

Y a-t-il une place pour l'homme dans les opérations aériennes à venir?

par le commandant Olivier Mrowicki, stagiaire au CID

La généralisation de l'électronique et des automatismes dans le domaine militaire supplantera-t-elle les capacités humaines dans la boucle active des opérations aériennes ?

« Et c'est ainsi que le Vaisseau fantôme fonçait avec décision sur sa cible familière, servi et propulsé grâce à un réseau compliqué de générateurs, de câbles souterrains et de ressources stratégiques, tous éléments presque impossibles à repérer et à détruire, et capables de fonctionner jusqu'à leur complète usure, laquelle, étant donné leur perfection, pouvait ne pas se manifester avant plusieurs siècles. Comme chaque jour, le Vaisseau fantôme, création humaine délivrée de la tutelle de son créateur, faisait route vers le nord. Il volait vers une ville qui, depuis longtemps, n'était plus qu'un amas de pierres pulvérisées. »

Ces lignes terminent une nouvelle de science-fiction écrite en 1951 par l'Américain Ward Moore⁽¹⁾. L'auteur y décrit un outil de guerre entièrement autonome et automatisé, programmé pour fonctionner sans intervention humaine pendant une très longue durée, et qui conduit finalement à la situation

évoquée. Au vu de l'évolution technique actuelle, classerait-on encore aujourd'hui ce texte dans la science-fiction, ou plutôt dans la prospective ? En effet, il est devenu difficile de parcourir la presse aéronautique ou simplement militaire, sans rencontrer des articles traitant de drones et maintenant de drones de combat, annonçant la vraisemblable et prochaine réduction sinon l'éviction de l'homme de multiples secteurs des opérations militaires. Certains s'avancent même à prédire le « tout automatisé » dans quelques années, que ce soit d'ailleurs dans l'aéronautique militaire ou dans l'aéronautique civile⁽²⁾.

Naturellement, ces propos suscitent un débat, et de nombreux colloques abordent cette question, les points de vue et intérêts s'affrontant entre les promoteurs du « tout automatique » et les ardents défenseurs du vecteur piloté, chacun s'efforçant de faire valoir le bien-fondé de ses idées pour les opérations de demain. Pourtant, une réflexion appliquée et réaliste permet de comprendre assez rapidement que le débat sur le choix de l'homme ou de la machine n'est pas encore d'actualité, et que c'est plutôt la qualité de la collaboration entre l'homme et la machine qui doit être améliorée pour conduire à des opérations plus efficaces.

Nous verrons en premier lieu quelles sont les origines du débat et ce qui a conduit à s'interroger sur le maintien ou non de l'homme dans le cœur des opérations aériennes. Ensuite, nous observerons les éléments qui montrent que le

1. *Flying Dutchman*, Ward Moore, 1951, traduit par Roger Durand, éditions Opta, 1972.

2. Revue *Air & Cosmos*, 12 septembre 2003.

La place de l'homme dans les opérations aériennes à venir

Le niveau technico-opératif actuel est encore loin de la capacité « tout automatique ». Enfin, nous constaterons qu'il existe une voie intermédiaire sage, intégrant les progrès récents dans l'amélioration des interfaces homme-machine et permettant d'évoluer à la fois vers plus d'efficacité et plus de sécurité.

LES ORIGINES DU DÉBAT ACTUEL

La conjonction des progrès techniques spectaculaires des dernières décennies et de la volonté de minimiser l'importance des pertes humaines a conduit à envisager de réduire chaque fois que possible la présence de l'homme à bord. Les décennies 1980 et 1990 ont été caractérisées par des progrès spectaculaires dans les domaines de l'électronique, de la miniaturisation et de l'automatisation. Cette évolution est particulièrement marquée dans le domaine des équipements aéronautiques et militaires modernes.

La généralisation de la numérisation des données, celle de leur traitement et de leur transmission ultra-rapide ont permis le développement et la mise en service de nombreux systèmes. Le couplage de ces nouvelles machines avec l'outil déterminant que constitue le GPS⁽³⁾ les a rendues

capables d'être programmées et de traiter de manière autonome un certain nombre de tâches. Elles s'expriment actuellement pour l'essentiel dans le domaine du renseignement et de la photographie aérienne avec des matériels comme le *Predator*, le *Hunter*, et maintenant le *Global Hawk*, qui sont capables de réaliser des missions longues et répétitives en profondeur dans le territoire adverse, et sans risque de perte humaine. La conjonction de ces capacités nouvelles avec la volonté, ancienne et légitime, de perdre le moins d'hommes possible dans un combat a donné naissance au très médiatique concept dit « zéro mort ». Cette idée pour le moins virtuelle mais séduisante s'est développée, puis est paradoxalement revenue influencer la conception des opérations et des matériels. C'est ainsi que sont apparues les premières visions de guerres de robots qui alimentent aujourd'hui les réflexions.

