



**HAL**  
open science

## “IA-t-il un pilote dans l’avion ? ”

Benoît Haffreingue, Guy Andre Boy

► **To cite this version:**

| Benoît Haffreingue, Guy Andre Boy. “IA-t-il un pilote dans l’avion ? ”. 2019. hal-02424734

**HAL Id: hal-02424734**

**<https://hal.science/hal-02424734>**

Submitted on 28 Dec 2019

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L’archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d’enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

## «IA-t-il un pilote dans l'avion ? »

**Benoît HAFFREINGUE**, co-fondateur SYNAPSE Défense ([www.synapse-defense.com](http://www.synapse-defense.com)), Lieutenant-colonel (r), 2200 heures de vol dont 1200 sur Rafale, Commandant de l'Escadron de Chasse 3/30 « Lorraine » (2016-2017).

**Guy André BOY**, Professeur à CentraleSupélec et l'ESTIA, Membre Titulaire de l'Académie de l'Air et de l'Espace, ancien « Chief Scientist » pour le « Human-Centered Design » au « NASA Kennedy Space Center », ancien « Doyen » du « Florida Institute of Technology ».

Quelle rupture majeure existe-t-il vraiment entre le Rafale et les avions de chasse de génération antérieure ? Au-delà de ses qualités de vol, de sa capacité d'emport, de son autonomie et de sa puissance, la « beauté » du *Rafale* relève aussi et surtout de son architecture logicielle et de l'efficacité de l'interface entre l'homme et la machine. Prise en compte, en 2005, avec l'intégration de l'EMTI (Ensemble Modulaire de Traitement de l'Information) au standard F2, cette évolution importante permet aujourd'hui de positionner le Rafale comme l'un des appareils omnirôles les plus aboutis au monde. C'est grâce à ce calculateur discret et infatigable que les équipages français sont indifféremment capables d'apporter une capacité de renseignement au Sahel, d'opérer simultanément au Levant ou d'assurer les missions permanentes de souveraineté de notre espace aérien et de dissuasion nucléaire.

Véritable métronome du système d'armes, l'EMTI apporte à l'équipage l'assistance qui lui permet de tirer le meilleur de sa machine dans tout type de mission, y compris dans les contextes les plus complexes. En proposant une représentation fusionnée des pistes et de la situation tactique, en orientant les capteurs en fonction de la détection la plus pertinente à un instant donné, en reproduisant des symbologies très proches dans les différents modes (air-air, air-surface ou reconnaissance), il réduit les ressources cognitives requises et accélère l'acquisition des automatismes indispensables au tempo intense des opérations. Parmi les 37 boutons qui composent le système HOTAS (*Hands On Throttle And Stick*) du Rafale, la cible se désigne toujours avec la même commande, qu'il s'agisse d'un appareil ennemi ou d'un objectif au sol. Le choix de l'armement, la suppression du plan de tir dans chacun des modes de combat passe aussi par une action unique... C'est bel et bien grâce à une interface homme-machine adaptée que le couple équipage-Rafale apporte une capacité omnirôle si efficace.

A l'horizon 2025, au standard F4, le *Rafale* F4, en plus de disposer de nouveaux capteurs et armements, sera ultra-connectable, avec ses alliés, qu'ils soient dans les airs, au sol ou en mer. Il sera ainsi capable de proposer localement une « appréciation de situation partagée » (*shared situation awareness*) encore plus développée. Une fois encore, pour tirer le meilleur de ces outils formidables, l'homme devra être assisté par la machine, plus uniquement dans l'interfaçage ou dans la délégation d'automatismes, mais également dans la compréhension de la situation tactique et de l'environnement, ainsi que dans la prise de décision et l'élaboration du plan d'action. Ces « assistants virtuels » marqueront l'arrivée d'une intelligence artificielle (IA) évoluée et collaborative à bord des aéronefs de combat français.

