



Juin 2017

**SYSTEME DE COMBAT AERIEN FUTUR,
QUELLE ARTICULATION ENTRE SYSTEME
D'ARMES PILOTE ET SYSTEMES D'ARMES
NON HABITE ?**

Etienne DAUM, Bertrand SLASKI

Managers Défense & Sécurité

Avec le Général (2S) Thierry Caspar-Fille-Lambie

Préface du Colonel Jean-Christophe Boeri

Chef du Bureau Plans, EMAA

Position **P**aper

L'INTELLIGENCE
DE LA DECISION



Table des matières

| | |
|--|----|
| 1. Préface | 4 |
| 2. Avant-propos | 6 |
| 3. Synthèse Générale | 7 |
| 4. Architecture de forces armées étrangères..... | 9 |
| 4.1. Etats-Unis | 9 |
| 4.2. Allemagne..... | 14 |
| 4.3. Italie | 15 |
| 4.4. Israël..... | 17 |
| 4.5. Russie et Chine | 19 |
| 5. Ruptures technologiques | 21 |
| 5.1. Analyse de la menace | 21 |
| 5.2. La réponse de la puissance aérienne..... | 23 |
| 6. Conclusion | 31 |

1. Préface

Par le Colonel Jean-Christophe Boeri

Chef du bureau plans de l'état-major de l'armée de l'air

Comme en témoignent avec force les engagements récents, l'exploitation du milieu aérien à des fins militaires offre aux autorités politiques une très grande liberté d'action, en tirant profit des caractéristiques majeures de l'arme aérienne que sont la vitesse, l'allonge, la hauteur ainsi que l'absence d'empreinte au sol, y compris dans la profondeur du dispositif adverse. Cela n'est néanmoins possible qu'à l'unique condition de bénéficier de la supériorité aérienne. De ce point de vue, si les armées de l'air occidentales ont quasiment toujours pu s'en prévaloir lors des opérations de ces dernières années, la réalité des engagements futurs risque d'être autrement différente, au regard des investissements consacrés, par nombre de pays, au développement et à l'acquisition de capacités anti accès/déni de zone (A2/AD). Au-delà de la mise en exergue du retour de la force, il s'agit de souligner l'importance vitale de la prise en compte de cette dimension dans la préparation de l'avenir.

L'armée de l'air s'est aujourd'hui engagée dans des travaux conceptuels et capacitaires autour du système de combat aérien futur (SCAF). Celui-ci doit lui permettre de répondre, à l'horizon de la prochaine décennie, aux missions assignées par nos autorités politiques dans un environnement opérationnel non permissif, aussi bien en complète autonomie que dans le cadre de coalitions diverses. Ce système de combat aérien futur, qui aura vocation à nous permettre d'agir sur un très large spectre de missions doit, dès lors, être pensé comme un réseau de moyens aériens polyvalent, flexible, reconfigurable. Interconnecté, quelles que soient les distances, à une

architecture C2 robuste, il permettra de mener un combat totalement collaboratif. Il s'agira de gagner la bataille informationnelle pour conserver l'initiative, de pouvoir projeter force et puissance à longue distance, y compris en environnement contesté, de contracter notre cycle décisionnel afin de le rendre plus performant que celui de l'adversaire, d'améliorer la permanence de l'action aérienne, de pouvoir adapter rapidement le dispositif de combat, en décloisonnant les espaces et les milieux.

Bien évidemment, le système de combat aérien futur ne saurait se limiter à la simple mise en œuvre de nouvelles technologies de communication et de distribution d'une information toujours plus dense, précise, et provenant de toujours plus de sources. Il doit, au contraire, être vu pour ce qu'il est : une évolution majeure dans l'emploi des moyens de l'armée de l'air, en tant que système, et des autres armées dans le cadre du combat interarmées et des opérations en coalition.

