessitent une mise en correspondance avec les technologies, dont les SIA, dans le quotidien du soldat. La revue *Inflexion*² discute ce sujet, à l'aune de l'histoire, de témoignages, de

réflexions philosophiques et technologiques. Pour certaines missions de l'Armée suisse (prévention des risques et la protection des personnes), le sujet est différent.

COMPTER SUR LA SOLIDARITÉ INTERARMES

« De se savoir dépendant des autres armes. La conscience de cette nécessité, fragilité s'il était seul, confère au fantassin une aptitude à s'intégrer et à conduire une manœuvre interarmes. »

=> Les SIA seuls ne déterminent pas l'avantage stratégique. Il s'agit simplement d'outils, parfois fantasmés, pour participer à atteindre l'effet final recherché, en les combinant avec d'autres matériels à la disposition

du soldat. Ce paragraphe évoque les problématique interarmées et interalliés, ainsi que l'interopérabilité liée aux outils technologiques. Ces trois dimensions additionnées complexifient le rapport au terrain d'opération.

1 / « L'augmentation des fonctions cognitives et émotionnelles du soldat en questions »,



2 / « Le soldat et la mort », *Inflexions*, n°35.



3 / S. Jakubowski, « Le commandement de l'armée : professionnalisation et changement », *Les Champs de Mars*, vol. 13, n° 1, p.125-149, 2003



ET ACTION

“

Quand on conçoit le rôle de chef, on a tendance à dire qu'il doit être absorbeur de stress et diffuseur de sérénité.

*Lieutenant-Colonel Vivien⁴,
de la Brigade des Sapeurs-Pompiers de Paris.*

”

PARTAGER LES MÊMES DIFFICULTÉS

« D'être commandé par des chefs de contact qui partagent les mêmes privations, les mêmes dangers, les mêmes peurs. »

=> Le commandement se réinvente au fil des années et des technologies³, et doit sûrement le faire une fois encore avec l'arrivée des SIA. Le rôle du commandant est primordial dans la gestion des personnels, et donc de la capacité d'opération.

La synergie homme-machine, argument de poids de certains acteurs mais décriée par certains points de vue⁵, est détaillée dans une étude de l'Ifri⁶ appliquée au domaine aérien : « Ces outils visent avant tout à recentrer le pilote sur le traitement de l'information utile en déléguant à la machine les tâches de moindre valeur ajoutée. »

GAGNER EN SUPÉRIORITÉ PAR LA MAÎTRISE D'UNE HAUTE TECHNOLOGIE

« Une haute technologie maîtrisée qui renforce sa protection individuelle et sa capacité à durer, accroît significativement la précision et la rapidité de ses tirs (y compris ses appuis internes), lui confère (même dans les phases les plus extrêmes) la supériorité informationnelle. »

=> De nombreux SIA déjà utilisés, d'autres à imaginer, permettent de répondre à ces nécessités... Avec des limites qu'il ne faut pas négliger pour rester lucide sur les nouvelles capacités développées. La protection et la capacité à durer semblent en effet un questionnement indispensable des SIA : quelles réalités techniques et quelles vulnérabilités ?





“

La spécificité du soldat est liée à plusieurs éléments : il peut notamment tuer dans certains cas, il est soumis à des règles spécifiques (droit international, code militaire, code éthique, etc.) et évolue dans un contexte particulier (environnement, hiérarchie, etc.). De nombreuses spécificités qui doivent être mises en perspective avec le fait que le soldat va ensuite revenir dans le civil.

”

Pierre Bourgois

Maître de conférences en science politique à l'Université catholique de l'Ouest (Angers)

ATTRIBUTIONS

CARTOGRAPHIE DE L'ENVIRONNEMENT DU SOLDAT AUGMENTÉ PAR L'IA

ACTEURS

FABRICANTS D'ÉQUIPEMENTS

Conçoivent les équipements et matériels du soldat, doivent se coordonner avec les autres acteurs pour des solutions adaptées tant au terrain qu'à la doctrine d'emploi.

Conçoivent les SIA en
répondant au cahier des
charges transmis par les
Armées, avec des itérations
pour améliorer en phase
de tests puis de RETEX.

GROUPE

Composé d'un nombre divers de soldats, en charge de l'exécution de la mission.

S'appuie sur des SIA pour
les interactions, ainsi
que pour les différents
champs de la mission
(renseignement, visée, etc).

COMMANDEMENT

Fixe l'objectif de la mission, suit le déroulement et assure la prise en compte du RETEX pour l'évolution des forces armées.

S'appuie sur des SIA
pour effectuer son rôle,
sans se départir de
la dimension humaine
essentielle pour mener
des soldats au combat
(renseignement, visée, etc).

PARAMÉTREUR / MAINTENEUR / OPÉRATEUR

Dans l'unité ou le régiment, les équipes qui accompagnent le soldat dans l'utilisation de son matériel, ou qui se substitue à lui pour l'entretien des matériels de pointe.

Adaptation de l'accompagnement du soldat dans la
conception, l'usage et le paramétrage de SIA.

ET ACTIONS

CONCEPTS

ADVERSITÉ

Suscite l'objet de la mission du soldat et caractérise l'opposition que ce dernier rencontre sur le terrain d'opération (ennemis, catastrophes naturelles, etc.).

Va chercher à exploiter de nouvelles vulnérabilités dans les systèmes d'IA développés pour le fantassin, se procurer des outils technologiques à la hauteur des enjeux pour se défendre, mais aussi riposter/attaquer.

CULTURE MILITAIRE

Transmission formelle ou non sur la façon de combattre, avec des éléments enseignés et ceux appris en pratiquant.

Nécessité de trouver sa place dans un dispositif intégrant un SIA, avec une continuité dans la transmission en parallèle d'une intégration de certaines façons de faire habituelles.

DOCTRINE

Déterminée pour encadrer l'action des militaires et assurer une diffusion collective et commune au sein de l'institution.

Doit assurer la conformité de l'usage de SIA par le personnel des armées.

SOLDAT

Participe à la vie du groupe et utilise ses acquis pour accomplir la mission.

Aidé par des SIA sur les différents composants de son métier.



“

La supériorité informationnelle, érigée en nouveau principe de la guerre, impose nécessairement une révolution dans l'exploitation et la maîtrise des données par de nouveaux algorithmes intelligents.

Toutefois la recherche démontre que le cerveau humain garde des facultés uniques par rapport à la machine (champ cognitif, créativité, abstraction, adaptation).

”

Raphaël Briant

(2021). La synergie homme-machine et l'avenir des opérations aériennes. Étude pour l'Ifri.

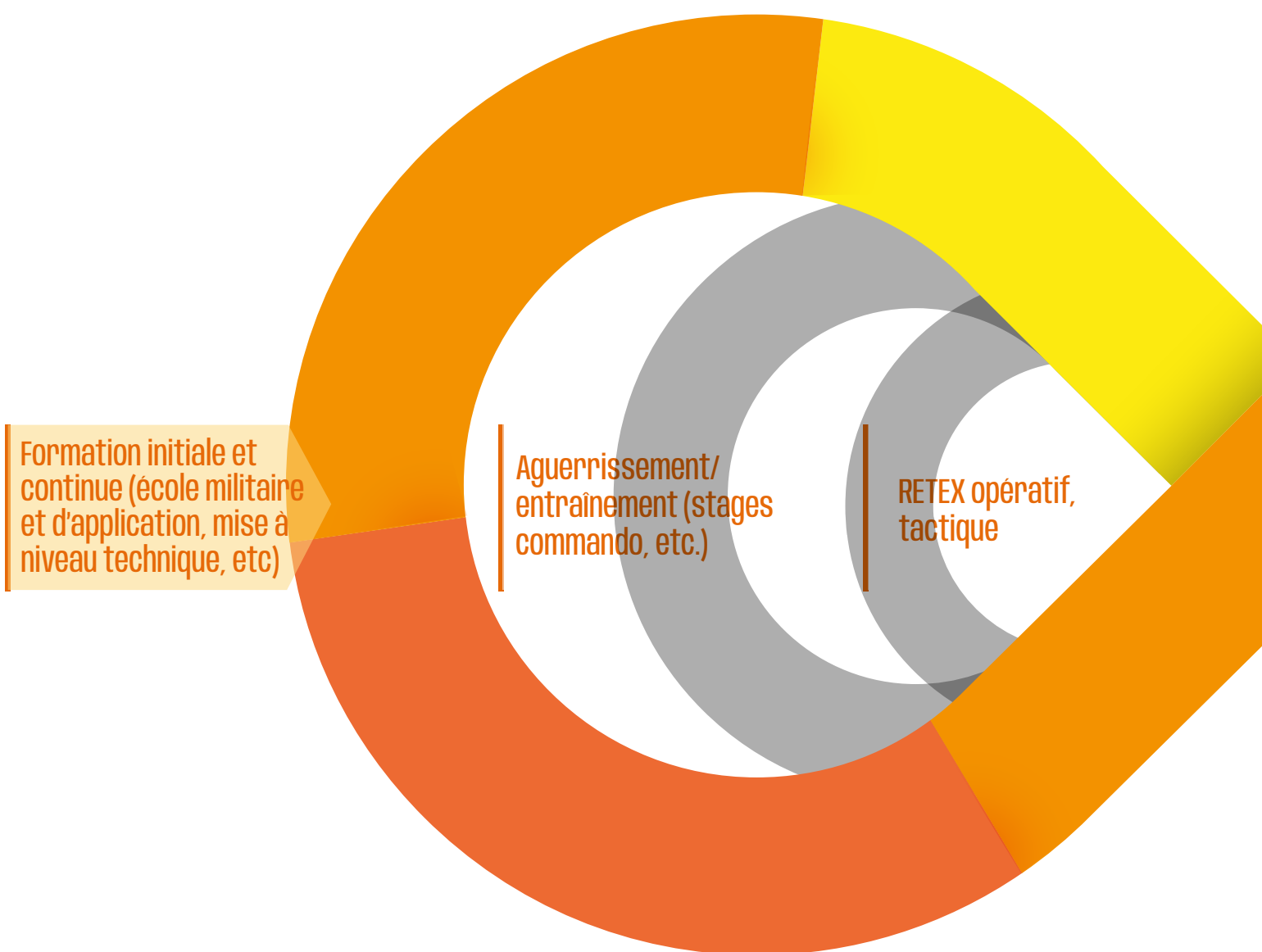


ATTRIBUTIONS

ACCUMULATION DES APPRENTISSAGES ET EXPÉRIENCES

Apprendre et s'entraîner

(A L'ÉCOLE, À LA BASE, SUR LE TERRAIN)

