



La Lettre de MINERVE

La lettre trimestrielle de Minerve
est éditée par l'Association de l'Enseignement Militaire
Supérieur, Scientifique et Académique

Lettre n° 65 – mars 2025

Table des matières

Éditorial du Président, le Général de corps d'armée (2S) Olivier GOURLEZ de la MOTTE	2
Mot du Directeur général de Minerve, le Général (2S) Nicolas RICHOUX	2
Editorial de la Rédactrice en chef	2
Nouvelles de l'EMSST : une école en pleine évolution, engagée dans la transformation « au combat »	3
« Conférence de rentrée de l'EMSST: Biotechnologies, panorama et enjeux d'intérêt Défense »	3
« L'intelligence artificielle au sein de la logistique terrestre »	4
« Promesses et limitations de l'apprentissage par renforcement »	5
« Intérêt des outils de simulation pour optimiser la planification du soutien aux opérations »	6
« La technologie au service des armées : opportunités et défis »	7
« Perspectives des armes à effet dirigé pour les armées : focus sur le canon laser »	8
« Innovations et perspectives dans l'aérospatiale : des avancées pour les applications civiles et militaires »	9
« Quels leviers technologiques pour la décarbonation de l'aérien au service des armées ? »	9
« Être Saint-Ex »	10
« Recrutez ! »	10
« Hommage au Général Jean-Pierre HINTZY »	11
« Un adhérent à l'honneur »	11
Conseils de lecture	11
Carnet gris	11
Carnet rose	11



La Lettre de MINERVE

La lettre trimestrielle de Minerve
est éditée par l'Association de l'Enseignement Militaire
Supérieur, Scientifique et Académique

Lettre n° 65 – mars 2025

Éditorial du Président, le Général de corps d'armée (2S) Olivier GOURLEZ de la MOTTE « La technologie au service des armées »

Il suffit de manifester un soupçon d'intérêt à l'histoire militaire et en particulier à la réalité de la guerre, pour comprendre à quel point la technique est partie prenante de façon déterminante pour faire évoluer les armes, les armées et par là-même les doctrines et l'emploi des forces. Elle est primordiale sur un champ de bataille.

La maîtrise de techniques nouvelles ou complexes a participé pleinement et participera toujours à la suprématie d'un camp sur l'autre.

Aussi, la technologie, en tant qu'étude des techniques, s'impose-t-elle de façon essentielle pour préparer nos armées à leurs engagements.

Le tissu français des entreprises de l'armement est réputé pour la qualité des systèmes produits. De plus, sans disposer de l'exhaustivité des entreprises américaines, il couvre un très large spectre de spécialités. Dans certains domaines, on peut se demander si la recherche de capacités de nos armées a précédé la technique ou bien au contraire si la compétence industrielle a anticipé la réponse à un besoin.

Cela est possible si en regard d'un savoir-faire industriel, les armées disposent de personnes aptes à exprimer un besoin, à partir de leurs connaissances opérationnelles, de le décliner et de comprendre l'intérêt de telle ou telle réponse technique.

De ce constat partagé découle, pour le personnel des armées et en particulier pour nos officiers, un enjeu majeur de compétence et donc de formation à la technologie.

Au sein de l'armée de Terre, c'est bien le rôle assigné à l'Enseignement Supérieur Scientifique et Technique. L'ensemble des disciplines concernées par cette maîtrise de la technologie doit être couvert par des enseignements adaptés et exigeants.

Vous trouverez dans cette lettre de Minerve quelques articles montrant à quel point les officiers engagés dans cette voie ont à cœur d'acquérir les compétences dont l'armée de Terre a besoin.

Bonne lecture à vous.

Mot du Directeur général de Minerve, le Général (2S) Nicolas RICHOUX

Chers amis,

L'année a bien débuté avec les traditionnels conseil d'administration et assemblée générale de Minerve.

Parmi les points positifs à souligner, la première conférence de février sur l'Ukraine a été un franc succès avec plus de 100 participants, aussi bien en salle que par internet. Un grand merci à tous pour votre implication et pour votre intérêt. Notons une fois de plus notre partenariat très bénéfique avec le *think tank Synopia*.

Il convient maintenant de confirmer cette bonne tendance avec la conférence qui se tiendra le jeudi 10 avril prochain. Nous aurons alors le privilège de recevoir Monsieur l'ambassadeur Xavier Driencourt, ex-ambassadeur de France à Alger, qui nous fera un point sans concession sur nos relations avec l'Algérie. Soyez nombreux au rendez-vous !

Quelques points sont encore perfectibles. Certains courriers numériques n'arrivent pas semble-t-il pas à leurs destinataires, sans qu'il soit possible d'en analyser avec précision les causes techniques. C'est peut-être la raison pour laquelle l'assemblée générale et le cocktail ont rassemblé assez peu de monde cette année. Soyez certains que tout est fait pour remédier à cette situation. Cela me donne l'opportunité de remercier André MAZEL et notre vice-président André VAR pour leurs efforts et leur engagement dans le domaine de l'optimisation du « mailing ».

Enfin, parmi les projets, une soirée de fin d'année type Alumni organisée avec les stagiaires est à l'étude avec l'EMSST. Elle pourrait se dérouler en juin lors de la journée de fin de scolarité et sa traditionnelle prise d'armes.

Portez-vous bien !

Editorial de la Rédactrice en chef

Isabelle PRAUD-LION, Officier réserviste citoyen auprès du CCF

Chers lecteurs,

Pendant la conférence de « rentrée » du 9 janvier, la meilleure tradition scientifique française nous a transportés jusqu'à la version actuelle du « canard de Vaucanson » du XVIIIème siècle, à savoir : l'invention des « jumeaux numériques » pour assister au mieux nos blessés en opérations (projet dirigé et évoqué à la fin, par le Médecin-chef des services Sébastien BANZET).

Les nombreuses contributions à cette Lettre montrent la diversité des champs d'application tout comme l'intérêt que les stagiaires de l'EMSST portent à la technologie au service des armées : logistique, apprentissage, planification, mise à niveau de systèmes d'armes ... Et bien qu'il ne leur rende pas suffisamment justice, le format court des articles, imposé pour notre Lettre permet de montrer le niveau des compétences acquises et l'excellence de la formation dispensée.

Rédactrice en chef : ORC Isabelle PRAUD-LION - isabelle.praud-lion@jpl-sas.fr
Mise en page : Colonel (ER) Marc LIMON - limonmrc@orange.fr

Minerve est soutenue par la Fondation
Crédit Social des Fonctionnaires



Nouvelles de l'EMSST : une école en pleine évolution, engagée dans la transformation « au combat »

Par le Colonel Alexis-Emmanuel LAPACHERIE, directeur de l'EMSST

École de l'expertise de haut niveau de l'armée de Terre, l'EMSST suit au travers de ses différentes et nombreuses scolarités l'actualité scientifique et géopolitique.

Pleinement impliqué dans le modèle « au combat », l'EMSST accentue son effort pour que les officiers formés développent leur polyvalence, leur réactivité ainsi que leur capacité à prendre des initiatives via l'acquisition de nouvelles compétences dans le cadre de formations d'excellence.

L'EMSST est en cours de préparation du millésime 2025-2026. Cette promotion va être encore particulièrement nombreuse, de l'ordre de 170 officiers stagiaires. Elle s'inscrit pleinement dans la réforme du parcours des officiers brevetés, qui permet la réduction du temps de formation des officiers lauréats du concours de l'École de guerre. Ainsi, outre les lauréats DT 2024, ce millésime comprendra une partie des futurs lauréats du concours DT 2025, dont les résultats sont attendus d'ici la fin du mois de mars, ainsi que des lauréats de trois millésimes du concours de l'École de guerre (2022, 2023, 2024).