Mais l'objectif « zéro mort » n'est pas le seul à l'origine des idées actuelles. On peut faire ressortir des statistiques que l'erreur humaine est à l'origine de la plupart des accidents aéronautiques civils ou militaires, et que l'homme est avant tout une source d'erreurs tant il est exposé à ses humeurs et à ses erreurs de perception, sans évoquer la lenteur et l'imprécision de ses réactions. On remarque aussi que la présence de l'homme dans un avion de combat prend énormément de place, impose des servitudes (oxygène, anti-g, siège éjectable...) et par conséquent est un facteur important des devis de poids, de coût et de vulnérabilité. Dès lors, il est permis de supposer que tout progrès technique permettant d'effectuer les mêmes missions en se passant de ce dispositif imparfait qu'est l'être humain, « arriéré » mais précieux, serait naturellement un gage d'économie et de rationalisation.

On ne peut non plus ignorer le coût et le risque politique en matière de gestion des équipages éjectés et, le cas échéant, prisonniers de l'adversaire. La recherche et sauvetage de combat (RESCO), visant à récupérer avant l'adversaire les

Drone tactique *Sperwer*.
Premier drone tactique retenu par l'armée de terre, placé ici sur son pas de tir, lors des essais menés par les équipes de la Délégation générale pour l'armement (DGA) au centre d'essais en vol (CEV) d'Istres, le 9 décembre 2003.



Photo D. Viola - DfCoD

3. *Global Positioning System*, système de navigation global par satellite. Il ne faut cependant pas perdre de vue que le réseau GPS est sous contrôle exclusif et indépendant de l'administration des États-Unis, ce qui n'est pas neutre dans le domaine militaire, surtout si l'on se projette dans un contexte tel que celui qui a entouré l'intervention anglo-américaine en Irak.

équipages des appareils abattus, est une activité complexe, risquée et très coûteuse. En ce qui concerne le volet politique de la rétention des prisonniers potentiels, il n'est nullement besoin de s'étendre sur le sujet pour comprendre à quel point la question est sensible. Tous ces arguments agissent spontanément en faveur du débarquement du pilote humain chaque fois que le progrès technique le permet.

C'est ainsi que l'on voit apparaître des courants de pensée visant à privilégier toutes les options qui tendent à séparer physiquement l'homme du vecteur. Ces tendances existent dans le domaine militaire mais aussi dans le domaine civil, les deux étant extrêmement perméables l'un à l'autre, comme l'a montré l'histoire du développement de l'aéronautique au cours du XX^e siècle. On assiste ainsi à la mise au point d'un projet d'automatisation complète des segments sol et bord dit *ATM 2020-2030*⁽⁴⁾ par le Centre d'études de la navigation aérienne (CENA) de Toulouse, des idées similaires étant parallèlement étudiées aux États-Unis⁽⁵⁾. Ces questions occupent l'actualité des réflexions civiles et militaires sur l'évolution des opérations aériennes. L'année 2004 sera ainsi marquée par plusieurs événements internationaux visant à mesurer les implications de ces idées nouvelles.

LA TECHNIQUE A BEAUCOUP AVANCÉ, MAIS L'AUTOMATISATION TOTALE RESTE PRÉMATURÉE

Il apparaît que le niveau technique indispensable pour remplacer totalement l'être humain à bord avec un degré de réussite satisfaisant impose des contraintes telles qu'il est encore très loin d'être atteint. Même dans la perspective des quelques décennies à venir, il ne semble pas réaliste de penser que les automatismes puissent remplacer l'homme de façon acceptable et généralisée. Les impératifs de fiabilité imposés par l'exploitation de tels systèmes ou même simplement par leur cohabitation avec les vecteurs pilotés civils et militaires ont considérablement

accru les coûts des études de recherche et développement. On constate aujourd'hui que le coût d'un *Global Hawk* (le plus évolué des UAV⁽⁶⁾ américains) dépasse largement celui d'un avion de combat moderne, et que, dans ce domaine également, les progrès sont loin d'être terminés. Cela signifie, d'une part, que seules les grandes et riches puissances (voire éventuellement une seule) auront la capacité de continuer à s'offrir ces types de matériels et seulement en nombre limité, et, d'autre part, qu'ils devront continuer longtemps à cohabiter avec les faiblesses mais aussi les forces des vecteurs pilotés des pays moins avancés, ce qui n'est pas la moindre des difficultés.