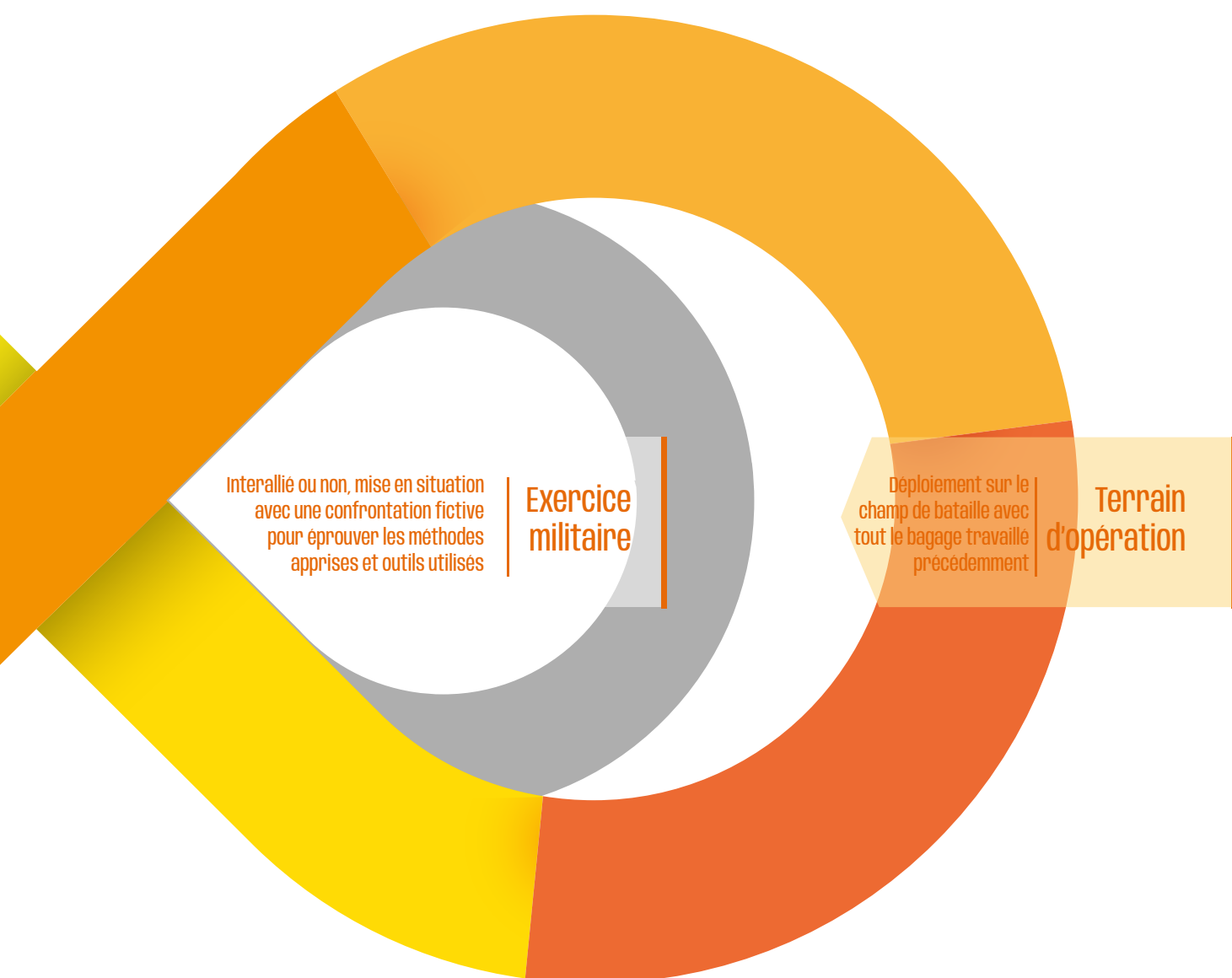


ET ACTIONS

POUR ATTEINDRE UN HAUT NIVEAU DE PERFORMANCE, LE SOLDAT ACCUMULE DES CONNAISSANCES ET DES EXPÉRIENCES. CE CYCLE CUMULATIF LUI PERMET D'ÊTRE "TOUJOURS PRÊT" ET DE FAIRE ÉVOLUER SES APTITUDES EN FONCTION DES TERRAINS D'OPÉRATIONS. PLUSIEURS NIVEAUX D'APPRENTISSAGES ET DE MISE EN APPLICATION DE SES CONNAISSANCES SONT À DISTINGUER.

Agir dans l'adversité

(MAINTIEN DE LA PAIX, OPEX, CATASTROPHES NATURELLES, ETC.)



APPRENTISSAGE

L'INSTRUCTION : PRINCIPES

L'INSTRUCTION FAIT OFFICE DE BASE POUR TOUT ENGAGÉ : MAÎTRISER LES CONCEPTS DOCTRINAUX, LA CULTURE MILITAIRE, AINSI QUE LES OUTILS À DISPOSITION, PUIS UNE SPÉCIALITÉ. CETTE ÉTAPE CRUCIALE POUR L'ASSIMILATION DES CONNAISSANCES ET COMPÉTENCES FAIT L'OBJET D'UNE ANALYSE DÉDIÉE ET QUE NOUS SOUHAITONS COMPLÈTE, POUR AVOIR LE CADRE GLOBAL ET METTRE EN PERSPECTIVE AVEC L'UTILISATION DE SIA.

POUVOIR, SAVOIR, VOULOIR

Pour être prêt au champ de bataille, le fantassin doit pouvoir compter sur le développement préalable de trois capacités primordiales, qui n'est rendu possible que par un effort exigeant : physique, intellectuel, et moral. Induisant alors le triptyque pouvoir, savoir, vouloir. Atteindre ces objectifs pour les subordonnés, comme détaillé dans le document "Le rôle du formateur"¹ à destination des sous-officiers et gradés, passe par ces trois axes majeurs :

- **instruire** les hommes sur le matériel qu'ils servent et son utilisation optimum ;
- **former** le soldat à réagir de lui-même, avec initiative, dans l'esprit de la mission de l'échelon supérieur ;
- **éduquer** enfin, c'est-à-dire donner au soldat le goût du dépassement, dans quelque domaine que ce soit, l'amener à découvrir et à admettre le sens et le bien-fondé de son action."

L'utilisation de SIA entre directement dans la première instruction. Les deux autres segments ne sont pas concernés sur le fond, mais peuvent l'être sur la forme avec justement des systèmes pour aider, stimuler, ou encore prendre du recul et mettre en perspective l'apprentissage.

FORMATION CONTINUE PERMANENTE

Tout au long de sa carrière, le fantassin se met à niveau sur de nouvelles pratiques et outils, dans sa spécialisation ainsi que pour toute modernisation de l'armée en général. Ainsi, la mise à jour des connaissances sur les avancées technologiques, dites de rupture ou non, fait partie des apports essentiels pour garder le personnel pleinement opérationnel. En même temps, il s'agit de ne pas créer de fracture entre les troupes, dont ici une fracture numérique.

LA CRÉATION D'UN GROUPE, MAILLON ESSENTIEL POUR LA MISSION

D'un avis partagé, la création d'un sentiment de groupe et d'une unité prévalent pour faire face à l'adversité. Prérequis à tout usage technologique donc, la formation de l'individu et du collectif sont les éléments primordiaux à la bonne tenue des troupes dans un conflit. "Nos hommes « aiment qu'on les aime » et c'est ainsi que l'on « acquiert forcément leur affection et leur confiance », sentiments qui permettront à coup sûr de surmonter efficacement « la prochaine lutte », voire « la guerre la plus terrible sans aguerrissement préalable »", explique un capitaine dans son retour sur expérience de la force Barkhane², s'appuyant sur les propos du maréchal Lyautey.

1 / État Major de l'Armée de Terre, "Rôle du formateur".



2 / J. Felber, « La combinaison des stressseurs au sein d'une arme de soutien dans le cadre de l'opération Barkhane: », Revue Défense Nationale, vol. N° Hors-série, n° HS4, p. 75-81, avr. 2023.



SE FORMER

APPRENDRE À COMMANDER

Les notions de commandement sont utiles à toutes les échelles, et évoluent au long de la carrière. En accompagnant et faisant grandir leurs hommes, le sous-officier et l'officier portent, au sens noble du terme, la responsabilité de l'épanouissement et l'accomplissement de leurs troupes. La gestion humaine et l'intuition sont prépondérantes au quotidien, et il convient de les préserver pour continuer à appréhender au mieux l'évolution des soldats.

CYCLE D'APPRENTISSAGE

L'utilisation d'un SIA dans l'apprentissage demande au préalable une réflexion sur la place qu'il doit occuper. En se basant sur l'apprentissage expérientiel, qui peut se transposer aux questions militaires avec les retours d'expériences pour nourrir les évolutions, nous interrogeons la dimension à donner à un SIA dans ce cycle.

QUESTIONS ÉMERGENTES SUR LE CYCLE D'APPRENTISSAGE DANS CE CONTEXTE

- > Dans quelle mesure, et sur quelles phases, un SIA pourrait intervenir ?
- > Quelles distinctions faire entre l'apprentissage d'un humain, d'un SIA, et celui d'un humain aidé par un SIA ?
- > Les apprentissages humains, sociaux, et physiques, peuvent-ils être menacés par l'utilisation de SIA ?

“ Dans ce « duel face à face » où il s'engage sciemment au contact de l'ennemi, la technologie doit apporter [au soldat] un gain capacitaire significatif pour l'emporter. Cet apport vient ainsi démultiplier : ses compétences tactiques, le fruit de son entraînement, la cohésion et la confiance mutuelle travaillés par ailleurs et qui contribuent grandement au succès de la mission.”³ ”

CYCLE D'APPRENTISSAGE EXPÉRIENTIEL



Source : Conseil de l'Europe



“

Il faut former les soldats qui vont utiliser l'IA à contrôler et être capable de douter sur le résultat. On ne pourra se permettre d'utiliser des systèmes d'armes avec une IA potentiellement intrinsèquement défectueuse. ”

Jean-Pierre Maulny

Directeur adjoint de l'Institut de relations internationales et stratégiques (IRIS)



À LA BASE

DÈS SON ENTRÉE DANS L'ARMÉE, LE FANTASSIN SUIT UNE FORMATION EXIGEANTE ET COMPLÈTE : PHYSIQUE, MENTALE, TECHNIQUE. L'ENTRAÎNEMENT ET LE MAINTIEN DES CAPACITÉS OPÉRATIONNELLES CONSTITUENT LA MAJEURE PARTIE DU TEMPS D'UN SOLDAT. QUE PEUVENT APPORTER LES SIA DANS CETTE PÉRIODE CLÉ POUR LA CONSTITUTION DU SOCLE DE COMPÉTENCES DU SOLDAT ?