On mesure alors l'importance des enjeux aussi bien que la globalité et la complexité des défis à relever. Pour conduire ces travaux, l'armée de l'air doit être en mesure de tirer profit d'une réflexion globale, ouverte et décomplexée, à laquelle concourent les travaux d'organismes de recherche et d'analyse extérieurs. C'est dans cet esprit qu'une étude prospective et stratégique sur l'articulation entre systèmes d'arme habités et systèmes d'arme non habités a été commandée il y a quelques mois à la CEIS, et dont est issue la présente note. Cette ouverture représente un axe majeur de l'armée de l'air, qu'elle entend maintenir et promouvoir tant il est essentiel à la préparation de l'avenir et au succès des ailes françaises.

2. Avant-propos

Le présent document propose une analyse synthétique de l'évolution du contexte géostratégique mondial ainsi que des futures menaces auxquelles la force aérienne française sera confrontée à l'horizon 2030.

Il livre également une vision prospective des grandes évolutions technologiques ainsi que des opportunités et des risques qu'elles comportent pour la liberté de manœuvre de la puissance aérienne et *a contrario* des possibilités nouvelles qu'elles offrent à l'adversaire.

Enfin, il propose différentes pistes pour que la force aérienne française conserve tous ses atouts actuels incluant son agilité, sa capacité d'agir vite, loin et en profondeur ainsi que la variété des effets qu'elle peut délivrer dans le cadre de ses missions propres ou en soutien d'autres composantes.

Les auteurs souhaitent remercier l'armée de l'air de lui permettre de présenter une partie des travaux réalisés à son profit. Ils remercient également l'ensemble des experts rencontrés au cours de l'étude. Les idées et opinions exprimées dans ce document n'engagent que les auteurs et ne reflètent aucunement la position de l'armée de l'air, des experts rencontrés ou de CEIS.

3. Synthèse Générale

La simultanéité de la résurgence des menaces symétriques et des évolutions technologiques rapides, offrant de nouvelles possibilités opérationnelles à l'adversaire, imposent un examen approfondi des conditions dans lesquelles seront conduites les opérations aériennes futures.

Celles-ci pourraient dorénavant avoir à opérer dans des espaces aériens de plus en plus contestés voire déniés. Si ce phénomène impactera directement les missions propres à la puissance aérienne, cela sera également le cas des opérations aéroterrestres et aéromaritimes avec les conséquences induites sur la liberté de manœuvre des forces armées françaises et alliées.

Or, dans le cadre de son adaptation permanente à la menace, l'arme aérienne doit anticiper les évolutions rapides des systèmes de défense aérienne de ses adversaires potentiels, notamment les performances de leurs moyens de détection et effecteurs. Elle doit également considérer les conséquences possibles de la mise en réseau de ces mêmes systèmes d'armes qui pourrait les rendre encore plus efficaces, et très difficile à déjouer pour les meilleurs d'entre eux (systèmes russes tout particulièrement).

Pour répondre à ces futurs enjeux, l'armée de l'air conduit des réflexions sur le développement du SCAF (système de combat aérien futur). Ce dernier doit lui permettre de mettre en œuvre ses différentes plateformes aéronautiques, systèmes de commandement et systèmes d'armes au sein d'un même réseau, incluant des systèmes habités et des systèmes non-habités. L'objectif est de pouvoir produire à tout moment l'effet final recherché, grâce à la meilleure combinaison de

capacités qui soit, dans le cadre d'opérations aériennes, combinées ou intégrées dans un cadre national ou multinational, face à toutes les menaces (conventionnelles, asymétriques).