### Vers un duo indissociable

Ce qui est envisagé depuis plusieurs décennies semble aujourd'hui atteignable : inéluctablement, dans des domaines de plus en plus diversifiés, les algorithmes informatiques, et plus spécifiquement d'intelligence artificielle (IA), se développent, portés par l'amélioration permanente des technologies numériques et l'émergence de nouvelles méthodes d'apprentissage automatique. Dans bien des domaines, ces algorithmes atteignent le niveau moyen de l'être humain, puis surpassent ce que le meilleur d'entre eux était capable de faire, pour au final, ne pouvoir être contesté que par d'autres algorithmes. Le secteur de la Défense n'y échappe pas. Y explorer les possibles est donc aujourd'hui un enjeu stratégique, qui ne doit pas occulter les possibles écueils dans les développements d'IA. Ils nous rappellent que la technologie est encore en cours de développement. Ils nous rappellent que les contre-mesures (ou les contre-algorithmes) se mettent également en place. Ils nous rappellent enfin que la définition même des algorithmes est contextualisée : c'est-à-dire qu'elle limite leur domaine de validité, et donc de confiance et d'efficacité. A ce jour, la seule la créativité humaine s'affranchit de ces difficultés.

Les futurs systèmes d'armes doivent d'emblée prendre en compte les technologies, les humains, et l'écosystème dans lequel ils vont s'intégrer. C'est pour cela que nos études sont basées sur ce que nous appelons le TOP model (*Technology, Organizations and People*). Il convient de toujours trouver les meilleurs compromis entre ces trois entités pour assurer sécurité (*safety & security*), efficacité (performance) et confort (cognitif et physique) dans les opérations, comme par exemple celles de combat aérien. Il est important de mieux comprendre l'allocation de fonctions utiles entre humains et machines de façon systémique, et finalement mieux maîtriser

leurs usages. L'approche systémique est basée sur la représentation de systèmes humains et machines au sein desquels des structures et des fonctions sont itérativement définies, découvertes (structures et fonctions émergentes) et affinées en fonction de l'acquisition d'expérience. Les systèmes humains et machines sont mutuellement inclusifs, en ce sens qu'ils sont des systèmes de systèmes qui symbolisent des équipes d'équipes.

Le domaine de l'intelligence artificielle n'est pas monolithique. Il existe plusieurs types d'IA allant de méthodes de représentation des connaissances et de raisonnement aux réseaux neuronaux artificiels, en passant par l'apprentissage symbolique automatique. L'IA peut être divisée en deux grandes classes de disciplines : la science des données et la robotique. De ce point de vue, il est important de distinguer le physique du cognitif tout en les associant de façon symbiotique. Notre monde étant de plus en plus dominé par le virtuel, cette distinction doit être étendue au concept de tangibilité, c'est-à-dire mieux comprendre et associer la tangibilité physique (saisir un objet physique) et la tangibilité figurative ou cognitive (saisir un objet abstrait ou conceptuel). Prenant en compte toutes ces distinctions, nous parlerons d'intelligences artificielles (pluriel), en nous basant sur l'analyse de l'activité des systèmes multi-agents résultants qui sont aujourd'hui représentés par des systèmes de systèmes.

La vitesse, la capacité de calcul, la fiabilité, la mémoire quasi-infinie et l'infatigabilité de la machine présentent des atouts formidables pour exploiter à notre avantage la croissance exponentielle des torrents de données générées par des capteurs de plus en plus sophistiqués et hyper-connectés ... La fusion informationnelle (au niveau tactique, pour une communauté de mission, en temps quasi-réel) et l'intégration informationnelle (à travers les niveaux de la guerre, à temps) s'affirmeront comme des facteurs de supériorité opérationnelles des prochains engagements multi-domaines.

Ces avancées technologiques ne doivent pour autant pas remettre en cause les principes de flexibilité et d'adaptation. Les notions de décentralisation de l'exécution et de délégation de fonctions tactiques vers les forces de première ligne restent des fondamentaux applicables, selon les contextes, à tous les systèmes d'armes, qu'ils soient habités ou non. Les opérations militaires ont franchi l'étape de la bombe guidée par un faisceau laser, du drone armé et celle du missile de croisière autonome tiré à des centaines de kilomètres de sa cible stratégique. Demain, lorsqu'il s'agira par exemple d'identifier la meilleure trajectoire, d'orienter les capteurs du système, ou de choisir le meilleur moment pour engager le feu, la supériorité opérationnelle reposera aussi sur les atouts des automates auxquels nos combattants auront accordé ces « libertés », dans un cadre défini.