ENTRAÎNEMENT DIFFICILE, GUERRE FACILE

Une proposition pourrait être l'entraînement appuyé par un SIA spécifiquement conçu avec des données issues de précédentes expériences vécues. Ce système peut devenir une aide cohérente pour générer des simulations de confrontations tactiques, et proches du réel, avec des nuances presque infinies. Toutefois, il ne s'agit que d'un entraînement sur la base de données existantes : ainsi, le fantassin devra garder sa créativité et son intuition qui peuvent manquer au SIA. L'entreprise Masa¹ propose le logiciel SWORD pour, par exemple, réaliser des simulations tactiques.

Dans ce processus d'accompagnement, dans quelle mesure le formateur, avec son partage d'expérience et de ressenti, est-il complémentaire du SIA pour accompagner le soldat formé ?

S'ENTRAÎNER POUR DES SITUATIONS DÉGRADÉES

Pour accomplir sa mission, le fantassin doit garder ses pleines capacités d'intervention en toutes circonstances. Une dépendance à un système peut vite se manifester, avec des conséquences lourdes lors d'un usage rendu impossible. Pour parer à ce risque et maintenir un niveau de résilience élevé dans des situations dégradées, il est donc important de maintenir un

entraînement sans l'utilisation d'un SIA. Un parallèle peut être fait avec l'utilisation de GPS, et les questions de dépendances technologiques sous-jacentes².

Une fois les SIA implémentés, le fantassin saura-t-il en situation critique se passer de cette technologie, comme de n'importe quel autre équipement décisif ? NB : problématique traitée de manière approfondie dans l'étude Soldat Low-Tech, pour Deftech en 2022³.

DES NOUVELLES SPÉCIALISATIONS POUR LES MILITAIRES

Au fil des évolutions technologiques, le métier de base de militaire évolue, parfois de façon drastique. Les drones et SIA bousculent des certitudes opérationnelles, tactiques et stratégiques. Pour exemple, une école de drones est ouverte en France⁴, là où les soldats ukrainiens ont appris au fur et à mesure avec l'appui de quelques spécialistes⁵.

À l'image des drones, peut-on imaginer, bientôt, des opérateurs spécialisés en SIA ? Jusqu'à créer une fracture numérique au sein des armées ?

“ Si elle est bien nourrie, l'IA fait partie des meilleures façons d'aller chercher tous les scénarios d'une intervention, puis le meilleur scénario sur une situation. ”

1 / 

2 / M. Moreau, « GPS chinois contre GPS américain, l'autre guerre froide », Hors Normes #32.



3 / Romain Fenouil, Matthieu Gioani, Vincent Lassègue, “Le soldat low-tech”, Le Coup d'Après/Deftech.



S'ENTRAÎNER



Spécificité Suisse

EN SUISSE : CROISEMENT DE COMPÉTENCES CIVILES ET MILITAIRE

Entre 19 et 25 ans, les jeunes suisses rejoignent l'école de recrues pour y effectuer leur service. Ils y apportent ainsi les compétences qu'ils ont déjà acquises dans le monde civil. Ensuite, tout au long de leur engagement dans la milice, en parallèle de leurs occupations professionnelles, les citoyens croisent encore les compétences et utilisent également celles transmises par l'armée dans leur vie quotidienne. Ainsi, sur de nombreux sujets, le civil nourrit les usages militaires, et réciproquement.

ACQUÉRIR ET ENTRETENIR LES COMPÉTENCES DANS L'ARMÉE SUISSE

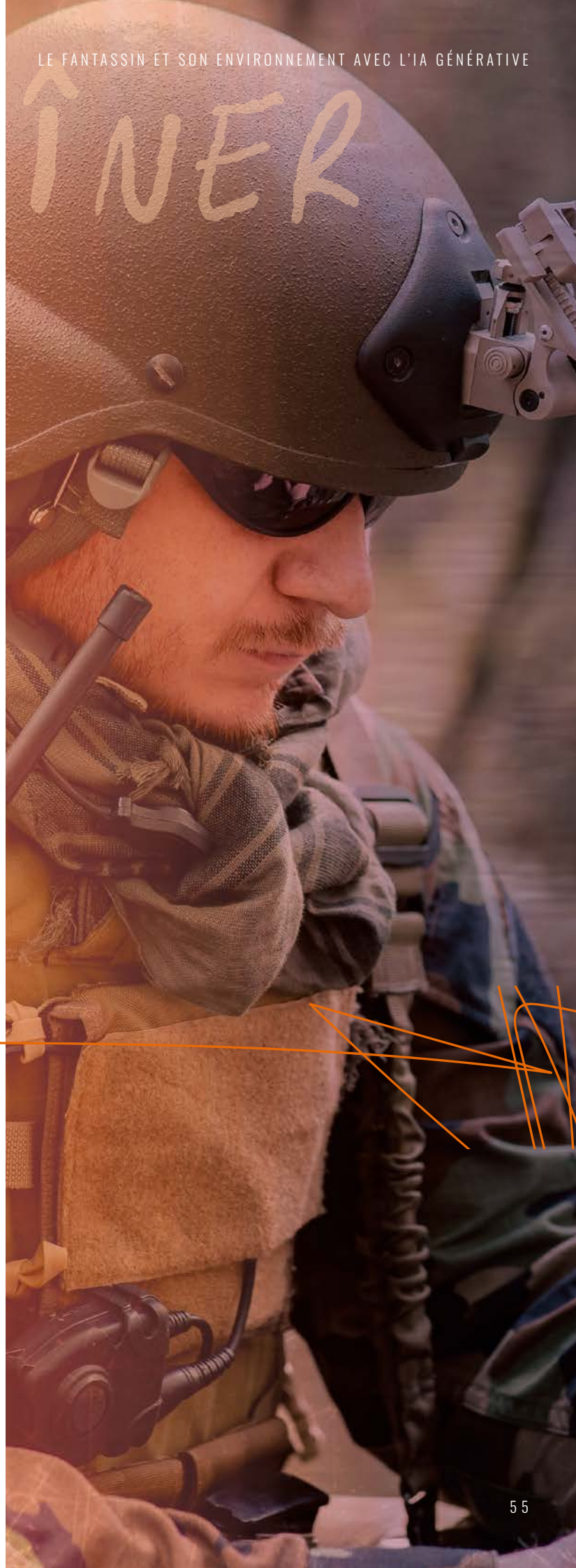
“L'instruction militaire de base a pour but la disponibilité opérationnelle. Elle est articulée en quatre parties : instruction de base générale, instruction de base étendue, instruction de base spécifique à la fonction et instruction en formation”, décrit le Bréviaire de l'Armée suisse.

À la suite de quoi les personnels formés sont convoqués à un “cours de répétition” trois semaines par an pour entretenir ces connaissances pendant les six années qui suivent.

“

Il faut de l'expertise militaire pour nourrir avec les bonnes données. L'IA permet une adaptabilité dans l'entraînement. C'est un outil, pas une finalité, qui permet une adaptation dynamique.

”



APPRENDRE ET S

**ENREGISTREMENT
NE PAS TOUCHER**

**ENREGISTREMENT
NE PAS TOUCHER**

“

Le fantassin sur le terrain qui a fait sa mission d'observation et doit rendre des comptes, pourrait utiliser des IA génératives pour rendre plus facile la mise en texte, en tapant le texte en télégraphique puis en le générant de façon lisible grâce au SIA. Pour les gens peu à l'aise avec le côté rédactionnel, ce système peut les aider à structurer et mieux communiquer.

”

RETOUR D'EXPÉRIENCE

EN RETOUR DE MISSION, LE FANTASSIN FORMALISE LES ÉVÉNEMENTS VÉCUS SUR LE TERRAIN D'OPÉRATION. UNE CHARGE QUI S'AJOUTE À LA FATIGUE PESANTE. QUELS SERAIENT LES AVANTAGES DE L'UTILISATION D'UN SIA AVEC UNE BRIQUE GÉNÉRATIVE POUR CETTE RESTITUTION ?

VERS UNE "BOÎTE NOIRE" DE LA MISSION ?

Sur le terrain, le matériel connecté du fantassin permet d'enregistrer les détails du déroulement de sa mission, avec des métadonnées comme l'horodatage, ce qui correspond aux exigences des RETEX déjà pratiqués. S'ouvre ainsi la possibilité d'une "boîte noire" ou d'une mise en mémoire externalisée des événements.

À l'image de l'usage dans l'aéronautique, l'instauration d'un concept de boîte noire pour la mission est-il imaginable et souhaitable ? Comment cela pourrait-il influencer la mémoire de l'action par le soldat ? »

UN RETEX PLUS RAPIDE ET PRÉCIS ?

De retour du terrain, le fantassin retranscrit le déroulement de sa mission. Avec la pleine maîtrise d'un SIA génératif et des données issues de la boîte noire mentionnée précédemment, le personnel pourrait bénéficier d'un gain de temps et de précision. Cela laisse l'opportunité d'améliorer la récupération immédiate, ainsi que de la préservation des informations cruciales à la compréhension de l'action.

Quelle place prend l'échange humain dans ce retour de mission ? L'utilisation de cet outil permet-il des conditions favorables pour tirer les enseignements et retranscrire les événements qui viennent de se terminer ? Dans quelle mesure cela impacte la résilience psychologique à long-terme du soldat ? Comment partager l'intuition et les sensations du soldat pour les faire figurer sur le RETEX ?

ENRICHIR FINEMENT LES BASES DE DONNÉES : AU DÉTRIMENT DE QUOI ?

Les retours d'expériences permettent actuellement de nourrir la connaissance de l'adversaire et de faire évoluer la formation et la doctrine. Les bases de connaissances issues des potentiels RETEX générés par une IA posent des questions majeures de vulnérabilités mais ouvrent des champs d'opportunités pour accélérer la compilation et la diffusion des apprentissages.

La précision de l'anticipation et des simulations passera-t-elle principalement par la massification de l'utilisation des données de ces retours sur expérience ? D'autres approches sont-elles à envisager pour diminuer les vulnérabilités ?

“ Le LLM va permettre de faire un reporting, une note rapide. Allons-nous vers une boîte noire pour le soldat ? ”



Crédit : Armée de Terre.

LES DATAS ENRICHIES, NERF DE LA GUERRE

Pour un outil fiable, le fantassin doit s'appuyer sur des outils SIA préalablement développés sur des bases de données soigneusement sélectionnées et affinées, enrichies de données militaires et de retours d'expérience de personnes qualifiées, pour une construction qualitative des systèmes. Il s'agit d'un prérequis des SIA à vocation civile pour limiter le taux d'hallucination (erreur manifeste de génération) lors de la production de contenus, ou bien lors de la mise en application du système.