Cette Note Stratégique vise à contribuer à la réflexion sur la puissance aérienne française dans les évolutions mondiales attendue à horizon 2030 – c'est-à-dire demain – qu'elles portent sur la menace ou bien les évolutions technologiques prévisibles. Pour ce faire, des premiers éléments de comparaison ont été recherchés dans les documents de prospectives capacitaires des forces armées étrangères, de pays alliés ou partenaires (Etats-Unis, Allemagne, Italie, Israël) mais aussi sur les adversaires possibles (Russie, Iran, Corée du Nord et Chine). Les ruptures technologiques et opérationnelles attendues à ce même horizon ont été analysées dans un deuxième temps. Celles-ci ont par la suite été illustrées par des scénarii permettant de les confronter aux besoins opérationnels, de dégager des modes d'actions et des axes capacitaires futurs pour l'Armée de l'Air. Ces réflexions ne visent pas seulement le développement éventuel de drones de combat (UCAS), c'est-à-dire d'un nouveau système d'arme, mais bien à préparer la mise en réseau de l'ensemble des plateformes aériennes évoluant en opération afin d'accélérer le partage de l'information et ainsi garantir la maîtrise du tempo opérationnel par l'Armée de l'Air.

4. Architecture de forces armées étrangères

Plusieurs tendances sur le plan des évolutions des forces armées étrangères sont à mettre en évidence :

4.1. Etats-Unis

✓ **US Air Force :**

L'armée de l'air américaine (USAF) est engagée dans un profond renouvellement de certaines flottes d'aéronefs qu'elle n'a pas encore totalement absorbé, notamment en raison de ses déploiements multiples, de ses nombreux programmes lancés et de difficultés en matière de ressources humaines (recrutement, formation...). Pour autant, l'USAF explore actuellement plusieurs développements technologiques novateurs, grâce aux ressources financières considérables dont elle dispose année après année. De manière non exhaustive, les travaux menés par l'USAF porte sur les grands projets suivants : capacité OPV¹ sur le B-21 Raider, drone RQ-180 et futur aéronef PCA² pour la famille Long Range Strike, les concepts d'Arsenal Plane et de Loyal Wingman pour réduire les contraintes engendrées par le faible emport des avions F-22/F-35 en raison de leur furtivité, ainsi que le programme Gremlins pour la mise en œuvre d'essaims de drones. En revanche, point notable dans les pistes technologiques envisagées par l'USAF, celle-ci ne dispose pas à ce

¹ Optionally Piloted Vehicle.

² Penetrating Counter-Air.

jour de programme identifié d'UCAS. Le volume du budget des programmes classifiés (68Md\$ pour FY2017) pourrait néanmoins lui permettre de conduire ce type de programme SAP (Special Access Programs³) sans que son existence ne soit portée à la connaissance du public.

Sur le volet organique, les pilotes et opérateurs sont au cœur des enjeux touchant aux opérations de drones, ce qui d'ailleurs témoigne bien de l'importance de l'humain dans la mise en œuvre de ces systèmes que certains ont parfois caricaturé à tort en robot autonome. Si l'aspect système de drones ne pose aucun problème actuellement avec des commandes d'appareils suffisantes, la filière drones pose davantage de difficulté pour ce qui est des ressources humaines (RH). L'USAF est en effet confrontée à un suremploi de ses équipages MALE ce qui a poussé l'Air Combat Command⁴ à parler de « breaking point ». L'armée de l'air américaine est ainsi forcée de réduire le nombre d'instructeurs nécessaires pour les affecter aux opérations et doit trouver dans le même temps des solutions pour pallier aux départs de nombreux pilotes et opérateurs vers la vie civile. Le volume de départ des pilotes de chasse pourrait également mettre un peu plus sous tension la communauté des pilotes de drones MALE, filière non privilégiée en premier choix par les pilotes de chasse : en 2016, près de 723 postes de pilote de chasse étaient vacants pour la seule USAF⁵. Parmi les solutions possibles à ce déficit RH, la Secretary of the Air Force d'alors, Deborah James, a lancé une expérimentation visant à placer des sous-officiers non brevetés pilotes aux commandes de drones HALE RQ-4 Global Hawk afin de pallier au manque d'équipages. Par ailleurs, la piste de l'externalisation est également

³ Les fameux « Black Programs ».