L'EMSST poursuit la montée en puissance de scolarités dans les domaines émergents, notamment dans des nouveaux domaines de formations d'intérêt Défense (intelligence artificielle dont IA appliquée à la robotique, technologies quantiques, robotique, sciences cognitives), tout en maintenant ses scolarités plus « historiques » mais nettement ancrées dans l'actualité (augmentation du volume d'officiers formés en langue et monde russe, DT emploi des forces pleinement tourné vers le travail d'état-major de division, langue et monde africains, par exemple). Par ailleurs, sur le cycle 2025-2026 l'EMSST va expérimenter une scolarité scientifique « typée haut potentiel », l'*Executive Master* de l'École Polytechnique.

Comme pour chaque promotion, l'EMSST puise une part importante de sa richesse dans le brassage d'officiers diplômés et brevetés au sein des mêmes scolarités et préparations communes, générant un véritable continuum de cohérence entre officiers, gage d'excellence.

Fortement engagé dans la formation de haut niveau des officiers supérieurs de l'armée de Terre, l'EMSST appuie le modèle « au combat » en accentuant ses efforts de formation dans les technologies de rupture d'intérêt Défense.

« Conférence de rentrée de l'EMSST: Biotechnologies, panorama et enjeux d'intérêt Défense »

Par le capitaine Nicolas ALLEGRE, Stagiaire EMSST 2024-2025, Mastère Spécialisé IA ENSTA / Paris-Télécom

En raison de la tenue des jeux Olympiques à Paris, la conférence de rentrée scolaire 2024-2025 de l'EMSST, a été prononcée le 9 janvier 2025 par trois experts du domaine des biotechnologies : Madame Kalina RASKIN Directrice générale du Centre d'études et d'expertise en biomimétisme (CEEBIOS), le Médecin-chef des services Sébastien BANZET Directeur adjoint du centre de transfusion sanguine des Armées et le Pharmacien-chef des services David BRETON Conseiller Santé à la Direction de la préparation de l'avenir et de la programmation de la DGA. Les échanges ont été brillamment animés par Madame BERNARD-CROZAT Directrice associée et rédactrice en chef de S&D Magazine.

La biotechnologie, selon la définition de l'OCDE (Organisation de Coopération et de Développement Economiques), désigne l'application scientifique à des organismes vivants ainsi qu'à leurs composants, pour modifier des matériaux vivants ou non à des fins de production ou de connaissance. Le biomimétisme, quant à lui, est une approche scientifique visant à comprendre les mécanismes biologiques pour les transposer à d'autres domaines.

Actuellement, 80 % des projets en biotechnologie concernent les secteurs de la santé et de l'industrie. L'Agence Européenne de Défense (AED) considère la biotechnologie comme une technologie de rupture clé d'ici 2040. Pour sa part, l'OTAN a élaboré en 2024 une stratégie visant à construire une politique encadrant cette discipline de manière responsable. Un enjeu essentiel réside dans la régulation. Il existe des similitudes entre l'UE et l'OTAN pour interdire l'usage de la biotechnologie à des fins d'armement, tout en explorant des applications sur l'humain, à condition qu'elles soient réversibles.

I) Cas d'application

1. Syndrome d'irradiation aiguë

Les thérapies cellulaires offrent des perspectives prometteuses. Leur mise à l'échelle demeure un défi majeur car l'allocation de cellules pour un grand nombre de patients sera limitée par les délais et les capacités de production. Pour palier cela, il est envisagé de produire directement les effets actifs (protéines thérapeutiques) et de les stocker. De plus, des améliorations technologiques sont envisagées pour pointer davantage les zones affectées.

2. Tardigrade

Le tardigrade est un organisme extrémophile, c'est-à-dire résistant à des conditions extrêmes, y compris des doses de radiation mortelles pour l'humain. La DGA (Direction générale de l'armement) s'intéresse à la protection contre les rayons X apportée par une protéine, qui, lors de tests, a permis à des cellules de résister à 500 Gy (10 fois la dose létale). De plus, d'autres applications potentielles incluent l'utilisation de protéines de résistance au froid sur l'humain. Il est indispensable de s'assurer de leur réversibilité.

3. Transfusions de cellule

L'utilisation de transfusion de cellules permettrait de développer, pour les blessés, des plaquettes sanguines synthétiques à partir de cellules souches pluripotentes induites (iPS) pour surmonter les obstacles éthiques liés aux cellules souches embryonnaires. Concernant les brûlures, les greffes de peau proviennent actuellement de prélèvements autologues (du patient lui-même), limités en cas de brûlures étendues. Les solutions envisagées consisteraient à cultiver des cellules prélevées en petite quantité pour produire de grandes surfaces de peau. Il faut encore comprendre et réduire les rejets liés aux greffes de peau d'origine tierce afin de créer une peau universellement greffable.

4. Énergie

Pour développer de l'énergie, la recherche s'inspire des mécanismes des plantes produisant de l'hydrogène à partir de l'eau. Une autre piste consiste à exploiter les mouvements ondulatoires d'animaux marins, pour concevoir des membranes générant de l'énergie.

5. Structure de la Matière

La recherche porte aussi sur la reproduction d'architectures naturelles pour modifier les propriétés physiques des matériaux.

6. Stockage d'informations à base d'ADN (acide désoxyribonucléique)

L'ADN est très stable, compact et ne nécessite pas d'énergie. Facile à produire, mais lente et coûteuse, la synthèse ADN pourrait être utilisée pour le stockage de données. Elle présente un potentiel prometteur. Cependant, des défis subsistent, notamment concernant la complexité de l'écriture et l'organisation des données pour un accès efficace à grande échelle.

II) Perspectives

Les évolutions attendues d'ici 2030-2040 portent tout d'abord sur le développement de solutions dans le domaine de la bio-production. Elles concernent également l'amélioration des outils analytiques, comme ceux permettant de simplifier et d'isoler l'ADN. Enfin, l'utilisation de l'IA (intelligence artificielle) pour le biomimétisme sera essentielle pour agréger les connaissances et en extraire des informations exploitables. Cependant, les intervenants voient deux freins à cette évolution en France. D'abord la difficulté à atteindre la pleine autonomie stratégique française ou européenne dans l'immédiat et le besoin de réduire

la dépendance envers certains pays, de diversifier les fournisseurs avec, à court terme, une perte d'efficacité. Ensuite, le besoin de structurer l'approche capital humain et capital financier dans le domaine de la recherche pour éviter la fuite et le rachat des talents.

III) Conclusion

Les technologies biotechnologiques sont bien comprises et offrent de nombreuses applications concrètes. Le principal défi demeure leur capacité d'industrialisation à grande échelle. Par ailleurs, il est crucial de maintenir des capacités d'innovation, tout en maîtrisant l'ensemble de la chaîne, de l'acquisition des connaissances jusqu'à leur mise en œuvre industrielle.

« L'intelligence artificielle au sein de la logistique terrestre »

Par le Capitaine Alexandre GRAS, stagiaire EMSST 2024-2025, École des Mines de Paris, management industriel et systèmes logistiques

La logistique est le cordon ombilical qui approvisionne et soutient les forces au contact et d'appui. Manœuvre de l'ombre, cette fonction a prouvé son rôle vital lors de la guerre en Ukraine, où les armées russe et ukrainienne ont renforcé leur logistique en anticipation d'un conflit long (cf. Le Monde, 16 janvier 2024). La réussite ou l'échec d'une opération repose sur une planification minutieuse, l'anticipation des besoins et l'adaptation aux contraintes du terrain. Dans ce cadre, l'intelligence artificielle (IA) s'impose comme une opportunité majeure, permettant d'automatiser l'analyse des données et d'améliorer la prise de décision. Cependant, son intégration soulève des défis, notamment en matière de cybersécurité et de consommation énergétique.

1. Définition de l'intelligence artificielle

L'IA trouve ses origines dans les travaux du mathématicien David Hilbert (1928) et surtout d'Alan Turing (1937) avec son ouvrage fondateur « *On Computable Numbers, With an Application to the Entscheidungsproblem* » (le problème de la décision). Ce dernier posera en 1950 la question fondamentale de la capacité des machines à imiter l'intelligence humaine. La première mention officielle du terme "intelligence artificielle" date de 1956 lors de la conférence de Dartmouth, organisée par John McCarthy. Dès lors, l'IA n'a cessé d'évoluer, notamment avec le *machine learning*, le *deep Learning* et les *large language models* comme *ChatGPT*.