Dans quelle mesure le piratage, l'intoxication, ou le brouillage d'un SIA par l'ennemi met-il en danger le fantassin et la mission ? Faut-il rester vigilant à l'enrichissement d'un SIA par des données devenues obsolètes, car les conditions opérationnelles et du conflit ont changé de nature ?

“

Après avoir appris à tuer,
un soldat doit également
apprendre à ne pas le faire
et c'est presque aussi
complexe.

”

Michel Goya

“Sous le feu - La mort comme hypothèse de travail”



AGIR DANS L'ADVERSITÉ : 3 INTERMÉDIATIONS

NOUS IDENTIFIONS 3 INTERMÉDIATIONS POSSIBLES ET NON EXCLUSIVES ENTRE UN SIA, UN SOLDAT ET SON GROUPE. SI DE NOMBREUX CAS D'USAGES SE RECOUPENT (SYNTHÈSE D'INFORMATIONS, COMMUNICATIONS, RAPPEL DES ORDRES, ETC.), LA PLACE QUE PREND LE SIA INFLUENCE LE JEU D'ACTEURS ACTUEL.

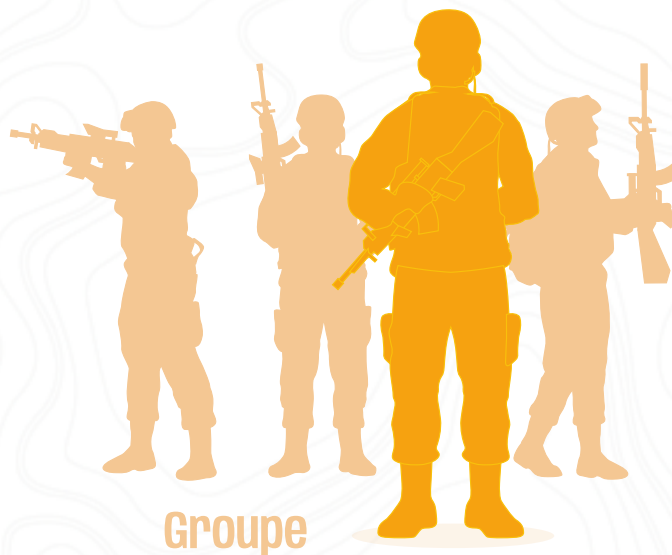


UN SIA PERSONNEL POUR LE FANTASSIN

Cas d'usages non-exhaustifs :

- Appui à la mémorisation
- Traduction
- Compte-rendu à la volée

Place du SIA : un
binôme, un confident



UN SIA PARTENAIRE DU FANTASSIN ET SON GROUPE

Cas d'usages non-exhaustifs :

- Circulation de l'information
- Mémorisation des échanges

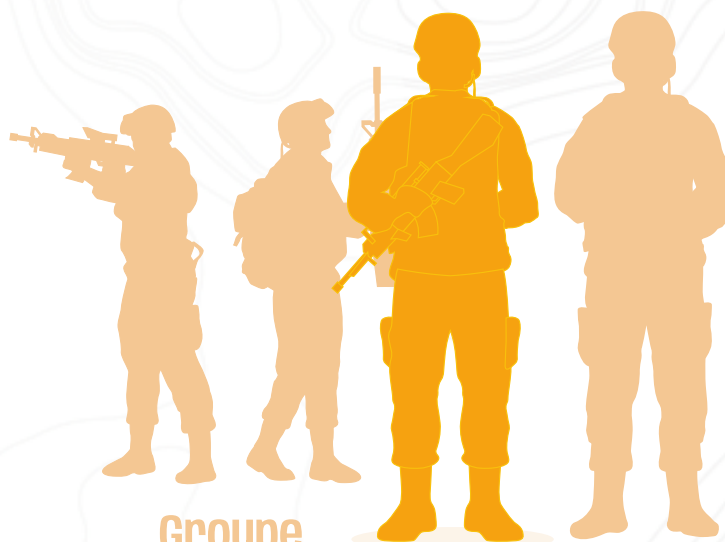
Place du SIA : un membre
de l'équipe, une vigie

“ Les SIA sont forcément entraînés avec des données du “passé”. Comment rendre attentif le soldat (et le SIA) pour se confronter à la réalité et l'évolution de la situation ? Il faut être sûr que l'on est dans la bonne partie, que l'on ne joue pas aux échecs alors que désormais, l'adversaire joue au Go ! ”

UNIVERSITÉ



Commandement



Groupe

UN SIA D'INTERMÉDIATION ENTRE LE COMMANDEMENT ET LE GROUPE

Cas d'usages non-exhaustifs :

- Appui à la mémorisation d'information tactiques et d'ordres
- Traduction
- Compte-rendu à la volée

Place du SIA : un "chef" avec le groupe, la voix du commandement

DE L'INFORMATION À L'ACTION : BOUCLE OODA

OBSERVATION

ORIENTATION

Perception / Environnement

- › Détecter
- › Reconnaître
- › Identifier

Règles
Légales
Morales
Ethiques
Déontologiques

Élaboration choix* des de solution candidat

*Raisonnement
Situations analogues

Cognition
Mémoire / Attention
- Partagée
- Focalisée
Connaissance / Soi
(Métacognition)

Construction représentation

Elements perçus et traités
[situation initiale]

Analyse et compréhension de la situation

[situation de travail]



0



0

UNIVERSITÉ



LE FANTASSIN, CONFRONTÉ À LUI-MÊME ET À LA MACHINE ?

SUR LE CHAMP DE BATAILLE, LE FANTASSIN VIT DES CHANGEMENTS BRUTAUX D'EXIGENCES : ÊTRE EN CAPACITÉ D'AGIR RAPIDEMENT ET DE PRENDRE DU REcul SUR LA SITUATION, RESPECTER LES RÈGLES D'ENGAGEMENT AVEC LES INFORMATIONS PARTIELLES POUR ORIENTER SA PRISE DE DÉCISION. DE QUELLES MANIÈRES UN SIA PERMETTRAIT-IL DE L'AIDER ? ET SUR QUELS ASPECTS FERAIT-IL PESER DE NOUVELLES VULNÉRABILITÉS ?

“

Il y a de nombreux sujets sur le fait de capter l'attention du soldat et la relâcher au bon moment, en lien avec l'économie de l'attention. Est-ce que c'est à toi, à la hiérarchie, à l'IA d'en décider ?

”

INFORMATIONS EN TEMPS RÉEL

Avec une interface humain/machine adaptée, un SIA peut permettre de recueillir et diffuser de manière continue et horizontale des informations au fantassin et à son groupe, voire même avec des outils connectés comme des essaims de drones. La construction de l'interface est essentielle pour ne pas empiéter sur les obligations cognitives déjà nombreuses du soldat, et lui faire perdre en protection, efficacité, et capacité d'action.

Quelles sont les implications opérationnelles et cognitives pour le fantassin ? Quelle infrastructure tactique mettre en place pour échanger cette information, avec quelle(s) interface(s) entre l'humain et la machine ?

LE SOLDAT ET SON INTERPRÈTE

En appuyant le fantassin, un SIA permettrait d'être plus complet : traduction, ressenti, analyse... Le tout à un coût réduit, financièrement et surtout en terme de temps. En revanche, la subtilité, les expressions idiomatiques et l'interprétation risquent d'être lissées par manque d'imprégnation culturelle, amplifiant plutôt que réduisant les risques d'incompréhension entre le soldat et son interlocuteur.

Perdre ces capacités technologiques remettrait-il en question l'intégrité du soldat et sa capacité à remplir la mission ? Ces outils pourraient-ils créer plus d'incompréhension qu'ils n'en règlent ?

“

La traduction est au coeur de la guerre. Comment le soldat peut faire confiance à 100% à son traducteur pendant la mission ?

”



ESPACES SOLIDES ET FLUIDES

Les espaces solides (sur terre) sont “les seuls espaces dans lesquels les êtres humains peuvent vivre.” À l'inverse, les espaces fluides (le ciel, la mer) “sont lisses, isomorphes et inhabitables par l'homme. De cela découlent bien des conséquences pour qui entend s'y mouvoir, s'y projeter ou simplement les utiliser”.

En considérant l'espace cyber comme fluide, et en y incluant les SIA, il est ainsi possible de considérer le rôle de fantassin dans cette double catégorisation solide/fluide. La dynamique était déjà engagée avec la numérisation de nombreux usages ; elle s'accroît fortement avec celui d'un SIA. Le fantassin rentre alors pleinement dans une nouvelle dimension, mêlant ces deux paramètres et complexifiant l'accomplissement de la mission.

LE COMMANDEMENT ET LA GESTION DE L'ÉMOTION

Très importante, la gestion des émotions est centrale dans le quotidien d'un chef en responsabilité de son groupe, pour garder sa force de caractère et sa volonté d'action vives. Avec l'individualisation d'un SIA, le fantassin pourrait en retour rester dans sa bulle, volontairement ou non, et participer à un éclatement des forces du groupe. Le stress et sa gestion optimale² sont des sujets importants, un SIA pourrait autant apporter un soutien qu'éloigner le soldat du reste de son groupe.

Comment continuer à accompagner un groupe, et autant de personnalités, quand le temps d'attention est capté en partie par un outil d'appui cognitif ?

LA NATURE DES CONFLITS INCHANGÉE

Malgré tous les progrès technologiques, les affrontements ont finalement peu varié au fil des années : très forte proximité des belligérants, le rôle central de l'humain et sa volonté. En se basant sur la guerre en Ukraine, le journal Le Monde évoque³ un "retour de la guerre des tranchées, presque au corps à corps", avec des pertes qui sont comparables à celles de la Première Guerre mondiale selon Le Temps⁴.

Malgré les avancées des équipements, les conflits de demain ressembleront-ils tout de même à ceux d'hier ?

Spécificité Suisse

LES CITOYENS SUISSES ET L'INNOVATION DANS LES ARMÉES

La milice étant une composante importante des forces suisses, l'apprentissage de compétences et outils dans le domaine militaire infuse sur la société civile dans son ensemble. Ainsi, avec l'utilisation avancée et construite de SIA au sein des forces, tous les citoyens seraient a minima initiés à cette problématique, ce qui participe à la diffusion au plus grand nombre de bonnes pratiques, mais surtout à une compréhension des enjeux d'une technologie exponentielle dans ses potentiels..

2 / « Le soldat augmenté : pour une gestion optimale du stress ».