⁴ <http://www.thedailybeast.com/articles/2015/01/04/exclusive-u-s-drone-fleet-at-breaking-point-air-force-says.html>

⁵ <https://www.washingtonpost.com/news/checkpoint/wp/2016/07/15/a-stark-look-in-graphics-at-how-many-fighter-pilots-are-leaving-the-air-force/>

étudiée pour certaines tâches. A court terme, l'une des solutions retenues par le DoD consiste à sous-traiter au privé une partie des vols. Le budget 2017 prévoit ainsi 10 orbites de drones assurées par des entreprises. Pour l'heure, seules deux entreprises ont été retenues par l'US Air Force : Aviation Unmanned et General Atomics Aeronautical Systems Inc. (GA-ASI), constructeur des MQ-1 et MQ-9. Aviation Unmanned doit fournir des équipages complets pour opérer des drones Reaper. Pour sa part, GA-ASI a reçu un contrat de *wet leasing* pour louer au DoD un MQ-9, sa station-sol et les pilotes et opérateurs pour un an⁶.

✓ **US Navy**

Dernièrement, l'Aéronavale américaine semble avoir ralenti ses travaux dans le domaine de l'intégration des aéronefs de combat non habités (UCAS), alors qu'elle était la plus en avance sur les réflexions dans ce domaine précis. Dorénavant, la priorité absolue de l'US Navy est de préserver de ses capacités actuelles avant d'en envisager de nouvelles. Cela implique de prendre en compte tout particulièrement le vieillissement accéléré de la flotte des Super Hornet. Sur ce point, la révision à la baisse des ambitions dans le domaine des UCAS – via le programme UCAAS⁷ – doit permettre de préserver le potentiel de la flotte d'avions de combat de l'Aéronavale, le drone étant dans un premier temps dédié à la « seule » mission de ravitaillement en vol. A plus long terme, l'UCAS pourra intégrer une capacité ISR « légère » ainsi que des capacités de frappe.

Pour ses missions SEAD (Suppression of Enemy Air Defenses), actuellement, l'US Navy préfère optimiser le couple EA-18G/NGJ⁸.

⁶ <http://www.latimes.com/nation/la-fg-drone-contractor-20151127-story.html>

⁷ Unmanned Carrier Aviation Air System, auparavant désigné CBARS (Carrier Based Aerial-Refueling System).

⁸ Next Generation Jammer.

Utiliser des drones pour le ravitaillement en vol lui permettra de libérer les Super Hornet de cette mission mais également d'allonger la capacité de frappe longue distance de ses porte-avions afin de mettre les bâtiments à distance de sécurité des *carriers-killers*, notamment chinois (missile hypersonique, chasseur-bombardier J-20). A plus long terme, les réflexions de la Marine américaine semblent s'orienter vers le développement d'un couple F/A-XX/MQ-XX, c'est-à-dire d'un futur avion de combat et d'un système de drone. Pour l'heure, les informations disponibles ne permettent pas d'envisager le rôle précis ni de l'un ni de l'autre. Toutefois, l'aspect coopératif sera très certainement essentiel à la bonne coordination de ces deux aéronefs. Sur un plan plus conceptuel, il faut noter que l'US Navy développe une posture dite de « létalité distribuée » ("Distributed Lethality" incluant notamment la dimension aéronavale pour répondre à l'émergence de la menace A2/AD ou Anti Access/Area Denial). Une fois encore, le réseau et l'échange de données à des fins d'action sont au cœur de cette posture.

✓ **US Army**

Les forces terrestres américaines disposent aujourd'hui d'un concept d'emploi de systèmes d'armes non habités couplés avec des aéronefs habités : le MUM-T (Manned Unmanned-Teaming). Le développement de cette capacité opérationnelle s'est trouvé accéléré par le retrait des hélicoptères OH-58 Kiowa Warrior⁹ et le transfert de la mission reconnaissance armée aux AH-64 assistés des drones tactiques de l'US Army (RQ-7 Shadow et MQ-1C Gray Eagle). Afin de développer les synergies d'emploi de ces systèmes, l'US Army a intégré en organique les hélicoptères d'attaque et les drones au sein d'unités autonomes des Combat Aviation Brigades (CAB).

⁹ Pour des raisons budgétaires.