En ce qui concerne les éventuelles erreurs commises en cours de mission, on constate que la force de la machine « fiable » est aussi sa faiblesse. Elle tire ses qualités de sa programmation, par laquelle ses concepteurs ont envisagé toutes les éventualités autour de la mission prévue et les réactions les plus appropriées à toutes ces éventualités. Pourtant, il est évident qu'il sera toujours peu vraisemblable que toutes les possibilités aient été envisagées. L'environnement du champ de bataille aérien est tellement évolutif et complexe, tout comme les systèmes eux-mêmes, que personne ne peut les certifier totalement infaillibles, les industriels eux-mêmes s'en gardant bien. De plus, la nécessité technique de les programmer et de les concevoir longtemps à l'avance, donc sans indications sur la spécificité du théâtre d'emploi (températures, menaces, environnement) tout en garantissant interfaces et inter-opérabilité avec les autres ensembles, représente forcément une contrainte réductrice à la fois pour la qualité et la variété des possibilités offertes, la prévisibilité des réactions devenant vite une vulnérabilité. La supériorité du dénominateur commun résultant de ces contraintes sur les capacités du pilote humain, imparfait mais à haute adaptabilité, risque fort de n'être pas garantie dans toutes les situations.

Les progrès récemment réalisés dans le domaine de l'intelligence artificielle offrent en corollaire des capacités de se libérer au moins partiellement des contraintes de programmation ou de contrôle à distance. Cependant, les résultats des recherches dans ce domaine sont encore

4. ATM pour *Air Traffic Management*, gestion du trafic aérien.

5. Revue *Air & Cosmos*, 12 septembre 2003.

6. UAV pour *Unmanned Aerial Vehicle*.

La place de l'homme dans les opérations aériennes à venir

très loin de la capacité d'un humain dans la conduite d'un aéronef. De plus, on peut penser que toute la liberté qui serait offerte au calculateur de s'éloigner des réponses envisagées dans la programmation serait autant source de risque d'erreurs, liées soit à un défaut de capteurs, soit à une imperfection des capacités d'analyse et de synthèse des situations. Il n'en demeure pas moins que, à l'heure actuelle, les travaux sur l'intelligence artificielle en sont seulement au stade de la recherche fondamentale et requièrent des budgets extrêmement élevés.

De plus, l'extension du nombre et de l'automatisation des vecteurs intervenant dans la bataille impose déjà (et va continuer d'imposer) le développement de réseaux de communication à haut débit, sans commune mesure avec ce qui existe aujourd'hui. Outre le développement des matériels adaptés de traitement au sol, la généralisation de la commande à distance et du transfert de données va imposer des capacités de débit non seulement très performantes mais aussi efficacement protégées contre l'intrusion et le brouillage, et tout cela sur de très longues distances. La nécessaire qualité de l'information du drone vers l'opérateur distant impose également la multiplication et l'amélioration des capteurs sur le vecteur lui-même. Ces éléments de support indispensables s'ajouteront à la facture globale des vecteurs non pilotés eux-mêmes, mais viendront apporteront leur dose de vulnérabilité et de sensibilité aux attaques, même si le segment spatial gagne peu à peu une certaine suprématie dans ce domaine.

LA VOIE DE LA SAGESSE : AMÉLIORER LA COMPLÉMENTARITÉ ENTRE L'HOMME ET LA MACHINE

Dans l'état actuel des capacités disponibles, c'est une équipe homme-machine efficace, dotée d'interfaces performantes, qui conduira sans nul doute vers les progrès les plus notables. Ce principe devra être appliqué à bord des vaisseaux, mais aussi dans le partage des tâches au sein des systèmes.