3 / C. Pietralunbourg, « En Ukraine, le retour de la guerre des tranchées, presque au corps à corps », Le Monde.fr, 30/03/2023.



4 / F. Vincent, « Derrière le secret des pertes militaires en Ukraine, un massacre à grande échelle - Le Temps », 25/08/2023.



“

L'impact de l'IA sur les conflits est déjà majeur (cf. Ukraine) et ce depuis 20-30 ans. Mais les IA ne changent pas la nature de la guerre. Pour l'instant, nous n'avons pas de soldat augmenté par l'IA, mais des soldats améliorés. Celui-ci a besoin de peu de choses : défendre, se défendre, communiquer. ”

“

Il y a toujours un avantage à l'attaque depuis Sun Tzu et Clausewitz. Dans les tranchées, la probabilité de mourir est proche de 100% dans le temps, face aux charges lâchées par les drones. ”

“

La mission est sacrée, je
l'accomplis jusqu'au bout avec
détermination et esprit d'initiative.

Article 9 du Code d'honneur
du soldat français

”



“ Loyal à mes chefs et dévoué à mes subordonnés, j'obéis avec confiance et je commande avec exigence et bienveillance.

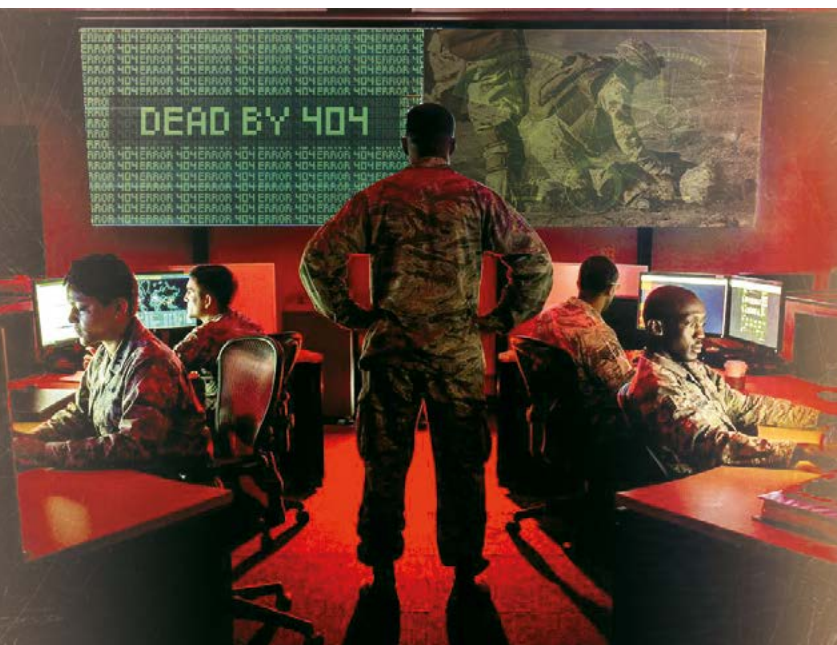
Article 5 du Code d'honneur
du soldat français

”

LE FANTASSIN DANS L'ADVERSITÉ

LE FANTASSIN ET SON CONTEXTE OPÉRATIONNEL

L'ENTRAÎNEMENT ET SES ENSEIGNEMENTS PERMETTENT AU FANTASSIN D'AMÉLIORER SES CAPACITÉS AVEC UN NIVEAU D'EXIGENCE MAXIMAL, À LA HAUTEUR DES RISQUES ENCOURUS. DANS UN CONTEXTE OPÉRATIONNEL ET DANS L'ADVERSITÉ, UN SYSTÈME D'IA PERMETTRAIT-IL D'AIDER LE SOLDAT OU BIEN PEUT-IL PERTURBER LA SITUATION ?



“

Améliorer la vitesse d'exécution, c'est raccourcir la boucle OODA. Le rythme des opérations décide en grande partie de la réussite de celles-ci.

”

RACCOURCIR L'OODA LOOP CRÉE DE NOUVELLES VULNÉRABILITÉS ?

Raccourcir la boucle OODA donne un avantage considérable¹ sur le déroulement des opérations. Un SIA, comme d'autres outils et interfaces, permettrait d'accentuer cette dynamique. Mais ce système pourrait aussi ouvrir des failles utilisées par le compétiteur pour ralentir le fonctionnement de cette boucle en supprimant ou en intoxiquant une partie de la chaîne de décision. De même, un champ des opérations sans connectivité, en "erreur 404", une perte de recul et d'analyse de la part du fantassin, une surcharge cognitive et l'anticipation des actions par l'adversaire font partie des menaces pesant sur cette boucle.

Quel est le ratio bénéfices/risques des secondes gagnées par l'intégration d'un SIA dans l'OODA Loop ? Les avantages des SIA surpassent-ils vraiment ces inconvénients pour l'utilisateur ? Quelle défense opposer si un adversaire en utilise également ?

LES INFRASTRUCTURES CRITIQUES EN DANGER...

Les infrastructures civiles et militaires sont d'autant plus vulnérables face à des cyber-attaques appuyées par des SIA : leur rapidité, leur adaptabilité et leur masse qui peuvent créer des saturations. Les systèmes de communication font partie des failles possibles, le soldat risque d'être isolé et mis en danger en cas d'arrêt de ceux-ci.

Face à des risques cyber d'un niveau extrêmement élevé, comment se prémunir de cette nouvelle menace ?



VERSITÉ

OBÉISSANCE ET DÉSOBÉISSANCE DANS LES SIA

L'obéissance aux ordres et la latitude laissée au soldat sont à questionner et à envisager dans le quotidien du fantassin avec des SIA. La légalité étant la base de conduite du comportement du soldat, l'interférence d'un système technologique fait évoluer le paradigme du cadre d'obéissance et de désobéissance du soldat.²

L'obéissance et la désobéissance font partie de l'éthique du soldat : comment alors retranscrire ces notions dans un SIA ? Quelle latitude sera laissée à la machine et au soldat ?

“

L'IA peut être une redoutable arme de guerre sur les infrastructures, en provoquant l'arrêt de celles-ci. Il sera aussi possible de rendre le champ de bataille en erreur 404, l'adversaire va balancer un flux d'informations pour dérouter l'analyse, induire une mauvaise décision, et faire échouer l'opération. La distorsion entre le terrain et l'analyse va se poser.

Où placer le curseur de l'humain ? En fonction du pourcentage d'erreur estimé ? Le Mossad et d'autres utilisent déjà l'implémentation d'outils intégrés à l'environnement avec de l'IA où l'homme ne s'intègre pas à la décision finale.

”

“

Il faut rester résilient par exemple au manque d'énergie (électricité). Sans les technologies, il faut continuer le combat, c'est la base. Si vous ne faites pas ça, vous n'aurez pas une armée robuste. Et c'est aussi vrai pour la société.

”



AGIR DANS L'AI

LE FANTASSIN ET SON GROUPE

UTILISÉ À UNE ÉCHELLE INDIVIDUELLE, UN SIA REDÉFINIT AUSSI LES RELATIONS INTERPERSONNELLES ENTRE TOUS LES FANTASSINS DU GROUPE. COMMENT ARTICULER UNE ACTION COORDONNÉE, ET SE DÉFENDRE À L'ÉCHELLE COLLECTIVE ? QUELLES IMPLICATIONS POUR LES NOTIONS DE DÉCISION ET COMMANDEMENT DANS L'ACTION ?

ARTICULER LE GROUPE HORIZONTALEMENT

La diffusion de l'information en temps réel implique de redéfinir l'organisation et la coordination du groupe, avec un entraînement adapté. Se pose aussi la problématique de la décision sur le terrain d'opération.

Quels impacts alors sur la prise de décision et la notion de commandement, quand tous les personnels tendent vers un niveau d'information plus uniforme ? Fluidification de l'opération, ou questionnement permanent ?

GARE À L'ESSAIM

L'utilisation des drones en Ukraine¹ questionne de nombreux aspects opérationnels et tactiques. La coordination d'essaims avec des SIA complexifie encore la réflexion et la préparation pour y faire face.

La défense contre un essaim de drones, et des soldats interconnectés avec l'appui d'une IA, révolutionnera-t-elle bientôt le champ de bataille ? À l'inverse, quelles opportunités ces outils permettent-ils d'envisager ?

“

Tout dépend de la nécessité d'accélérer ou non. Parfois, ne faut-il pas ralentir pour avoir deux jugements humains ?

”

TOUJOURS PLUS VITE ?

La coopération au niveau opérationnel et tactique demande une réactivité intense pour se coordonner et agir en groupe.

Au risque d'accroître le risque d'erreur, faut-il toujours accélérer le tempo de l'action ?

DES ENTREPÔTS LOGISTIQUES AU TERRAIN DE GUERRE

La logistique nécessite un traitement de données conséquent et rapide, ce qu'un SIA permet déjà d'appuyer dans des entreprises spécialisées².

Comment continuer à être efficace si notre infrastructure IA n'est plus opérationnelle ? Les méthodes de gestion d'entreprises sont-elles applicables sur un terrain d'opération ?

1 / « Quel impact la guerre des drones a-t-elle sur le conflit ukrainien ? »



2 / « Amazon a une stratégie redoutable pour accélérer la livraison de colis », Presse-citron.



“

Les non-sens vont apparaître au fur et à mesure des simulations et sur le champ de bataille, des situations absurdes qu'on ne pourra pas prévoir. Il faut créer une infrastructure tactique.

”

ENTRETIEN ET RÉPARATION DES VÉHICULES

Le fantassin, équipé d'un matériel de réalité augmentée ou bien d'un soutien robotique, élargit son éventail opérationnel grâce à l'accompagnement de SIA et de ces matériels électroniques correspondant. Certaines capacités sont alors ajoutées au fantassin entraîné pour ce type de manipulation, à l'image des “cobots : contrairement aux robots qui oeuvrent de manière autonome suivant des cycles automatisés, les cobots sont des « robots non autonomes dédiés à la manipulation d'objets en collaboration avec un manipulateur humain³.”

Les fantassins pourront-ils, si les solutions de replis sont lointaines, réparer leur véhicule sans attendre l'assistance ? Un système similaire pour le médical est-il envisageable, malgré la sensibilité de certaines interventions ?

“

La coordination est la partie critique d'une intelligence en essaim. Appliquée aux soldats, vous arrivez donc à un vrai essaim et non une intelligence de masse.

”

3 / R. Briant, « La synergie homme-machine et l'avenir des opérations aériennes », Ifri, Focus stratégique n°106, septembre 2021.



© Yuman Gao, Rui Jin



À VOIR /

Démonstration d'un essaim de drones, par Nexter.