Toutefois et moins parce que la machine en sera éternellement incapable (il est en tout cas trop tôt pour l'exclure) que parce qu'il restera toujours responsable des actes produits par son émanation, l'être humain ne saurait être exclu de la décision d'engager la force. Nécessairement, dans le domaine militaire, l'être humain restera au cœur de la prise de conscience situationnelle et de la décision d'engagement : il est bien le seul à pouvoir embrasser la gestion du risque qu'il fera peser sur l'adversaire et sur ses propres forces.

### **L'homme maintenu dans la boucle : contrainte ou opportunité ?**

*« Nous développerons l'intelligence artificielle de défense selon trois grands principes : le respect du droit international, le maintien d'un contrôle humain suffisant, et la permanence de la responsabilité du commandement. »*

Madame FLORENCE PARLY, Ministre des Armées – 5 avril 2019

En pratique, cette déclaration pose deux principes majeurs, que les intelligences artificielles de défense devront prendre en compte.

D'une part, les algorithmes doivent rester « contrôlables ». Le champ de bataille est un environnement particulièrement complexe, qui ne peut être modélisé que partiellement par l'accumulation massive de données hétérogènes. Les intelligences artificielles intervenant dans ce contexte pourraient rapidement devenir des « boîtes noires », aux raisonnements inaccessibles à un cerveau humain. Pour conserver le contrôle, l'homme doit contraindre la machine à un cadre d'évolution formellement défini et potentiellement ajustable : c'est en quelque sorte « le domaine de vol », le contexte dans lequel elle a été qualifiée. Le décideur humain conservera alors le contrôle des algorithmes d'IA placés sous ses ordres, avec un degré de confiance adapté au niveau de risque consenti.

D'autre part, pour que l'homme demeure au cœur du processus, les intelligences artificielles doivent être conçues et modelées autour de lui. Il est donc crucial de développer des approches, des méthodes et des outils d'IA anthropocentrés, nécessairement générés, mis en œuvre et utilisés par des équipes interdisciplinaires.

L'efficacité des opérations militaires intégrées permettent l'économie des moyens et la concentration des effets. Les intelligences artificielles résultantes doivent être collaboratives et augmentatives. Elles doivent améliorer la productivité humaine et la qualité des opérations.

Concrètement, la prise en compte de cette intégration humains-systèmes passe d'abord par la qualité des interfaçages, c'est-à-dire la capacité de la machine à présenter des informations pertinentes, synthétiques (la bonne information, sous le bon format) et au bon moment. La machine doit donc comprendre les attentes instantanées de l'être humain. Au-delà, une intelligence artificielle capable d'interpréter les agissements des autres acteurs et le contexte dans lequel elle évolue peut ensuite anticiper les intentions de ses partenaires humains, anticiper leurs actions prévisibles, puis détecter les écarts, alerter au besoin, et d'une manière plus générale, agir en symbiose. Compte tenu de la complexité du contexte opérationnel, il ne s'agira pas de remplacer l'être humain dans ses tâches de prise de décision. En revanche, l'IA pourra considérablement l'aider à comprendre la situation, à prendre des décisions, et à établir le plan d'action approprié.

Maintenir l'homme au centre de ces machines apporte donc une complexité qui peut sembler contraignante. Toutefois, cela offre aussi une assurance de taille, dans la course internationale des algorithmes d'IA : si leur comportement dépend des hommes qui les entourent, les manœuvres des machines qui accompagneront nos forces dans les années à venir seront bien plus difficiles à prédire que si elles évoluaient seules. Par conséquent, comprendre les intelligences artificielles des opposants devient un challenge aussi incontournable que considérable.

### **Quels défis pour une intégration réussie ?**

La mise au point d'intelligences artificielles performantes dans le domaine de la Défense ne peut donc pas se contenter de solutions d'apprentissage automatique. Elle s'appuie sur un triptyque indissociable : aux experts de la science numérique doivent être associés des spécialistes académiques de l'intégration humains-systèmes, des sciences de la cognition et des organisations, ainsi qu'une fine connaissance des opérations militaires.