L'évolution de ce système de combat s'articule autour du MUM-TX : l'US Army souhaiterait ouvrir les interactions AH-64E et drones à l'ensemble des aéronefs télépilotes de l'US Army (via une rationalisation des liaisons de données). L'armée de terre ambitionne également par la suite d'accéder à l'ensemble des drones mis en œuvre par les forces armées américaines avec une mise en réseau pour partage des données, voire prise de contrôle du drone par l'équipage de l'AH-64E. Ainsi, l'US Army met aujourd'hui en œuvre un couple aéronef habité/système télépilote dans sa manœuvre tactique, après l'avoir déjà testé en opération extérieure (Irak, Afghanistan).

Dans une certaine mesure, les avancées concrètes des forces terrestres américaines, obtenues grâce à plus de 15 ans de RETEX, et les capacités dont elles disposent les placent aujourd'hui dans un rôle de leader de la couche basse aéroterrestre dès lors que des hommes sont au sol. Ce point n'a pas échappé à l'USAF qui marque dorénavant un intérêt pour cette dernière comme en témoigne son document de stratégie dédié aux minidrones¹⁰. Pour la puissance aérienne, il s'agit notamment de voir sous la couche nuageuse mais aussi d'envisager de nouveaux modes d'action face à la menace sol air. La 3^{ème} dimension est un tout qu'il lui faut maîtriser de la surface terrestre à l'espace.

10

[http://www.af.mil/Portals/1/documents/isr/Small_UAS_Flight_Plan_2016_to_2036.p
df](http://www.af.mil/Portals/1/documents/isr/Small_UAS_Flight_Plan_2016_to_2036.pdf)

4.2. Allemagne

La Luftwaffe semble engagée dans un processus de réflexion et de maturation de son besoin capacitaire global. Toutefois, pour l'heure, sa priorité porte sur le remplacement de ses Tornado dont le retrait du service devrait intervenir vers 2030-2035. Si le nom du programme – le Next Generation WaffenSystem (NGWS) – est connu, sa définition précise reste en cours d'élaboration. Dans tous les cas, le successeur du Tornado viendra s'intégrer dans un programme structurant pour la Luftwaffe : le FCAS (Future Combat Air System). Ce programme également en cours de définition semble viser le développement d'un système de systèmes destiné à mettre en réseau l'ensemble des aéronefs des forces armées allemandes ou tout du moins les avions Eurofighter, les hélicoptères Tigre, les drones MALE 2025 voire le Tornado puis le NGWS.

Tout développement d'un successeur au Tornado posera une question critique, celle de la pérennité de la mission nucléaire assurée par l'Allemagne au sein de l'OTAN. A ce jour, sur ce point et au regard des informations ouvertes disponibles, l'option américaine avec le F-35 (JSF) est la seule possibilité, cet appareil étant le seul nouvel avion qualifié pour mettre en œuvre les B61 nucléaires. Néanmoins, sur un projet aussi ambitieux et novateur, il n'est pas exclu que les Allemands cherchent à étudier d'abord les pistes choisies par l'ensemble de leurs alliés de référence (USA, France) pour faire ensuite leur propre choix et éventuellement s'inscrire dans un programme international, un point qui semble d'ailleurs au centre de la politique allemande pour ses futures capacités.

En définitive, la Luftwaffe se trouve face à des choix décisifs à faire en matière de préparation de l'avenir dans la mesure où ils structureront son format futur ainsi que ses alliances militaires (et

industrielles). C'est la raison pour laquelle, il n'est pas improbable que ce projet ne connaisse pas d'avancées majeures en 2017. L'élection législative (février 2017) puis la mise en place d'un nouveau gouvernement (septembre 2017) ne devraient pas permettre d'avancées majeures sur le dossier. En outre, les autorités à Berlin chercheront d'abord à connaître les intentions de la nouvelle administration américaine en matière de sécurité internationale, tout comme de son allié français. Quoiqu'il en soit, la décision de l'Allemagne pèsera lourdement sur la pérennité d'une industrie de l'aéronautique de combat en Europe. Dans le cas d'un choix en faveur d'un appareil américain, la France se trouverait alors clairement isolée avec les conséquences induites pour sa filière dans ce domaine (motoriste, missilier, équipementiers...).