L'intelligence artificielle repose sur plusieurs sous-domaines, dont :

- Réseaux de neurones : systèmes de couches interconnectées reproduisant le fonctionnement du cerveau humain ;
- ML : *machine learning* (apprentissage machine) capacité de l'algorithme à adapter de façon automatique le résultat souhaité en fonction des données et donc du contexte ;
- DL : *deep learning* (apprentissage profond) extension du ML, utilisant des réseaux neuronaux profonds pour traiter des volumes massifs de données ;
- LLM : *Large language models* (grands modèles de langage) au cœur de l'IA générative, capables de produire du langage naturel avec fluidité et pertinence.

Aujourd'hui, l'IA est devenue incontournable dans des secteurs variés, notamment la finance, la santé et la logistique, où elle optimise la gestion des flux, réduit les erreurs humaines et améliore la rapidité d'exécution.

2. Les applications dans la logistique militaire

- L'autonomisation des vecteurs

Dans un contexte où le volume de ressources à acheminer ne cesse d'augmenter, l'armée explore des solutions visant à réduire la dépendance aux soldats pour le transport de matériel. L'intégration de véhicules autonomes, tels que ceux développés par le programme TARDEC (*Tank Automotive Research, Development and Engineering Center*) de l'armée américaine, constitue une avancée majeure. Ces véhicules, équipés de ML, de systèmes GPS et de capteurs intelligents, permettent un acheminement sécurisé des ressources aux unités de combat. Dès 2019, les premiers tests ont démontré leur efficacité, notamment en matière d'adaptation aux menaces du terrain et d'optimisation des itinéraires.

- Maintenance préventive et automatisation

L'augmentation du nombre de systèmes autonomes et de drones en opération complexifie la maintenance des matériels. L'IA joue un rôle clé dans l'optimisation de la maintenance préventive en s'appuyant sur les *digital twins*, des répliques numériques des équipements mises à jour en temps réel grâce aux capteurs embarqués. Ces systèmes simulent divers scénarios de réparation et génèrent des recommandations optimisées. En parallèle, l'automatisation des processus par RPA (automatisation robotisée des processus) réduit les délais administratifs et améliore l'efficacité des flux de réparation, limitant les pertes de temps critiques sur le terrain.

- L'IA et LOGFAS, un nouveau défi

LOGFAS (*Logistics Functional Area Services*) est un outil fondamental de l'OTAN pour la gestion logistique des opérations militaires. Conçu dans les années 1980, il permet la planification des stocks, la gestion des itinéraires et le suivi des approvisionnements. Toutefois, son utilisation reste contraignante, nécessitant encore de nombreuses saisies manuelles sous Excel, ce qui augmente le risque d'erreurs et ralentit le processus décisionnel. L'IA, intégrée à LOGFAS, pourrait automatiser l'analyse des données et permettre une prise de décision plus rapide et plus fiable, notamment en reliant directement les flux logistiques aux évolutions du champ de bataille.

3. Les limites et enjeux technologiques

- Le défi énergétique

L'IA, par sa puissance de calcul et son traitement massif de données, est particulièrement énergivore. Microsoft a ainsi réactivé la centrale nucléaire de *Three Mile Island* pour alimenter ses serveurs (80 MW), illustrant l'ampleur des besoins énergétiques. Pour les forces armées, cette contrainte est un obstacle majeur, l'autonomie énergétique étant une priorité opérationnelle. Des solutions comme les *microgrids* (systèmes électriques autonomes capables de produire, stocker et distribuer l'énergie) pourraient offrir une alternative, mais leur mise en œuvre impose de nouvelles contraintes aux unités déployées.

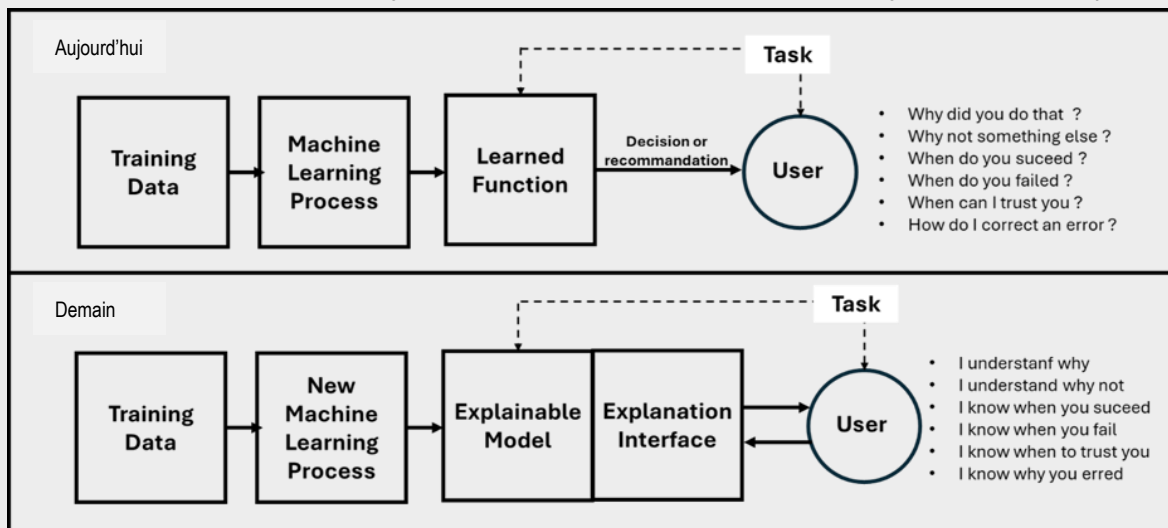
- Cybersécurité et fiabilité des données

L'IA repose sur des bases de données dont l'intégrité est primordiale. Une faille de sécurité ou une cyberattaque pourrait compromettre des opérations entières. De plus, l'IA elle-même peut être manipulée ou leurrée, générant ainsi des décisions erronées aux conséquences dramatiques. La protection de ces systèmes est donc essentielle pour garantir leur fiabilité sur le champ de bataille. Des algorithmes de cybersécurité avancés, appuyés par l'IA elle-même, sont développés pour contrer ces menaces.

- L'IA explicable et prise de décision

Avec la démocratisation des outils d'IA générative (*ChatGPT, Gemini*), les utilisateurs tendent à se fier aux résultats sans forcément en comprendre le fonctionnement. L'IA explicable (XAI - *eXplainable AI*) vise à pallier ce problème en offrant une transparence sur les processus décisionnels des algorithmes (NetApp, 2024).

En milieu militaire, cette transparence est cruciale afin de valider les décisions produites et d'ajuster les analyses en fonction des paramètres réels du terrain. Comprendre les fondements d'une décision algorithmique permet d'éviter les biais et d'affiner les stratégies opérationnelles. Aujourd'hui



Evolutions apportées par l'IA explicative.

Conclusion : l'IA, un levier stratégique pour la logistique militaire

L'intégration de l'intelligence artificielle dans la logistique militaire constitue une avancée majeure, permettant une automatisation accrue, une amélioration de la prise de décision et une optimisation des flux de ressources. Toutefois, cette révolution technologique s'accompagne de défis importants, qu'il s'agisse de cybersécurité, de consommation énergétique ou de la compréhension des processus décisionnels. L'IA doit être envisagée comme un outil d'aide à la décision et non comme une solution absolue. Sa mise en œuvre sur le champ de bataille doit être accompagnée de protocoles de contrôle rigoureux et d'une formation des opérateurs pour maximiser son efficacité sans compromettre la sécurité des opérations.