Ces intelligences artificielles devront aussi se baser à la fois sur le plus grand nombre de données possible et sur des outils de simulation performants. Les premiers, qui serviront de « carburant » aux « moteurs » mis en place pour apprendre les opérations et tester les premiers algorithmes obtenus, préfigurent de l'utilisation de données de masse dans des secteurs qui dépasseront celui du renseignement ou de la maintenance. Les seconds, indispensables pour aller explorer des situations au-delà du périmètre des seules données accumulées, affirment l'enjeu qui pèse sur les outils de simulation connectables au monde réel. Ici encore, nous voyons bien la nécessité de mieux maîtriser les questions de tangibilité des systèmes cyber-physiques, de l'Internet des objets et des systèmes de visualisation en réalité virtuelle.

Rajoutons à tout cela la flexibilité indispensable pour réagir aux situations non prévues. En effet, tout système automatisé a tendance à rigidifier les pratiques. De sorte que lorsque des événements inattendus et/ou indésirables se produisent, les êtres humains ont besoin de méthodes et outils pour résoudre les problèmes qui se posent à eux. En corolaire, se pose donc la question de l'évolution actuelle de l'automatisation rigide vers une autonomie flexible. Ce ne sera que par le développement de scénarios, représentatifs des futurs possibles (place doit être laissée au *design thinking* et à la créativité), que des simulations humains-dans-la-boucle permettront de mettre « naturellement » en évidence des fonctions émergentes, à nécessairement prendre en compte dans un processus de conception / développement agile de nouvelles technologies, de nouvelles organisations et de nouveaux métiers (TOP model).

### **Conclusion**

Enjeu stratégique, l'IA ne remplacera pas l'homme dans les systèmes de combat futur. Il ne fait aucun doute que, bien intégrée, elle démultipliera ses capacités, dans une dimension bien supérieure à ce que permettent les interfaçages actuels. Mais, dans le domaine militaire, sa robustesse devant les situations non anticipées, et son « imprédictibilité » pour l'adversaire s'appuieront à leur tour sur le lien conservé avec l'être humain. Le développement des concepts d'assistant virtuel et de *smart cockpit* du projet *Man Machine Teaming* s'inscrivent pleinement dans cette démarche et soulèvent de nouveaux défis, tant pour que la machine s'adapte à l'homme que pour que ce dernier fasse corps avec ces outils d'un nouveau type.

Une nouvelle discipline émerge au carrefour des sciences de l'ingénieur et des sciences humaines et sociales : l'intégration humains-systèmes. Pendant longtemps, l'ergonomie et les facteurs humains étaient pris en compte très (trop) tard dans les processus de conception/développement des systèmes complexes. Nous ne pouvons

pas faire autrement ! Nous avons besoin d'une approche holistique et les sciences de l'ingénieurs étaient fragmentées, juxtaposées et l'intégration technologique ne pouvait se faire qu'en fin du cycle de développement d'un système technique. Aujourd'hui, cette intégration peut se faire très tôt, pratiquement au début de ce cycle car nous disposons de méthodes et d'outils de modélisation et de simulation offrant la possibilité de mettre l'Humain dans la boucle en conception, et de pouvoir observer les diverses activités ou usages possibles. Plus spécifiquement, il est possible de mettre en évidence des phénomènes émergents qui étaient découverts beaucoup plus tard dans le passé. Nous allons vers des méthodes de développement agiles qui non seulement prennent en compte les usages avec le support de la simulation, mais aussi permettent de modifier le design de manière très flexible, diminuer les coûts et maîtriser les connaissances sur le système en cours de développement.



**DSI**

DÉFENSE & SÉCURITÉ INTERNATIONALE

**66**  
**HORS-SÉRIE**

# AVIATION DE COMBAT

## Nouveaux chasseurs Nouveau contexte

- ▶ ARMÉE DE L'AIR : LE SCAF ENTRE EN PISTE
- ▶ JAPON, CORÉE, TURQUIE, INDE : LES NOUVEAUX CHASSEURS
- ▶ F-35 : QUELLE SORTIE DE CRISE ?
- ▶ MUNITIONS : L'HYPERSONIQUE ARRIVE
- ▶ FURTIVITÉ : DE PLUS EN PLUS INCERTAINE

Spécial  
**LE BOURGET 2019**

L 17480 - 66 H - F : 10,95 € - RD

Retrouvez-nous sur [Arelon24.news](http://Arelon24.news)