À VOIR /

Des essais de drones autonomes testés avec succès en pleine nature, vidéo de Yuman Gao, Rui Jin.

“

Quand on est chef, on
en revient toujours aux
mêmes fondamentaux.
On ne peut pas tout
faire, donc il faut choisir.
Commander, c'est choisir.
Choisir, c'est renoncer.”

Commandant de Frégate Jacques, officier de la
30^e promotion de l'École de guerre, dans la vidéo



**EXTRAIT DE /
FORCES MORALES**

Épisode 3 - L'esprit de corps



“

Le commandant tient un rôle très important, parce que c'est lui qui donne la direction. D'abord il donne le sens de la mission. Ensuite, il faut qu'il diffuse un esprit de combativité et une confiance.

”

Lieutenant-Colonel Jean Michelin

EXTRAIT DE / 
FORCES MORALES
Épisode 6 - La mort

LE SOLDAT ET LE COMMANDEMENT

DES SIA À L'ÉCHELLE OPÉRATIONNELLE ET TACTIQUE REQUIÈRENT ÉGALEMENT UNE RÉFLEXION POUR LE NIVEAU STRATÉGIQUE. TOUT D'ABORD, QUELLES IMPLICATIONS CES NOUVEAUX OUTILS ONT-ILS SUR LA CHAÎNE DE COMMANDEMENT ET DE DÉCISIONS ? ET CERTAINS USAGES NÉCESSITENT-ILS AUSSI LE DÉVELOPPEMENT DE SIA POUR RÉPONDRE AUX ENJEUX ACTUELS ?

OUVRIR LE FEU : UNE DÉCISION HUMAINE POUR LES ARMÉES OCCIDENTALES

Pour l'utilisation d'une IA acceptée et acceptable, tous les interlocuteurs interrogés soulignent que la chaîne de décision doit comprendre un humain dans la boucle, et une traçabilité transparente de la chaîne de responsabilité. Si le choix n'implique pas de neutraliser un adversaire, l'exigence peut être plus lâche. En revanche, l'immense responsabilité de l'ouverture du feu ne peut se passer d'un humain pour trancher selon les règles éthiques et juridiques en vigueur. Notons cependant que l'approche chinoise, notamment, ne pose pas explicitement cette frontière éthique, ou sous d'autres visions : "L'Armée populaire de libération de la Chine souhaite utiliser la technologie sans porter atteinte au contrôle du Parti communiste. Les objectifs politiques semblent guider les politiques de la Chine. Une fois que le contrôle d'un système d'armement est confié à un algorithme, dans le pire des cas, le parti en perd le contrôle."¹

Quelles responsabilités juridiques sont engagées lors du choix de l'engagement du feu, si celui-ci est appuyé par une IA ? Une graduation de l'implication de l'humain est-elle réalisable ?

PROPAGATION D'IRRESPONSABILITÉ

Une mauvaise décision prise sur la base d'un rapport généré par un SIA, par exemple, amène indirectement un questionnement sur l'origine de ce choix. Dans cette situation avec un SIA, les différentes personnes impliquées peuvent rejeter la faute sur cet outil sans en assumer leur manquement, ou en le minimisant.

Qui porte la responsabilité ? Celui qui récolte l'information, celui qui prend la décision, le SIA qui intermédie et peut induire une mauvaise interprétation ? Devons-nous considérer que l'IA n'est qu'un outil, comme tant d'autres ou poser une responsabilité étendue aux concepteurs ou un organisme certificateur ?

EXPLICABILITÉ DANS L'ORIENTATION DE LA DÉCISION

L'humain étant en fin de la boucle avec l'appui d'un SIA génératif, la décision lui revient. Mais pour ne pas tendre vers la propagation d'irresponsabilité, l'explicabilité de cette génération de contenu doit être la plus claire et transparente possible. Les différentes parties prenantes doivent donc connaître les dessous de cette création, des audits pouvant appuyer cette traçabilité et donc explicabilité.

Comment diffuser cette explicabilité dans l'organisation ? Doit-elle primer dans le développement de chaque SIA ?



“

La singularité de la décision est clé. L'homme est aujourd'hui capable de dire non à l'exécution, mais l'IA pourra le faire sans souci.

”



DIVERSITÉ

PRISE DE VITESSE

Les SIA étant chaque jour améliorés, sur leur rapidité et qualité de réponse, la génération de contenus peut se faire en quasi-instantané pour les fantassins sur le terrain.

Avec des contenus générés en temps réels, un SIA peut-il prendre de vitesse un commandement qui serait malgré tout dans la boucle ? Avec quels effet contre-productifs ?

“ Parmi ces lignes rouges, on a cette nécessité d'avoir un opérateur humain dans la boucle, qui assigne une mission à une machine, faire en sorte qu'une machine ne puisse ni modifier sa mission ni s'en fixer une elle-même. C'est ça qu'on appelle la permanence de responsabilité du commandement. ”

“ Une fois l'essai passé et qualifié par la DGA, la responsabilité revient aux chefs militaires. L'IA va proposer, les chefs vont disposer. L'homme sera sorti de la boucle sur les micro-combats, de type essais. De la même façon qu'avec l'hyperthreading en finance : l'avantage est laissé au système. ”

“ La grande question qui se pose est celle de l'explicabilité. Comment avoir une décision traçable ? ”



LE SOLDAT ET L'IA GÉNÉRATIVE



ENSEIGNEM

LE SOLDAT ET L'IA GÉNÉRATIVE



ENTETS CLÉS

ENSEIGNEMENT

OPPORTUNITÉS, MENACES ET CONTROVERSES DES SIA GÉNÉRATIFS

THÉMATIQUE	OPPORTUNITÉS
CONFIANCE (CONFIANCE EN SOI, DANS LES AUTRES ET LE GROUPE)	Renforcement de la confiance individuelle et collective, grâce à une communication unifiée.
RESPONSABILITÉ (AU REGARD DE LA LOI)	Enregistrement et mémorisation des actions pour juger les actes de guerre (cf le concept de boîte noire).
APPRENTISSAGE	Appui sur des RETEX avec des données factuelles, compilées et horodatées. Anticipation de scénarios opérationnels, tactiques, stratégiques (complémentaire aux wargames et à la planification conventionnelle).
GESTION DE L'INFORMATION ET DE L'ATTENTION	Gain de temps (RETEX, apprentissage, etc) Adaptation des interfaces humain-machine (IHM) aux contextes et aux usages. Aide à la gestion d'informations multiples et complexes pour aider le soldat à se concentrer sur les tâches cruciales et se défocaliser des tâches dites ancillaires ou répétitives.
EN MISSION : SOUS LE FEU	Cyber-défense face à des personnels et outils interconnectés.
EN MISSION : TRANSMISSION	Gain de temps et capacité d'horizontalité de l'information pour plus d'efficience. Facilité des remontées d'informations au commandement en cas d'imprévu, d'embuscade. Traduction à la volée et en contexte d'informations du terrain.

À L'HEURE ACTUELLE, LES SIA GÉNÉRATIFS SONT ÉVALUÉS POUR S'INTÉGRER DANS LES COMPOSANTES DU FANTASSIN, DE FAÇON DIFFÉRENCIÉE EN FONCTION DE LA CRITICITÉ DES ENJEUX. NOUS PRENDRONS L'APPROCHE OCCIDENTALE ACTUELLE QUI IMPOSE UN "HUMAIN DANS LA BOUCLE". NOUS CHERCHONS DONC À PROJETER LES OPPORTUNITÉS, LES MENACES ET LES CONTROVERSES EN L'ÉTAT ACTUEL DES CONNAISSANCES SUR LA GÉNÉRATION DE TEXTE, D'IMAGES, DE VIDÉOS ET D'AUDIOS. AINSI, CES PROPOSITIONS RESTENT DES HYPOTHÈSES À VALIDER PAR LES FAITS, SUR LE TERRAIN.

MENACES	LES CONTROVERSES MAJEURES
Dégradation de la confiance par manque d'explicabilité des résultats.	La frontière de l'explicabilité des résultats de l'IA, aujourd'hui indépassable ?
Remise en question de la capacité d'initiative individuelle.	L'utilisation d'un SIA induit-il un manque de résilience dans des environnements dégradés ?
Contestation des humains qui se dédouanent sur la création de la machine.	Quelle implication de la responsabilité vis-à-vis de la machine ? La transparence totale des actions, une menace pour les démocraties ?
Recul des fonctions stratégiques principales qui doivent rester humaines (priorisation nécessaire dans le métier de soldat) Perte de certains savoir-faire par manque de pratique.	Nivellement des cultures militaires, de l'importance des doctrines et des principes de celles-ci. Comment l'usage du SIA y participe ?
Confusion entre "faire avec l'IA" et "faire par l'IA" : utiliser l'IA demande du temps et du recul, pour générer de l'information que l'on qualifie, hiérarchise, discrimine. Confirmation des biais de l'utilisateur si une prise de recul nécessaire n'est pas instaurée.	Les erreurs des SIA (fiabilité), bien que largement inférieures à l'homme dans certains cas, sont très mal acceptées.
Facteurs "temps et cognition à disposition" essentiels pour utiliser le SIA. Effets d'apprentissages à prévoir néanmoins. Effet contre-productif du syndrome Fear Of Missing Out (FOMO) pendant l'intervention.	L'intégration des espaces fluides et physiques sur le terrain, au détriment de l'attention du soldat ?
Contestation, volontaire ou non, du partage des responsabilités et de la prise de décision. Perte de confiance lors de l'échange d'informations à cause du risque d'intoxication par de fausses informations, rupture de contact, etc...	L'automatisation de la circulation de l'information crée-t-elle de nouvelles vulnérabilités critiques ?

ENSEIGNEMENT

OPPORTUNITÉS, MENACES ET CONTROVERSES DES SIA GÉNÉRATIFS

THÉMATIQUE	OPPORTUNITÉS
RAPPORT AUX TECHNOLOGIES	Attractivité des armées pour le recrutement des talents orientés vers le développement et la protection des technologies Matière communicationnelle valorisable par les armées pour son rayonnement et son influence visà- vis des institutions, du monde académique et économique.
RAPPORT AU CONFLIT	Avantage stratégique dans la circulation de l'information, pour raccourcir la boucle OODA. Technologies duales développées dans le domaine civil qui permettent ensuite des usages militaires astucieux et low cost.
RAPPORT AUX RESSOURCES (ENVIRONNEMENT, ÉNERGIE)	Rationalisation de l'organisation, de la consommation, de la répartition des ressources dans le temps et l'espace.
ETHIQUE	Dans une posture d' "éthique de l'efficacité" (avoir l'avantage stratégique à n'importe quel prix), les SIA appuient cette approche. Facilite le jugement de l'acte de guerre.
RELATIONS INTERNATIONALES	Gain d'influence et avantage stratégique aux pays maîtrisant la technologie. Diffusion d'un soft power (éthique, principes d'actions, vision du conflit etc.) via la vente d'un SIA (parallèle avec les avions de chasse.