« Promesses et limitations de l'apprentissage par renforcement »

Par le Lieutenant-colonel Tristan WADDINGTON, stagiaire EMSST 2024-2025 FS, master 2 DataScience à l'Institut Polytechnique de Paris

L'intelligence artificielle est résolument entrée dans nos vies quotidiennes et professionnelles. Le phénomène ChatGPT en est la face émergée depuis novembre 2022. Utilisable gratuitement par tous¹, cet outil doit sa pertinence à une variante du processus d'entraînement, nommée « apprentissage par renforcement avec retour d'information humain »². La sensibilité humaine est ainsi de retour dans la boucle de l'apprentissage machine. Elle encourage les bonnes réponses comme le ferait un mentor, pour obtenir plus vite un résultat efficace y compris pour des problèmes complexes, avec toutefois certaines limitations.

Le fonctionnement de l'apprentissage par renforcement avec retour d'information humain

Historiquement, l'apprentissage par renforcement est une branche de l'intelligence artificielle qui vise à entraîner une machine, souvent nommée « agent », à agir dans un environnement simulé pour obtenir la plus grande récompense possible. Une fois ce système en place, l'agent agit tout seul en répétant le processus des milliers de fois, s'améliorant en gagnant de l'expérience. C'est ce qui a permis à « AlphaGo », développé par Google DeepMind, de battre en 2016 le coréen Lee Sedol, 9^{ème} meilleur joueur mondial de go.

S'appuyant sur ces travaux, une équipe conjointe d'OpenAI et de Google DeepMind a eu l'idée en 2017³ d'ajouter une phase de retour d'information par un humain au processus de récompense. Un opérateur doit choisir le comportement le plus efficace parmi les deux qui lui sont présentés, celui-là est ensuite valorisé lors des parties suivantes (voir figure).

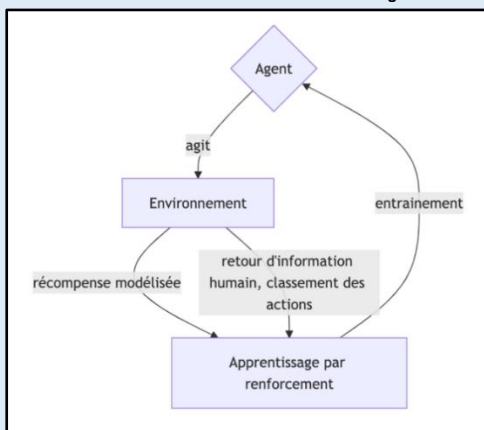
D'une part, ce système permet de faire l'économie de la modélisation mathématique complexe de la récompense, pour une sollicitation raisonnable des humains. Et d'autre part, ce retour a considérablement réduit le temps nécessaire à l'entraînement des agents, passant de milliers d'heures à une dizaine d'heures pour les mêmes compétences.

Les applications pour des tâches complexes

Si les premiers travaux visaient à entraîner une intelligence artificielle à jouer aux jeux d'arcade des années 80, très vite cette technique a été employée dans des jeux beaucoup plus complexes : échecs, go, Starcraft puis Dota. Même lorsque les informations sur l'environnement sont incomplètes, les systèmes multi-agents ainsi entraînés sont devenus capables de décider dans l'incertitude.

De même, le retour d'information humain est l'un des piliers⁴ de la qualité des grands modèles de langages tels ChatGPT et de leurs nouvelles compétences de raisonnement.

La phase de retour par l'humain permet également de guider plus finement l'agent dans des actions difficilement modélisables au sens mathématique, et pour lesquelles l'expérience humaine serait nécessaire. Pensons à un bras de robot démineur qui doit excaver un objet potentiellement piégé, ou à un groupe de drones devant se coordonner pour mieux surveiller une zone. Dans ces deux cas, le bon sens du militaire saurait aisément indiquer la meilleure parmi deux actions des robots, contribuant à l'apprentissage de la machine sans nécessiter de fortes connaissances mathématiques ou d'ingénierie.



Les limitations intrinsèques

Cependant, le fait d'avoir eu recours aux humains pour l'apprentissage peut également être un facteur de fragilité. En effet, les sous-traitants chargés de ce retour d'information ont leur propre interprétation des consignes, présentent des biais personnels ou culturels et commettent des erreurs lors de l'évaluation.

De plus, le risque d'un sabotage ou d'une porte dérobée ne peut être écarté. Imaginons qu'un sous-traitant infiltré « punisse » un agent de reconnaissance de cibles militaires à chaque fois qu'il détecte un certain véhicule chinois sur l'image. Sans contrôle complémentaire, les compétences théoriques pourraient être satisfaisantes, mais les probabilités de détection de ce véhicule en conditions réelles par l'intelligence artificielle ainsi corrompue seraient bien plus faibles.

Les hallucinations des modèles de langage sont un autre exemple de limitation. En simplifiant un peu⁵, les évaluateurs favorisaient initialement les réponses qui semblaient vraies plutôt que celles indiquant « je ne sais pas », ce qui a conduit à la valorisation de réponses inventées. De même, les réponses « ne heurtant pas la sensibilité » ont également été valorisées, ce qui représente une sorte de censure. Par conséquent, puisque les actions violentes sont filtrées dans ces modèles grand public, l'utilisation de ces agents ne donnera certainement pas la solution la plus adaptée dans un contexte militaire abrasif.

Enfin, notons que les intelligences artificielles ainsi entraînées reproduisent nos préférences, or nous sommes particulièrement mauvais en tant qu'humains à détecter nos propres biais.

Conclusion

Les études académiques⁶ sur les biais et limitations des modèles d'intelligence artificielle existent, mais sont en retard sur les développements fulgurants de l'industrie. Si certains biais dans le domaine du langage naturel, à l'évaluation plus simple, sont déjà bien identifiés, d'autres problématiques peuvent être plus subtiles⁷, comme la perturbation des compétences de reconnaissance d'image.

Ceci milite pour la détention d'une expertise dans la création, l'utilisation et le contrôle de modèles d'intelligence artificielle dédiés au monde militaire, l'une des raisons d'être de l'agence ministérielle d'intelligence artificielle de défense, l'AMIAD⁸, créée l'année dernière.

¹ L'auteur et le site francenum.gov.fr vous recommandent de suivre la formation gratuite « Utilisez ChatGPT pour améliorer votre productivité » sur OpenClassRooms, <https://www.francenum.gov.fr/formations/chatgpt-explique-en-5-minutes>.

² Mieux connue dans la littérature sous son acronyme anglais RLHF : *Reinforcement Learning with Human Feedback*.

³ Paul F Christiano, Jan Leike, Tom Brown, Miljan Martic, Shane Legg, and Dario Amodei. *Deep reinforcement learning from human preferences*. *Advances in neural information processing systems*, 2017, arXiv: 1706.03741.

⁴ L'autre pilier est la quantité de textes aspirés sur le web, pas forcément de manière légale.

⁵ Le modèle génère une réponse pour correspondre à une distribution de probabilités, c'est-à-dire qui ressemble à son entraînement, pas à une instance de son entraînement, d'où le bruit.

⁶ Stephen Casper, MIT CSAIL, Xander Davies, *Harvard University*, *Open Problems and Fundamental Limitations of Reinforcement Learning from Human Feedback*, 2023, arXiv: 2307.15217.

⁷ Avant même l'avènement de l'IA, on se souvient qu'en 2015 un logiciel de Volkswagen détectait que le capot était ouvert lors des tests de contrôle pollution et modifiait donc les paramètres du moteur pour en réduire les émissions. <https://www.quechoisir.org/actualite-controles-antipollution-de-volkswagen-un-scandale-pas-si-etonnant-n8551>.

⁸ <https://www.defense.gouv.fr/actualites/amiad-bilan-6-mois-son-lancement>.

« Intérêt des outils de simulation pour optimiser la planification du soutien aux opérations »

Par le Chef d'escadron (TA) Guillaume RESSIORE, stagiaire EMSST 2024-2025, master spécialisé management industriel, projets et supply chain à CentraleSupélec

L'optimisation du soutien logistique s'impose comme un facteur clé de succès dans les opérations modernes, qu'elles soient des opérations de coercition ou de stabilisation. La logistique militaire ne se limite pas seulement à l'approvisionnement en matériel et en personnel : elle inclut également la gestion efficiente des ressources dans des contextes d'opérations variés et souvent imprévisibles. La simulation s'avère être un outil intéressant pour les états-majors militaires, car elle aide à anticiper les besoins et permet de tester différentes solutions logistiques avant leur mise en œuvre. Cet article explore les bénéfices que la simulation apporte dans la planification du soutien aux opérations.