**Les progrès réalisés
dans le domaine de
l'intelligence artificielle
sont encore très loin des
capacités d'un humain
dans la conduite
d'un aéronef.**

Le domaine militaire se caractérise par une forte spécificité liée à l'évolution très rapide et imprévisible des situations. Si les automatismes sont déjà présents pour assister l'homme dans la gestion de tâches courantes et répétitives à bord, il en va tout autrement de celle de l'imprévu et de l'immédiat, qui requiert une capacité de réaction instantanée et adaptée, même si partiellement imparfaite, mais rarement programmable ou envisageable. Lorsqu'on étudie le rôle du facteur humain dans le pilotage des aéronefs, il est important d'éviter la confusion entre manque de fiabilité et défaut d'adaptabilité. On omet trop souvent de considérer que l'intervention humaine s'est matérialisée dans une zone où les machines « fiables » étaient disqualifiées d'office. Par ailleurs, il y a une sorte de contradiction entre la fiabilité, qui relève d'un univers « prévu », et l'adaptabilité, qui s'exerce dans un univers imprévu, voire imprévisible. On parle des 70 % d'erreurs humaines dans les accidents d'avion mais pas des 99,9 % des cas où c'est l'homme qui a contribué au bon déroulement du vol en évitant les dérives des machines ou en rattrapant leurs déficiences.

Par ailleurs, même si l'automatisation peut être étendue ou généralisée, il restera toujours un moment où l'homme devra être présent, au moins pour intervenir dans le processus de prise de décision. L'homme restera également indispensable en ce qui concerne le contrôle à distance, la surveillance ou la conception des opérations aux différents étages de l'organisation des forces. L'intégration des automatismes dans les systèmes organisés où l'homme est présent requiert la plus grande prudence. On a souvent constaté que différents mondes cohabitent sans communiquer, et que le décalage qui existe entre les ingénieurs-concepteurs et les opérationnels-utilisateurs pouvait s'avérer très coûteux si personne ne veillait à la cohérence de l'ensemble. Une compréhension mutuelle est indispensable et il est fondamental de mettre en place des procédures pour garantir

7 Cf. « La relation homme-machine vue par quatorze spécialistes », exploitation de six forums tenus par l'Académie nationale de l'air et de l'espace, *Nouvelle revue d'aéronautique et d'astronautique* n° 3-1998.



Photo M. Isaac - Air & Cosmos

Le drone haute altitude longue endurance (HALE) Global Hawk, conçu par Northrop Grumman. Pendant toutes ses missions au-dessus de l'Irak, l'engin a été directement contrôlé depuis sa base en Californie.

un pilotage éclairé des opérations et multiplier les chances d'atteindre les objectifs fixés. Or, les études menées dans ce domaine montrent que cette partie est loin d'être traitée, et qu'il y a encore de vastes progrès à faire pour améliorer la synergie homme-machine dès le stade de la conception et conséquemment l'efficacité d'ensemble des opérations⁽⁷⁾.

Il est essentiel de ne pas perdre de vue les arguments qui ont présidé à l'introduction du drone dans le champ de bataille. L'un d'eux, et non le moindre, est de permettre à l'homme de rester éloigné des zones à haut risque, tout en conservant ses capacités intellectuelles propres, au bénéfice de la conduite du combat. Les qualités humaines de jugement, d'adaptation et de créativité sont encore trop précieuses et trop difficiles à reproduire pour que l'on puisse s'en passer. C'est en les utilisant de façon complémentaire avec celles du drone ou du drone de combat que l'on obtiendra le meilleur résultat. Un certain nombre d'options sont actuellement envisagées dans ce sens suivant la ligne de l'idée force « *Human Centric - Robot Peripheric* ». On peut citer à titre d'exemple celui de l'aéronef piloté, accompagné de plusieurs drones de combat automatisés et asservis. On évoquera également l'aéronef piloté se tenant à distance de sécurité, mais suivant le développement des opérations et dirigeant l'ac-

tion des UCAV⁽⁸⁾ à l'intérieur de la zone critique du champ de bataille, ou simplement présent pour garantir l'identification formelle d'une cible avant le tir. L'efficacité de ce type de coopération sera d'autant plus grande que l'action de l'homme s'intégrera dès le stade de la conception des aéronefs non habités, ce qui doit également avoir des conséquences positives notables sur la facilité de formation des pilotes.