4.3. Italie

Les forces armées italiennes ont été les pionnières en Europe à déployer des MALE, ayant reçu leurs premiers RQ-1 Predator dès 2004. Ces drones ont été déployés en Afghanistan et en Irak, deux étant opérés depuis le Koweït au-dessus de l'Irak jusqu'à au moins décembre 2015. Depuis, l'Italie a également reçu des MQ-9 Reaper à partir de 2011 pour lesquels elle a reçu l'autorisation de Washington de les armer en 2014. L'Italie montre ainsi une ambition marquée dans le domaine des grands drones avec plusieurs programmes acquis ou en cours de développement : Predator, Reaper, MALE 2025 ou encore P.1HH Hammerhead.

Afin de répondre à ses besoins, l'Aeronautica Militare a fait le choix d'une centralisation de la formation et des opérations de drones

MALE sur la BA¹¹ d'Amendola. Celle-ci accueille le 28^{ème} escadron (32^e escadre) opérant les MALE italiens mais également un futur centre de formation d'opérateurs (abandonnant dès lors toute formation aux Etats-Unis à Creech AFB). L'Aeronautica Militare souhaite ainsi concentrer ses efforts en matière de drones autour de la base d'Amendola en y créant un centre d'excellence des drones dont il est possible d'imager qu'il s'ouvre à des partenaires étrangers à l'avenir. L'Italie se positionnerait alors en centre de formation pour la partie européenne de l'OTAN pour utilisateurs de drones General Atomics. Les Etats-Unis pourraient voir d'un bon œil ce projet d'un « club des utilisateurs européens » dans la mesure où il leur permettrait de se concentrer davantage sur leurs propres besoins en matière de formation, sans parler de la vitrine qu'il constituerait pour les solutions de l'industrie américaine.

Concernant par ailleurs les ambitions capacitaires italiennes, il convient de les modérer eu égard aux programmes que le pays doit déjà financer (F-35) et à la crise économique durable qu'il connaît, l'amenant à revoir ses priorités en matière d'investissements et de dépenses. Enfin, il faut noter que l'Aeronautica Militare ne semble pas avoir de réflexions équivalentes au SCAF français ou au FCAS allemand. En matière d'interopérabilité, l'OTAN restera certainement sa source d'inspiration. Là aussi, le choix du JSF est déterminant pour Rome, forçant l'Italie à disposer de systèmes compatibles avec ceux équipant les F-35 Lightning II. Les futures acquisitions de l'Aeronautica Militare s'en trouveront dès lors axées autour de l'avion de combat de Lockheed Martin en raison de son positionnement en tant que nœud central du réseau. Cette réalité d'une flotte européenne d'avions de combat formée autour du F-35, à laquelle il faut ajouter la présence de drones MALE de General Atomics, préfigurent la dépendance dont

¹¹ Base Aérienne.

feront l'objet certains de nos alliés à l'avenir à l'égard des technologies américaines.