Les opérations militaires exigent un approvisionnement et un soutien rapides et efficaces. Des retards logistiques peuvent avoir des conséquences désastreuses au niveau tactique. En ce sens, la simulation offre une plateforme pour modéliser des scénarios complexes, permettant ainsi d'évaluer l'impact de diverses décisions logistiques.

Dans les premiers temps du conflit russo-ukrainien, des unités russes ont par exemple éprouvé des difficultés majeures en raison d'une planification logistique défaillante. Lors des premiers jours de l'invasion, la logistique a souffert de retards importants, exacerbés par une mauvaise coordination des approvisionnements en carburant et en munitions. Certaines unités se sont retrouvées à court de ressources critiques, détériorant drastiquement et durablement leur capacité opérationnelle. Cette défaillance du soutien logistique a conduit à des pertes opérationnelles considérables et a affaibli la dynamique des forces russes dans certaines régions, illustrant ainsi à quel point un dispositif logistique bien organisé est essentiel pour la réussite d'une opération militaire.

La simulation ne constitue pas une réponse absolue à une problématique d'organisation d'un système logistique : son fonctionnement est efficace sur un système dit « stable ». Il s'agit d'un système dont la capacité globale à absorber un flux moyen donné est théoriquement supérieure aux flux moyens entrants attendus dans ce système logistique sans tenir compte de l'impact d'éventuels aléas. La simulation est justement utilisée pour analyser l'impact de ces aléas sur la capacité d'un système à traiter un flux lui-même soumis à une certaine variabilité – à des à-coups en quelque sorte – et d'identifier les fragilités du système.

Le logiciel Arena, développé par *Rockwell Automation*, est un exemple d'outil de simulation offrant des fonctionnalités avancées pour la modélisation des systèmes logistiques très répandu dans le monde industriel. Arena permet de créer des modèles d'événements en temps discret, ce qui signifie qu'il traite les systèmes logistiques comme une série d'événements qui se produisent dans le temps. Ce logiciel pourrait permettre aux planificateurs logistiques militaires de modéliser les chaînes logistiques, d'identifier les goulets d'étranglement et de tester différentes hypothèses avant de choisir une organisation pour le soutien.

Par exemple, lors d'une opération de type expéditionnaire, les états-majors pourraient simuler la chaîne d'approvisionnement grâce à ce logiciel pour évaluer le temps nécessaire à la livraison de ressources critiques. En tenant compte des variables telles que la distance, les conditions météorologiques et la capacité de transport, Arena permet de prédire avec précision les délais de livraison et d'optimiser les itinéraires de transport. Cette capacité est particulièrement cruciale dans des théâtres d'opérations où les délais d'acheminement et la réactivité sont essentiels.

En outre, la gestion des flux pour les déplacements de grandes unités sur un théâtre d'opérations constitue un autre aspect où la simulation peut jouer un rôle déterminant. Les mouvements de grandes unités nécessitent une coordination précise pour assurer que les ressources arrivent à temps et au bon endroit. À travers des simulations, les états-majors peuvent modéliser différentes configurations de mouvement, tenant compte des infrastructures routières, des points de congestion potentiels et des contraintes de sécurité. Cet outil permet de rationaliser les déplacements, minimiser les temps d'arrêt et assurer que les unités puissent se déployer rapidement et efficacement en fonction des besoins opérationnels.

L'utilisation de la simulation pour optimiser le soutien logistique des armées en opération représente un apport opérationnel non négligeable. Les outils de simulation permettent de changer la manière dont le soutien logistique des opérations est planifié et de réduire le degré d'incertitude lié aux aléas que les méthodes de planification traditionnelles ont plus de difficultés à évaluer. En offrant une modélisation précise et personnalisable des systèmes logistiques, la simulation aide les forces armées à anticiper les défis, à prendre des décisions éclairées et assurer une réactivité maximale sur le terrain. À mesure que la technologie continue d'évoluer - en particulier avec l'apport de l'intelligence artificielle dans des solutions de simulation - l'intégration de solutions de simulation dans le soutien logistique des armées devient de plus en plus prometteuse, permettant une adaptation à des sollicitations croissantes dans un environnement toujours imprévisible tout en garantissant l'efficacité et la réussite opérationnelle.

« La technologie au service des armées : opportunités et défis »

Par le Chef d'escadrons Sébastien SCHNEIDER, stagiaire EMSS 2024-2025, Master CentraleSupElec manager de projet ingénierie systèmes

Depuis l'Antiquité, l'évolution des armées a toujours été intimement liée à celle de la technologie. Des arcs composites des Hittites à la poudre noire introduite par les Chinois, en passant par les armes nucléaires du XX^e siècle, chaque avancée technologique a redéfini les stratégies militaires et l'art de la guerre. Aujourd'hui, avec l'avènement de l'intelligence artificielle (IA), des drones et des systèmes connectés, la technologie s'impose comme un acteur clé dans la défense nationale et les opérations militaires. Si ces innovations offrent des opportunités stratégiques majeures, elles posent également des défis en termes de sécurité, d'éthique et de dépendance technologique. Cet article explore les bénéfices et les risques liés à l'usage des technologies modernes par les armées.

1. Les profits technologiques dans l'art de la guerre



Aujourd'hui, les avancées dans des domaines tels que l'intelligence artificielle, les drones ou encore les systèmes connectés transforment radicalement le paysage militaire. Ces innovations permettent non seulement d'améliorer l'efficacité des forces armées, mais aussi de préserver la vie des soldats. L'utilisation des drones et des robots militaires sont parmi les avancées les plus marquantes. Les drones, en particulier, jouent un rôle crucial dans les missions de surveillance. Les frappes ciblées, lorsqu'elles sont utilisées en masse saturer les défenses adverses pour permettre à l'échelon de manœuvre de percer les lignes ennemies. La capacité d'opérer à distance réduit l'exposition humaine, tout en offrant une précision chirurgicale.

Sur le terrain, les robots de déminage ou de soutien logistique apportent une aide précieuse en zones dangereuses, contribuant à sécuriser les opérations et à préserver les hommes des tâches dangereuses ou trop usantes. Les systèmes de communication, autrefois vulnérables, ont également connu une évolution significative. Grâce aux réseaux sécurisés comme le SATCOM (*Satellite Communications*) et demain CONTACT, les unités déployées peuvent désormais rester connectées avec leur état-major, même dans des environnements isolés ou hostiles. Ce lien constant entre le terrain et le centre de commandement optimise la coordination et la réactivité des troupes. Ces avancées technologiques ne se limitent pas au champ de bataille. La formation des soldats a également bénéficié de l'intégration de technologies comme la réalité virtuelle ou augmentée. Les simulateurs immersifs offrent aux militaires un entraînement réaliste et adaptable, permettant de refaire les gestes jusqu'à créer des réflexes. Une fois les actes techniques maîtrisés sur simulateur, il convient de pratiquer la tactique à l'échelle sur le terrain avec le matériel. Cette combinaison permet de réduire les coûts des exercices et de gagner en efficacité dans l'apprentissage au maniement des systèmes d'armes complexes.