Par ailleurs, dans la logique d'une coopération étroite entre vecteurs piloté et non piloté au sein d'une opération n'imposant pas de systèmes trop exagérément perfectionnés, la maîtrise des coûts de développement et d'acquisition des UAV et UCAV sera un élément déterminant. Elle permettra de compenser le déficit en futurs avions de combat modernes, devenus financièrement inaccessibles en regard des contraintes budgétaires des démocraties en général, et européennes en particulier. En résumé, pourquoi essayer de faire faire à la machine ce que l'homme fait beaucoup mieux naturellement et vice versa ?

L'intégration des calculateurs dans les cabines de pilotage a provoqué de multiples études sur la répartition des fonctions entre l'homme et la machine (formule du « *glass cockpit* ») répartition pour laquelle les experts, qu'ils soient ingénieurs, pilotes, contrôleurs ou psychologues, se rejoignent sur une ébauche de partage.

8. UCAV pour *Uninhabited Combat Aerial Vehicle*.

La place de l'homme dans les opérations aériennes à venir



Photo SIRPA Air

l'AV de type moyenne altitude longue endurance (MALE) Hunter, en service dans l'armée de l'air.

► Il serait préférable d'attribuer aux automatismes :

- ⇒ les cas d'opérations présentant des dangers ou nécessitant une habileté exceptionnelle ;
- ⇒ les opérations fastidieuses ;
- ⇒ les cas où une erreur peut engendrer des conséquences catastrophiques.

► En contrepartie, l'homme conserverait les tâches où il est supérieur :

- ⇒ ce qui relève de la logique floue ou de la reconnaissance de forme ;
- ⇒ le domaine des décisions fondées sur le jugement qualitatif.

► Si l'on étend l'application de ces principes aux systèmes de bord, les machines seraient affectées aux tâches :

- ⇒ dangereuses (risque de destruction, ambiance polluée...) ;
- ⇒ répétitives et fastidieuses ;
- ⇒ où les facultés de l'homme risquent d'être altérées ou annihilées.

► Alors que l'homme resterait présent pour tout ce qui nécessite :

- ⇒ une capacité instantanée d'identification ;
- ⇒ une capacité d'analyse et de synthèse immédiate ;
- ⇒ une capacité de jugement et de bon sens, voire d'humanité.

Quelques décennies après leur apparition, et après avoir assisté à la généralisation de l'électronique et des automatismes dans le monde des opérations aériennes, ces derniers ont atteint un tel niveau de fiabilité que des idées s'expriment aujourd'hui en faveur de leur suprématie, voire de la suppression de l'homme de la boucle active des opérations. Mais si les progrès techniques évoqués sont indiscutables, ils restent encore très éloignés du niveau requis pour retirer complètement l'opérateur humain des opérations aériennes en conservant un fonctionnement sécurisé, que ces opérations soient d'ailleurs civiles (donc possédant un certain degré de répétitivité) ou à plus forte raison militaires (par essence beaucoup moins prévisibles). Par ailleurs, la recherche de matériels réellement performants conduit encore à des coûts prohibitifs, sans pour autant garantir une capacité satisfaisante des réalisations.

L'intégration homme-machine dès le stade de la conception des vecteurs et de la formation du personnel, et en particulier l'interaction homme-ordinateur, passe par l'association de la quantification de l'ingénieur, du concret du pilote, du pragmatisme du contrôleur et de la connaissance qu'a le psychologue du comportement humain. La fusion des travaux dans ces différentes disciplines conserve une importante marge de progression qui permettra de se rapprocher d'une synergie optimale entre l'homme et la machine. Elle conduira progressivement vers une amélioration de l'efficacité et de la sécurité des opérations, en assurant la maîtrise des coûts et en bénéficiant à chaque étape des fruits des investissements consentis. Cette formule est assurément la plus pragmatique, menant graduellement à un résultat optimal et permettant de veiller à ce que l'univers des opérations aériennes ne soit pas complètement coupé de celui des hommes et de leurs préoccupations.

« Le Vaisseau fantôme volait vers le pays ennemi, un pays vaincu dont les armées avaient été anéanties et dont les habitants avaient péri. Il volait si haut que, fort loin en dessous de ses immenses ailes et de ses moteurs au vrombissement régulier, une grande ligne courbe mettait en évidence la rotondité de la Terre. De la Terre, cette planète morte, sur laquelle, depuis longtemps, il n'y avait plus un seul être vivant. » ●