BIEN QUE NOTRE RÉFLEXION S'ARTICULE AUTOUR DE LA FIGURE CENTRALE DU SOLDAT ET DE SON GROUPE, IL NOUS PARAÎT ESSENTIEL D'OUVRIRE LE SPECTRE DES OPPORTUNITÉS, MENACES ET CONTROVERSES AUX ARMÉES ET AUX ÉTATS. EN EFFET, CES DYNAMIQUES MACRO INFLUENCENT DE FAIT LE REGARD ET LES ACTIONS DES ÉCHELONS OPÉRATIONNELS.

MENACES	LES CONTROVERSES MAJEURES
Recul des investissements sur d'autres programmes avec une réallocation des budgets. Non-adaptation du SIA selon les terrains d'opération (exemple : données du passées périmées par le comportement d'un adversaire disruptif) Dépendance technologique vis-à-vis d'acteurs externes.	Syndrome TINA (There is no alternative) par peur du déclassement et d'éloignement du complexe militaro-industriel. Quel impact sur la réflexion et construction des programmes ?
Dépendance d'une brique technologique dans la chaîne de décision avec ses limites et vulnérabilités. Limitation de la perception de complexité du conflit.	La guerre reste un rapport humain, quelque soit la place de la machine. Les SIA poussent-ils à une déshumanisation du conflit ?
Consommation énergétique importante, ainsi que tensions croissantes sur les ressources naturelles, énergétiques et humaines pour opérer les SIA.	Quelle priorisation de l'allocation des ressources dans un contexte de raréfaction de celles-ci ?
Émergences de nouveaux impensés et possible inflexions et contestation du droit de la guerre.	Quelle place réserver à l'humain dans la boucle OODA en concurrence avec un SIA, avec quels supervisions et limitations ?
Lutte pour un leadership sur l'IA en général. Tensions stratégiques issues de la lutte pour les ressources (matérielles, naturelles, compétences humaines, capacités de calcul).	Comment préserver une souveraineté sur la chaîne de l'IA (datas, modèles, infrastructures), notamment avec des exigences d'interopérabilité (cadre OTAN) ? Quelle approche privilégier entre la recherche d'un leadership technologique (Chine/Inde/USA), et la protection des populations (UE) ?

ENGAGEMENT

LA PLACE DE L'HUMAIN DANS LE PROCESSUS TECHNOLOGIQUE

GRILLE D'ANALYSE

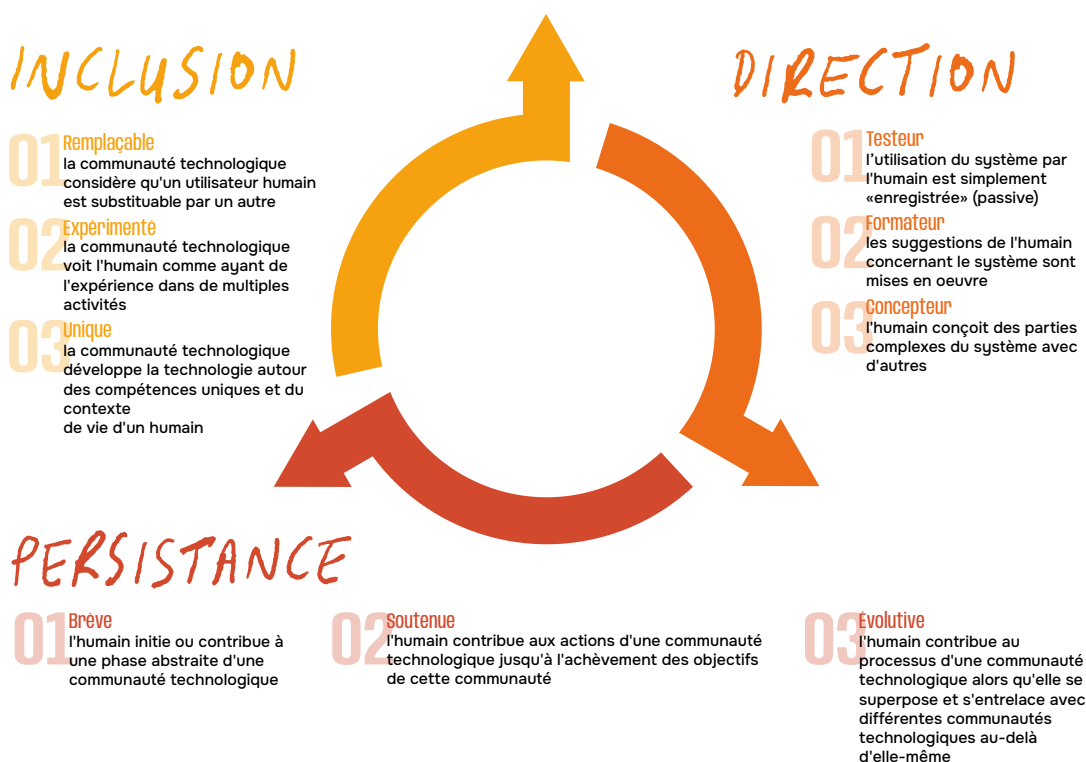
NOTRE REGARD S'EST PORTÉ SUR LE SOLDAT, SON GROUPE, SON ARMÉE ET SON PAYS. MAIS UN ACTEUR ESSENTIEL MÉRITE ÉGALEMENT D'ÊTRE MENTIONNÉ : LES COMMUNAUTÉS SCIENTIFIQUES ET TECHNOLOGIQUES PRODUCTRICES DES SIA. COMMENT CONSIDÈRENT-ELLES LA PLACE DE L'HUMAIN DANS CES SYSTÈMES ? UN ARTICLE RÉCENT VIENT ÉCLAIRER NOTRE RÉFLEXION ET SOULIGNE L'INFLUENCE DE CES COMMUNAUTÉS¹, DONT RÉSULTE LES SYSTÈMES ET LES USAGES LIÉS AU DÉVELOPPEMENT D'INTELLIGENCES ARTIFICIELLES. NOUS EN REPRENONS LES IDÉES PRINCIPALES.

Les auteurs (Marc Anderson et Karën Fort) font remarquer les réticences des communautés technologiques sur la participation humaine dans le processus de création et de fonctionnement des technologies. Cela s'illustre par le fait de chercher à retirer l'humain de la boucle dès que possible. Les auteurs tentent ainsi de définir une grille pour qualifier la place que pourraient donner ces communautés à l'humain dans la durée, sous trois aspects : l'inclusion, la direction, la persistance.

1 / Human Where? A New Scale Defining Human Involvement in Technology Communities from an Ethical Standpoint. Marc Anderson, Karën Fort. International Review of Information - Ethics, 2022, 31



Grille d'analyse de la place de l'humain



CLÉS

CONCLUSION

Après l'étude "Le Soldat Low-Tech" publiée en 2022, la volonté était d'apporter un éclairage au monde militaire et sécuritaire sur l'intelligence artificielle générative, ses usages et les évolutions potentielles à venir. Questionnant le rapport entre l'humain et la machine, les cas d'usages possibles et leurs enseignements, nous espérons que cette étude "Le soldat et l'IA générative" vous permet de mieux appréhender les enjeux, opportunités, menaces et controverses du sujet. Et maintenant ? Nous vous donnons quelques pistes pour poursuivre la réflexion et passer à l'action !

COMMENT POURSUIVRE CETTE RÉFLEXION ET LA DÉVELOPPER DANS VOTRE ORGANISATION ?

UN WORKBOOK POUR PROLONGER LA RÉFLEXION... ET INITIER DES CONVERSATIONS STRATÉGIQUES

En complément de cette étude, un workbook vous est proposé pour permettre de prolonger la réflexion sur ce sujet, et aussi imaginer des applications concrètes qui vous concernent plus particulièrement. Ce workbook peut permettre de lancer une discussion avec vos collaborateurs, échanger autour d'une base de références commune ou lancer un atelier de sensibilisation sur ces enjeux.

SUIVRE L'ACTUALITÉ SUR LE SUJET

Nous vous proposons plusieurs sources utilisées lors de la réalisation de cette étude pour rester en veille sur les différentes problématiques évoquées concernant l'intelligence artificielle et le monde de la défense.

- [EPFL \(thats-ai.org\)](https://thats-ai.org)
- [Inflexions \(inflexions.net\)](https://inflexions.net)
- [Revue Défense Nationale \(defnat.com\)](https://defnat.com)
- [War On The Rocks \(warontherocks.com\)](https://warontherocks.com)
- [Ars technica \(arstechnica.com\)](https://arstechnica.com)
- [Usbek et Rica \(usbeketrica.com\)](https://usbeketrica.com)