2. Les risques et défis associés aux évolutions technologiques

Cependant, l'intégration massive de la technologie dans les armées a d'autres conséquences. À mesure que les armées modernisent leurs équipements, elles se trouvent confrontées à des vulnérabilités inédites. L'un des principaux risques réside dans les cybermenaces et la guerre électronique. Les systèmes connectés, bien qu'efficaces, restent exposés aux attaques informatiques. Un piratage ou un brouillage des communications pourrait compromettre une mission entière. L'utilisation accrue des drones, dépendants des systèmes GPS, illustre cette fragilité : un brouillage ou une manipulation de leurs signaux peut détourner leur trajectoire ou les rendre inutilisables. Un autre défi de taille est la dépendance accrue aux technologies. Les armées modernes, en s'appuyant sur des équipements de pointe souvent développés à l'étranger, risquent de perdre une partie de leur autonomie stratégique. De plus, ces technologies deviennent rapidement obsolètes et gourmandes en énergie ce qui oblige à des investissements réguliers pour rester compétitif face aux adversaires. Les questions éthiques et légales sont également au cœur des débats. Les armes autonomes, capables de prendre des décisions sans intervention humaine, posent des problèmes majeurs en termes de responsabilité et de respect du droit international. Leur déploiement sur les théâtres d'opérations soulève des inquiétudes quant à leur usage dans des contextes non règlementés. Enfin, si la technologie renforce les capacités des armées, elle peut aussi conduire à une déshumanisation du conflit et ainsi rendre plus facile l'emploi de la force. Les soldats, dépendants d'outils numériques, pourraient perdre leur capacité à improviser face à des situations imprévues. Cette perte de résilience et d'autonomie individuelle pourrait, sur le long terme, réduire la qualité individuelle et par la suite l'efficacité des troupes.

Conclusion

Les avancées technologiques offrent aux armées des atouts considérables pour renforcer leur puissance et leur résilience. Elles permettent d'accroître l'efficacité, de limiter les pertes humaines et de répondre aux menaces émergentes. Cependant, elles s'accompagnent de risques qu'il est crucial de maîtriser : cybermenaces, dépendance stratégique, énergétique et questions éthiques. Le défi des forces armées modernes réside dans leur capacité à intégrer ces technologies de manière réfléchie et souveraine. Tout en conservant une supériorité opérationnelle face à des adversaires de plus en plus agiles, il convient de faire la part des choses entre « *high tech* » et « *low tech* ». Les armées de demain devront équilibrer technologie et humanité pour garantir non seulement leur efficacité sur le champ de bataille, mais également leur conformité avec les principes du droit international et les valeurs fondamentales des démocraties qu'elles défendent.

« Perspectives des armes à effet dirigé pour les armées : focus sur le canon laser »

Par le Chef de bataillon Edouard SIONNEAU, stagiaire EMSST 2024-2025, DT SI/SAR, mastère spécialisé « Management de Projet et Ingénierie Système » à CentraleSupélec

L'évolution des conflits contemporains a profondément modifié les modes de combat. La technologie, en particulier, joue un rôle de plus en plus central, offrant de nouvelles capacités aux armées. Parmi les innovations, les armes à effet dirigé suscitent un intérêt grandissant. Ces systèmes, capables de projeter de l'énergie sur une cible précise sans projectile, offrent des avantages considérables en termes de précision et de rapidité d'engagement. Cet article se concentre sur une catégorie particulière d'armes à effet dirigé : les lasers. Nous explorons plus spécifiquement le canon laser HELMA-P (*High Energy Laser For Multiple Applications*), développé par la société française CILAS et son déploiement prometteur dans le cadre de la sécurisation aérienne des Jeux Olympiques et Paralympiques de Paris 2024.

Les armes laser : un concept prometteur

Les armes laser fonctionnent en émettant un faisceau de lumière cohérente et intense, capable de brûler, de couper ou de perturber les fonctions électroniques d'une cible. Leurs avantages sont multiples :

- Précision extrême : le faisceau laser peut être dirigé avec une grande précision, permettant d'engager des cibles à distance sans risque de dommages collatéraux.
- Rapidité d'engagement : la vitesse de la lumière permet de neutraliser une cible quasi instantanément.
- Discrétion : l'absence de bruit et de signature thermique rend les armes laser difficiles à détecter.
- Réutilisabilité : l'énergie laser, contrairement aux munitions classiques, est réutilisable à l'infini, ne nécessitant qu'un apport continu d'énergie pour chaque tir. Ainsi, chaque tir a un coût quasiment négligeable par rapport à n'importe quelle autre munition.

Les inconvénients des armes laser

Si les armes laser offrent de nombreux avantages, elles présentent également des inconvénients qu'il convient de souligner :

- Temps d'action : la neutralisation d'une cible, comme un drone, nécessite généralement quelques secondes. Ce délai, bien que court, peut être critique dans certaines situations.
- Besoin en énergie : les lasers requièrent une source d'énergie électrique, ce qui pose des défis en termes d'autonomie et d'emport, notamment sur des plateformes mobiles et le personnel débarqué.
- Sécurité : le faisceau laser présente des risques pour la santé en cas d'exposition directe ou de réflexion. Des mesures de sécurité strictes doivent donc être mises en place pour protéger les opérateurs et les personnes à proximité.
- Sensibilité aux conditions météorologiques : les conditions météorologiques (nuages, pluie, brouillard) et la présence de particules en suspension (poussières, fumées) peuvent considérablement atténuer, voire annuler l'efficacité des armes laser en absorbant, diffractant ou réfléchissant le faisceau.

Le canon laser HELMA-P : une technologie française de pointe

Le canon laser HELMA-P, développé par CILAS, est une solution particulièrement adaptée à la lutte anti-drone. Selon les informations disponibles sur le site de cette entreprise orléanaise, filiale de MBDA et SAFRAN *Electronics & Defense*, ce système d'arme est capable de neutraliser des drones de petite et moyenne taille (classe 1) à une portée de plusieurs centaines de mètres (portée max 1000 mètres). L'entreprise a notamment déployé son laser HELMA-P dans le cadre de la lutte anti-drone des Jeux Olympiques et Paralympiques de Paris 2024, suite à la réussite d'un tir d'essai avant l'évènement sportif. L'entreprise a déjà travaillé sur une version embarquée sur un véhicule robotisé ainsi que sur une version portable (HELMA-LP).



HELMA-P - Source www.cilas.com

Intégration dans la Marine Nationale : un projet ambitieux

Les études en cours pour intégrer le canon laser HELMA-P à bord d'un bâtiment de la Marine Nationale témoignent de l'intérêt croissant porté à cette technologie. En effet, le laser permet d'abaisser significativement le coût de la neutralisation d'un drone et s'avère capable de traiter efficacement les attaques de drones, une menace croissante pour des navires, en mer et plus encore, au port.

Au-delà des lasers : d'autres armes à effet dirigé

Les lasers ne sont pas les seules armes à effet dirigé en cours de développement. Les canons à micro-ondes, par exemple, offrent des capacités complémentaires. Ces systèmes peuvent être utilisés pour perturber les systèmes électroniques de l'adversaire ou pour neutraliser des cibles sans les détruire. THALES est un acteur majeur dans ce domaine, avec son système E-TRAP conçu pour neutraliser les drones mais également les essaims de drones.

Conclusion

Les armes à effet dirigé et en particulier les lasers, représentent une véritable révolution dans le domaine militaire. Leurs avantages en termes de précision, de rapidité et de discrétion en font des outils particulièrement adaptés aux défis du XXI^{ème} siècle. Le canon laser HELMA-P, développé par CILAS, est un exemple concret de cette évolution technologique. Son déploiement lors des Jeux Olympiques de Paris 2024 et son intégration potentielle dans la Marine nationale témoignent de l'intérêt croissant porté à cette technologie en France. Bien que les lasers soient actuellement les plus avancés, d'autres armes à effet dirigé, telles que les canons à micro-ondes, offrent également des perspectives prometteuses. Il est probable que ces technologies continuent de se développer dans les années à venir, transformant ainsi profondément les modes de combat futurs.

« Innovations et perspectives du milieu aérospatial : des avancées pour les applications civiles et militaires »

Par le Commandant Jonathan de MARI, EMSST 2024-2025, Mastère spécialisé Aeronautical and Space Project Manager à l'ENSAM de Talence

La filière aérospatiale connaît une effervescence sans précédent, portée par des révolutions technologiques et un impératif croissant de durabilité. Lors du sommet aéronautique et spatial de Bordeaux Métropole en octobre 2024, des experts ont mis en lumière des innovations majeures pour le futur de la filière aérospatiale.

La propulsion hybride : une technologie polyvalente

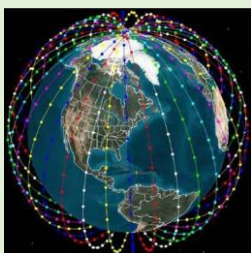
L'entreprise girondine HyPrSpace, fondée en 2019, est un acteur clé de la propulsion hybride. Cette technologie, combinant carburant solide et comburant liquide, réduit les coûts et l'impact environnemental. Le polyéthylène haute densité utilisé comme carburant peut être recyclé ou biosourcé. Ce système se distingue également par sa simplicité de fabrication, diminuant les contraintes de production et les émissions associées.

HyPrSpace prévoit deux grandes étapes : un lancement suborbital en 2026 et un lancement orbital en 2027 avec son lanceur Obi-Wan. Ces innovations servent à la fois des projets civils (lancement de petits satellites) et des projets militaires, comme les essais réalisés avec la Direction Générale de l'Armement (DGA) en juillet 2024, soulignant leur potentiel dual.

Les lanceurs réutilisables : une avancée complexe

SpaceX a marqué l'histoire en récupérant le premier étage de sa fusée Starship début 2024, une prouesse technique réduisant les coûts d'accès à l'espace. Cependant, Philippe BIDAULT (ONERA) nuance cet enthousiasme. Selon lui, les lanceurs réutilisables, bien que prometteurs, augmentent la consommation de carburant et génèrent des émissions supplémentaires, notamment de suies et d'aérosols dans les hautes couches de l'atmosphère. Ces impacts, mal compris, posent des questions sur leur durabilité réelle, tant pour les applications civiles que militaires.

Observation terrestre et constellations satellitaires



Les constellations de satellites, comme Starlink de SpaceX, apportent une connectivité dont l'exploitation permet des capacités d'observation révolutionnaires pour la surveillance climatique, la gestion des catastrophes naturelles et la défense. Ces technologies permettent, par exemple, de détecter rapidement des incendies ou de suivre des mouvements militaires avec une précision accrue.

Cependant, ces projets soulèvent des défis, comme la saturation des orbites et le risque de collisions spatiales. L'émergence de nouveaux projets européens, soutenus par des acteurs comme AIRBUS et THALES, témoigne d'un besoin stratégique de souveraineté dans ce domaine crucial.

Les innovations militaires comme moteur technologique



Les besoins de défense continuent de stimuler l'innovation. Les planeurs hypersoniques, capables de manœuvres complexes à très haute vitesse, en sont une illustration. Ces engins, étudiés dans la région Nouvelle-Aquitaine grâce aux compétences locales en aérodynamique et en simulation, posent des défis techniques majeurs. Ces recherches, menées pour des applications militaires, pourraient à terme bénéficier à l'aéronautique civile, comme cela a été le cas avec de nombreuses technologies dans le passé.

Durabilité et sécurité au cœur des innovations

La durabilité est désormais une priorité pour toute innovation. Par exemple, HyPrSpace intègre des matériaux recyclables dans ses propulseurs et optimise le cycle de vie de ses lanceurs. De plus, l'intégration de nouveaux carburants alternatifs, comme l'hydrogène ou les biocarburants, est en cours de développement, bien qu'aucune solution ne s'impose encore comme universelle.

La sécurité accompagne ces avancées. Valérie PERNOT BÜRCKEL, de la DGAC (Direction générale de l'aviation civile), souligne l'importance de méthodes de surveillance adaptées aux nouvelles technologies. Les drones et aéronefs à décollage vertical VTOL « *vertical take-off and landing* », en pleine expansion, nécessitent un encadrement réglementaire, notamment dans des régions riches en innovations comme la Nouvelle-Aquitaine, pour garantir leur intégration sûre dans l'espace aérien.

Un écosystème porté par la passion

L'engagement des ingénieurs et chercheurs reste un moteur central de l'innovation. Comme le rappelle Nicolas BICOQUE (HyPrSpace), les succès récents de SpaceX et d'autres acteurs du *newspace* inspirent une nouvelle génération. Les start-ups locales, soutenues par des institutions comme le CNES (Centre national d'études spatiales) et la région Nouvelle-Aquitaine, témoignent de cette effervescence. Les innovations duales, intégrant des applications civiles et militaires, répondent ainsi aux enjeux complexes d'un monde en mutation.

La filière aérospatiale se trouve à un carrefour où innovations civiles et militaires se nourrissent mutuellement, façonnant un futur à la fois prometteur et exigeant. Les défis de durabilité, de sécurité et de souveraineté guideront les choix stratégiques des années à venir.

« Quels leviers technologiques pour la décarbonation de l'aérien au service des armées ? »

Par le Commandant Yoann GAUBICHER, Stagiaire EMSST 2024-2025, mastère spécialisé en gestion de projet aéronautique et spatial à l'École Nationale Supérieure d'Arts et Métiers

Dans un contexte géopolitique tendu et face aux enjeux climatiques, les armées sont appelées à moderniser leurs flottes pour réduire leur empreinte carbone tout en renforçant leurs capacités opérationnelles. Le secteur aéronautique militaire, pilier stratégique des forces armées, est au cœur de cette transformation. Lors de sa conférence du 15 janvier 2025, Jérôme BONINI, Vice-Président Recherche et Technologie chez SAFRAN Aircraft Engines, a mis en avant les avancées technologiques susceptibles d'accroître les performances des moteurs tout en réduisant leur impact environnemental. Ces innovations visent à concilier souveraineté énergétique, efficacité militaire et durabilité.

Pour relever ce double défi de performance et de décarbonation, les armées peuvent suivre deux axes majeurs : l'amélioration des moteurs à haute performance et l'intégration de carburants durables.

Optimisation des moteurs pour les besoins militaires



Les moteurs militaires requièrent des caractéristiques spécifiques pour répondre aux exigences opérationnelles des forces armées : des performances élevées, une fiabilité à toute épreuve et une adaptabilité aux conditions extrêmes. Les moteurs de nouvelle génération mettent l'accent sur l'amélioration du rendement thermique, notamment par l'utilisation de matériaux avancés capables de supporter des températures supérieures à 2000 °C.

Des concepts comme les moteurs à cycle variable, développés pour les avions de combat, permettent une flexibilité accrue en optimisant les performances selon le profil de mission (pénétration à basse altitude, vol supersonique ou croisière éco-efficace). Ces moteurs innovants combinent un rapport poussée-poids élevé et une faible consommation de carburant, réduisant ainsi à la fois les coûts et l'impact environnemental.

Carburants durables et autonomie énergétique



Les armées, à l'image du secteur civil, explorent l'usage des carburants d'aviation durables (SAF « *sustainable aviation fuels* »). Ces carburants, issus de matières renouvelables ou de processus synthétiques, peuvent être utilisés dans les moteurs actuels sans modifications majeures. Leur adoption permettrait de limiter la dépendance aux ressources fossiles tout en améliorant l'empreinte carbone des opérations militaires.

Par ailleurs, des recherches sur les électro fuels, à base de CO2 capturé et d'hydrogène vert, pourraient offrir une solution durable pour alimenter les flottes militaires. Bien que leur production reste aujourd'hui limitée, ces carburants représentent une alternative stratégique pour les armées soucieuses de renforcer leur autonomie énergétique.

Les moteurs de demain : puissance et discrétion

Pour les besoins spécifiques des forces armées, les innovations technologiques s'orientent également vers des moteurs plus silencieux et plus discrets, essentiels pour les missions furtives. Les moteurs non carénés (« *open fan* ») et les configurations hybrides électrothermiques permettent de réduire les signatures acoustiques et thermiques, augmentant ainsi les chances de succès en environnement hostile. SAFRAN travaille aussi sur des solutions de refroidissement avancées pour prolonger la durée de vie des composants critiques, garantissant ainsi une fiabilité optimale sur le terrain.