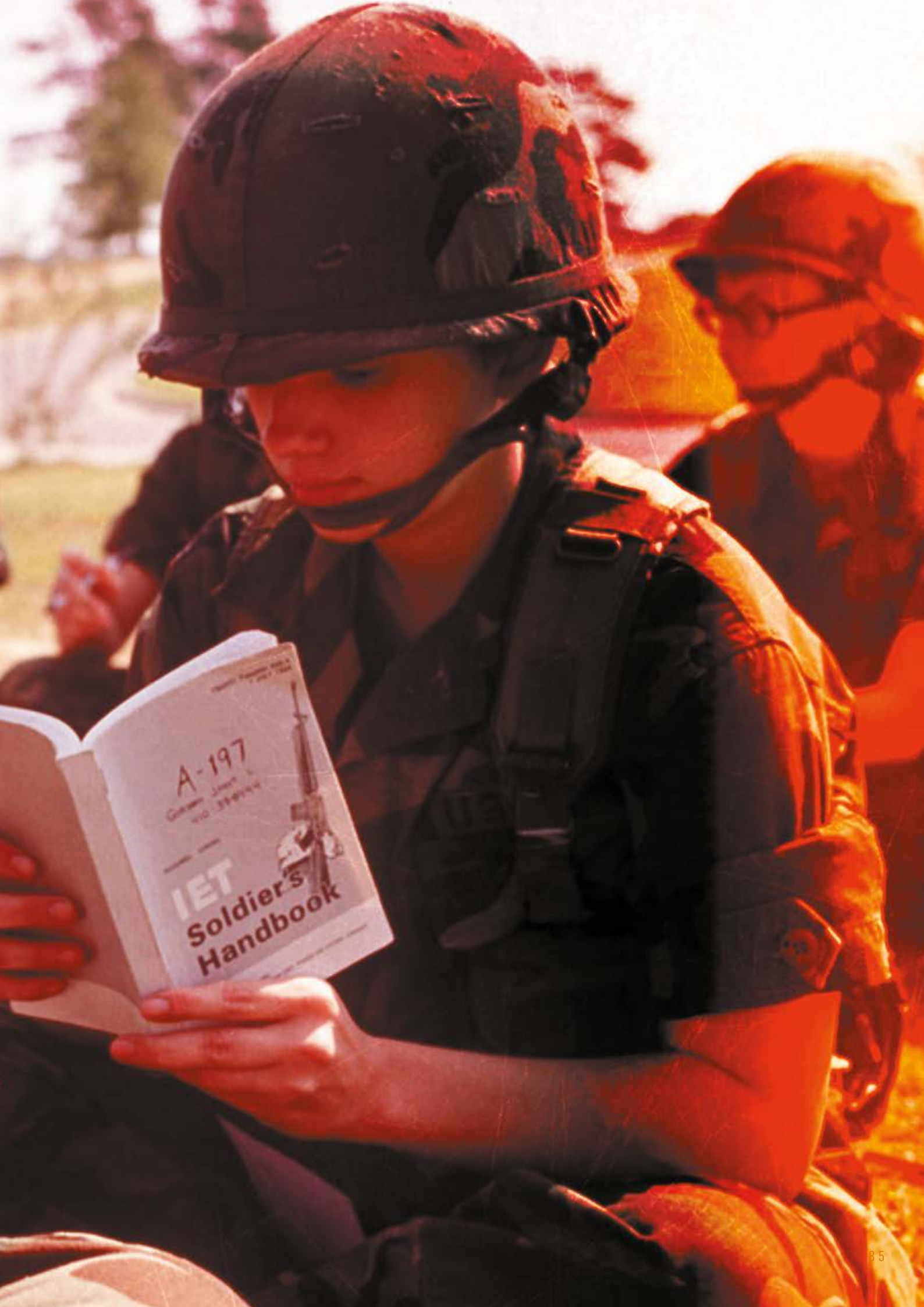
La bibliographie en annexe propose quelques lectures plus longues pour découvrir les différents points de vue sur l'intelligence artificielle, ainsi que le monde de la défense. Certaines références, classiques, sont néanmoins intéressantes à relire avec en tête le prisme de l'utilisation de SIA.

Les personnes citées au début de ce document font, également, partie des références.

LE SOLDAT ET L'IA GÉNÉRATIVE

ANNEXES

LE SOLDAT ET L'IA GÉNÉRATIVE



ZOOM SUR LES ARTEFACTS

POUR MATÉRIALISER NOS RÉFLEXIONS ET SOULIGNER CERTAINS ENJEUX, NOUS AVONS DÉVELOPPÉ DEUX ARTEFACTS : UN OBJET ET UNE SITUATION. ILS SOUHAITENT PROVOQUER LA DISCUSSION. QUE SIGNIFIENT-ILS ? QUELS USAGES, IMPACTS ET DÉTOURNEMENTS ENGENDRENT-ILS ?

LA BOÎTE NOIRE DU SOLDAT

Et si chaque soldat embarquait une boîte noire ? Les SIA génératifs ont la capacité de retranscrire des données en texte, images, etc. Ils pourraient servir à documenter le conflit, les actions du soldat, à des fins d'apprentissage ou de garantie du cadre juridique.



L'erreur 404 et ses affiliées (302, 502, 504) sont courantes pour les internautes. Sur le champ de bataille, leur impact est décuplé.



VUE D'ENSEMBLE SUR LES APPROCHES D'APPRENTISSAGE PROFOND (DEEP LEARNING)

MODÈLES	Réseau de neurones convolutif (CNN)	Réseau de neurones récurrents (RNN)
DESCRIPTION	Réseaux spécialisés dans le traitement des données visuelles, utilisant des convolutions.	Réseaux conçus pour traiter des séquences, captant des informations d'ordre temporel.
CAPACITÉS DU MODÈLE	Analyse d'images, reconnaissance faciale, détection d'objets.	Traitement du langage naturel, reconnaissance vocale, séquençage.
MODE DE FONCTIONNEMENT	Filtres captant des caractéristiques spatiales dans les images, avec des couches de convolution et de pooling.	Boucles internes permettant de maintenir le contexte sur de longues séquences de données.
CAS D'USAGES CIVILS	Diagnostic médical par imagerie, surveillance, applications de filtres photo.	Systèmes de recommandation, prévisions météo, assistants virtuels.
CAS D'USAGE MILITAIRES	Surveillance par drones, reconnaissance automatique de cibles, analyse de l'imagerie satellitaire.	Surveillance de communications, cryptanalyse, prévisions temporelles dans les opérations.
AVANTAGES	Efficacité dans la reconnaissance de motifs visuels, robustesse dans le traitement d'images.	Capacité à gérer des données séquentielles, utile pour les tâches dépendantes du temps.
PRINCIPALES FAIBLESSES	Nécessite beaucoup de données, interprétation difficile des couches, sensibilité aux changements.	Problèmes de disparition du gradient, gestion des séquences longues.



Les réseaux récurrents (RNN)	Réseau Génératif Antagoniste (GAN)	TRANSFORMER Utilisé pour les modèles de langage (LLM)
Idéal pour traiter des données séquentielles et mémoriser des informations des étapes antérieures.	Systèmes avec un générateur et un discriminateur s'entraînant mutuellement pour créer des données réalistes.	Architecture avancée pour le traitement du langage, basée sur des mécanismes d'attention.
Utilisé pour la prédiction, la reconnaissance vocale et les séries temporelles.	Création d'images, vidéos, musiques, synthèse de données.	Traduction automatique, génération de texte, compréhension de requêtes.
Modèles conservant une mémoire à long terme des séquences de données.	Le générateur crée des données, le discriminateur évalue leur authenticité.	Utilise l'attention (procédé informatique) pour évaluer les relations entre tous les éléments d'une séquence.
Applications : recommandation, prévision financière, traitement de données vocales.	Jeux vidéo, effets spéciaux, création artistique, augmentation de datasets.	Chatbots, outils d'aide à la rédaction, systèmes de réponse automatique.
Utilisés pour les communications, la prédiction de séries temporelles et l'analyse des données de comportement.	Simulation d'environnements pour l'entraînement, création de scénarios de camouflage, génération de fausses images pour tromper l'ennemi.	Traduction de communications étrangères, génération de rapports de renseignement, gestion de données massives.
Capacité à générer de nouvelles séquences à partir de données existantes.	Capacité à générer de nouvelles données réalistes, peut être utilisé pour améliorer les données existantes.	Capacité à gérer de grandes séquences de données, puissant pour la traduction automatique.
Difficultés : disparition et explosion du gradient, difficile de gérer les longues séquences.	Coûts de calcul élevés, équilibre délicat entre générateur et discriminateur.	Besoin de grandes quantités de données, risques de biais, complexité de gestion du contexte.

COMPARAISON DES MODÈLES DE LLM

■ Closed source¹ ■ Closed source, available through APIs² ■ Open source³

	Text	Image	Audio or music	3-D	Video	Protein structures or DNA sequences
Microsoft			VALL-E	RODIN Diffusion	GODIVA	MoLeR
OpenAI ⁴	GPT-4	DALL-E 2	Jukebox	Point-E		
Meta	LLaMA	Make-a-scene	AudioGen	Builder Bot	Make-a-video	ESMFold
Google/DeepMind	LaMDA	Imagen	MusicLM	DreamFusion	Imagen Video	AlphaFold2
Stability AI	StableLM	Stable Diffusion 2	Dance Diffusion			LibreFold
Amazon	Lex		DeepComposer			
Apple				GAUDI		
NVIDIA	MT-NLG	Edify		Edify	Edify	MegaMolBART
Cohere	Family of LLMs					
Anthropic	Claude					
AI21	Jurassic-2					

Source : Exploring opportunities in the generative AI value chain, 26 Avril 2023, McKinsey.com

PAYSAGE DE L'IA GÉNÉRATIVE

The Generative AI Market Map v3

A work in progress



BIBLIOGRAPHIE GÉNÉRALE

Cette bibliographie a été construite de façon non exhaustive, pour pouvoir continuer à réfléchir et s'imprégner du sujet.

Une distinction est faite entre les sources avec une teinte majoritairement technologique, et une autre sur la défense. Certaines ressources font partie des classiques du genre, il nous semble toutefois utile de les notifier pour inciter une relecture en gardant en tête les enjeux des SIA appliqués à la défense. L'exercice peut être long et fastidieux, mais pas moins passionnant et instructif.

Défense

OUVRAGES

M. Goya, "Sous le feu - La mort comme hypothèse de travail"

P. Servent, "Extension du domaine de la guerre"

C. von Clausewitz, "De la guerre"

Sun Tzu, "L'art de la guerre"

INSTITUTIONS ET ENTREPRISES

Chaire de recherche IA au CReC Saint-Cyr [↗](#)

DARPA [↗](#)

Sequoia [↗](#)

Le Rubicon [↗](#)

IFRI [↗](#)

IRSEM [↗](#)

RAPPORTS ET ARTICLES

L. de Roucy-Rochegonde, "Deus ex machina : les enjeux de l'autonomisation des systèmes d'armes" [↗](#)



Technologies

L. Alexandre, “La guerre des intelligences à l’heure de ChatGPT”

E. Sadin, “La vie spectrale: Penser l’ère du métavers et des IA génératives”

J.-L. Gergorin et L. Isaac-Dognin, “Cyber - La guerre permanente”

C. Marangé et M. Quessard (sous la direction de), “Les guerres de l’information à l’ère numérique”

Hugging Face [↗](#)

Hubert Guillaud [↗](#)

AI by McKinsey [↗](#)

HUB Institut [↗](#)

Shaping AI [↗](#)

Stanford University, “Measuring trends in Artificial Intelligence”, AI Index Annual Report [↗](#)

CNIL, “[Dossier IA générative] - ChatGPT : un beau parleur bien entraîné” [↗](#)

C. Villani (rapport de), “Donner un sens à l’intelligence artificielle (IA)” [↗](#)

Kyrou, Ariel. «Les imaginaires de l’intelligence artificielle.», 28 novembre 2018, Cahiers Costech, numéro 2. [↗](#)

KYROU Ariel, « Dans les imaginaires de l’IA », Multitudes, 2020/1 (n° 78), p. 75-83. [↗](#)

Warwick University, «Shaping 21st Century AI: Contending with the MITI’s Society 5.0» [↗](#)