L'aéronautique militaire est à l'aube d'une transformation majeure, où la technologie joue un rôle décisif pour répondre aux exigences climatiques sans compromettre les capacités opérationnelles. En combinant propulsion avancée, carburants durables et innovations disruptives, les forces armées peuvent réduire leur impact environnemental tout en renforçant leur efficacité opérationnelle. Ces efforts nécessiteront des investissements massifs et une coopération internationale, mais offrent une perspective prometteuse pour conjuguer puissance et durabilité dans un monde en évolution constante.

« Être Saint-Ex »

Par le Colonel (H) André MAZEL

Victor Hugo, qui se lança dans la littérature, après avoir écrit un recueil de poèmes à 13 ans, aurait dit « je veux être Chateaubriand ou rien ». Légèrement plus âgé, j'avais moi aussi fait des alexandrins. Tout un devoir sur Le Cid. Mais descendu en flammes (devant toute la classe) par le professeur de français, j'ai rapidement mis fin à ma carrière littéraire pour me tourner vers les sciences tout en rêvant de rejoindre les plus grands au firmament des écrivains. Qui mieux que Saint-Exupéry, aviateur et poète, pouvait me faire rêver ?

J'ai fini artilleur, nobody's perfect ! Et à la retraite je suis revenu à l'alexandrin pour rimaiter quelques galéjades, no poet's perfect !

Être Saint-Ex

J'aurais aimé avoir un tout autre destin.
Être un de ces pionniers de l'aéropostale
Qui rêvaient de voler jusqu'au ciel argentin
Dans un de ces coucous que les vents brinqueballent.
Et pendant les escales m'atteler au récit
Du travail quotidien de ces héros modestes
Peu conscients de créer une aristocratie
Mais peupleraient plus tard une chanson de geste.

Avoir également une âme de poète
Pour aller rencontrer au détour d'une dune
Un prince qui viendrait d'au-delà de la lune.
Si la métempsycose a ce don qu'on lui prête
Je vais lui demander, vous l'avez bien compris,
De me ressusciter en Saint-Exupéry.

« Recrutez ! »

Mon propos, Adhérents, pourrait être oraison.
Non je ne me crois point nouvel Aigle de Meaux.
Mon grand âge n'a pas perturbé ma raison,
Je voudrais simplement vous dire quelques mots.
L'avenir de Minerve me paraît triste et sombre.
On peut le constater en comparant deux nombres.
Celui des adhérents, plus que les dix fois cent,
Et celui des stagiaires, chaque an, environ cent.

Il faut donc que chacun, sorte de sa réserve
Pour recruter partout au profit de Minerve,
Et par tous les moyens à son initiative.
Penser à sa Promo : encart au bulletin
Ordre du jour d'AG ou rencontres festives.
Et à la garnison, collègues et copains.

« Hommage au Général Jean-Pierre HINTZY »

Notre camarade, le Général Jean-Pierre HINTZY, nous a quittés le 27 décembre dernier. Officier de la promotion Vercors (Saint-Cyr 1960-1962), il choisit l'arme blindée cavalerie, servant successivement au 2ème Régiment de chasseurs d'Afrique, puis au 1er REC avant de commander l'escadron de reconnaissance de la 13èmeDBLE. Dirigé ensuite vers l'EMSST, il suit les cours de l'ENSTA, puis le cursus « Pétrole et moteurs » à l'ENSPM et complète ce cycle de formation académique à l'École supérieure de Guerre.

Sa carrière s'oriente alors vers la conception et la réalisation d'armements nouveaux pour les forces, d'abord à l'État-major de l'armée de Terre puis, après avoir commandé le 4ème Cuirassiers, à la Section technique de l'armée de Terre, en charge de la direction des programmes « armes de mêlée » puis « toutes armes », où il est promu général. Rendu à la vie civile, il sera un conseiller très apprécié de Thomson-CSF, œuvrant résolument dans l'intérêt de l'armée de Terre.

Adhérent fidèle, il laisse le souvenir d'un camarade ouvert, dynamique et attachant.

Minerve présente à sa famille ses amicales condoléances et l'assure de l'estime qu'avaient pour Jean-Pierre tous ceux qui l'ont connu.

« Un adhérent à l'honneur »

Notre camarade et membre fidèle, le Général (2S) Jacques FAVIN-LEVEQUE, X 59, ancien Directeur de l'EMSST (1992-1993) est bien connu pour son engagement de longue date en faveur d'une construction résolue et rationnelle de l'Union européenne.



Depuis plus de vingt ans, il œuvre à cette fin au sein d'Eurodéfense France et de l'Association Réalités et Relations Internationales (ARRI) participant à de nombreuses actions d'information et de promotion, produisant des écrits très appréciés.

Son engagement constant pour cette noble cause, tout au long de ces années, lui ont valu d'être fait commandeur de l'Ordre national du mérite. Cette décoration lui a été remise le 9 janvier 2025, au cours d'une cérémonie amicale au siège d'ARRI, par le Général de corps d'armée 2S Jean-Paul Perruche ancien directeur de l'état-major de l'Union européenne.

MINERVE se réjouit de voir ses mérites reconnus et lui adresse toutes ses félicitations.

Conseils de lecture



Minerve a découvert au détour d'un article sur la surdité du Colonel Patrick Monier-Vinard (Saint-Cyr, promotion Maréchal Bugeaud 1958-1960) le livre, « L'armée de papa », pour lequel il a reçu le prix littéraire de La Saint-Cyrienne en 2020.

Nous vous conseillons d'aller sur le site (www.asso-minerve.fr) voir le volet « Coin des lecteurs » et les rubriques « Divertissement » et « Livres recommandés » pour plus d'informations.

Deux intéressants articles de stagiaires, trop longs pour être inclus dans la Lettre, sont publiés sur le site de Minerve

Lien : [articles des officiers stagiaires EMSST](#)

- Le renouvellement du segment lourd de l'armée de Terre française : vers un successeur du VBCI pour l'infanterie

Par le *Chef de bataillon Jean-Christian SIMON, officier stagiaire du cours armement, EMSST 2024-2025, CentraleSupélec Paris-Saclay*
« Le remplacement du VBCI s'inscrit dans la transformation capacitaire de l'armée de Terre, portée par le programme TITAN visant à moderniser les véhicules de combat à l'horizon 2040. En attendant, une modernisation à court terme du VBCI est envisagée pour améliorer sa connectivité, sa puissance de feu et sa protection face aux menaces émergentes. Porté par l'innovation technologique et le combat collaboratif, le futur véhicule devra intégrer des technologies avancées, telles que la propulsion hybride, l'IA, la guerre électronique et des systèmes de protection active, tout en répondant aux défis de mobilité et de puissance de feu. Enfin, son développement devra trouver un équilibre entre avancées technologiques et contraintes budgétaires, tout en conciliant autonomie stratégique et coopération européenne. »

- Évaluation de la Fiabilité des Technologies Photoniques Micro-ondes en Orbite : Le Projet NIMPH

Par le *Commandant Fabien CAZIN, stagiaire EMSST 2024-2025, Advanced Master Embedded Systems SUPAERO*
Il y détaille le projet NIMPH (*Nanosatellite to Investigate Microwave Photonics Hardware*) qui a pour but de vérifier la résistance aux environnements perturbateurs des fibres optiques envisagées pour remplacer les câbles de cuivre dans les satellites.

Carnet gris

Minerve a appris avec tristesse les décès :

- Du Contrôleur général Gérard DELBAUFFE, ART, BT Droit, économie, finances
- Du Général de division Robert de CHERGÉ, ART, BT Cossem, (il avait été le 1^{er} commandant de la Brigade Hadès)

Minerve présente à leurs familles ses plus sincères condoléances.

Carnet rose

Naissance de Gabriel chez le Chef d'escadrons (en scolarité à CentraleSupélec) et Madame Sébastien SCHNEIDER.

Minerve présente toutes ses félicitations aux heureux parents.

Adresse : CEMS-T / EMSST / Minerve – Case 54 - 1 Place Joffre – 75 700 PARIS SP 07

Tél : 01 44 42 42 72 __ Fax : 01 44 42 50 45 __PNIA 821 753 42 72

Mail : minerve@asso-minerve.fr – Site : www.asso-minerve.fr