4.4. Israël

Sauf revirement stratégique, la tendance en Israël devrait aller vers une place croissante accordée aux systèmes non-habités avec une inversion prévue d'ici 20 ans du ratio aéronefs habités/aéronefs non-habités. Les forces armées israéliennes (IDF) disposent déjà de capacités ISTAR avancées et importantes. Elles sont mises en œuvre au quotidien par les trois composantes, en raison du contexte sécuritaire particulier d'Israël : l'ennemi est aux frontières, imprévisible, le plus souvent sans uniforme, il peut frapper à tout instant, ce qui requiert « permanence sur zone » et « temps réel » afin de le détecter, de l'identifier, de le surveiller puis de le traiter. Au fil des années, les besoins opérationnels et les différents RETEX ont amené les composantes aériennes et terrestres, tout particulièrement, à développer une coopération accrue et à tenter de décloisonner leur fonctionnement au profit de la mise sur pied de bulles aéroterrestres selon les besoins. Si l'armée de l'air conserve une relative autonomie dans les opérations en profondeur (au-delà des zones de « contact » au sol), elle est amenée à travailler de manière combinée/intégrée avec l'armée de terre afin de la soutenir lors de ses déploiements (appui feu rapproché). Ce rapprochement trouve son écho dans la recherche d'une meilleure interopérabilité des senseurs et effecteurs des forces terrestres et aériennes israéliennes, une dynamique qui se retrouve dans l'ensemble des forces armées occidentales ayant participées aux opérations en Irak, Afghanistan et Syrie. Cela se traduit, par exemple, par la possibilité de recopie de la vidéo d'une capacité ISR de l'une ou de l'autre composante. Des travaux sont également menés au niveau des C2 pour améliorer la fusion de

données et pouvoir exploiter plus rapidement le renseignement à l'ensemble des échelons. Sur ce point, l'idée est d'adapter en permanence la manœuvre d'ensemble pour imposer son propre tempo opérationnel à l'adversaire.

Pour l'heure, cette mise en réseau semble être la grande priorité d'Israël, avec la bonne distribution des données au bon moment et au juste niveau. La maîtrise du tempo des opérations doit lui permettre de défaire ses adversaires potentiels qu'ils soient asymétriques (Hezbollah, Hamas, etc.) ou conventionnels (Syrie, Iran). Par le partage d'informations et la mise en réseau, la recherche de cette maîtrise du tempo opérationnel aurait déjà permis à Tel-Aviv de réduire le cycle *sensor-to-shooter* à 1-2mn contre 15mn lors de la 2^{ème} Guerre du Liban durci en 2006¹².

Sur les développements à fort potentiel, il apparaît qu'Israël se positionne fortement dans le domaine du cyber, avec des points de convergence avec la guerre électronique. Le développement de solutions devant désorganiser les moyens de défense de l'adversaire est recherché. Il s'agit de gêner ses communications, de leurrer ses capteurs, de tromper sur ses intentions, etc. en infiltrant au préalable son architecture réseau lorsque cela est possible. Dans les années à venir, l'armée de l'air israélienne recevra ses premiers F-35 (JSF), le premier avion conçu comme un système d'arme connecté. L'intégration de cette capacité ne sera pas sans conséquences puisqu'il faudra permettre au F-35 d'intégrer le réseau de communication existant et de dialoguer avec les systèmes d'armes en place (en particulier les drones aériens et les avions de mission de l'Heyl Ha'Havir). Pour ce faire, pour l'heure, il est difficile d'établir si l'avion de combat sera en partie « israéliisé » ou si au contraire, le

¹² <http://www.jpost.com/Features/Front-Lines/Shortening-the-sensor-to-shooter-cycle>

Le système de défense israélien devra « s'américaniser » davantage. Quoi qu'il en soit, comme pour les pays européens qui en sont acquéreurs, le F-35 disposera certainement de deux modes, l'un limité pour les alliés et l'autre pour les forces armées américaines.

4.5. Russie et Chine

Dans le domaine militaire, la Russie semble avoir concentré une partie de ses efforts d'investissement dans ses systèmes de défense, l'idée étant d'assurer avant tout l'intégrité du territoire, en complément de sa dissuasion nucléaire en cas de situation ultime. Aussi, au fil des années, la Russie a maintenu des investissements importants dans les domaines de la défense aérienne et antimissile, qui lui ont d'ailleurs valu et qui lui valent toujours des succès à l'export dans ce domaine (faisant d'ailleurs craindre à une prolifération de ces capacités). Outre l'amélioration des systèmes en dotation, travaillant ainsi à la création de familles de produits, les forces armées russes ont également poussé à une intégration plus aboutie de leurs différentes capacités sur le territoire national et au-delà (coopération avec la Biélorussie, l'Arménie et le Kazakhstan). Il s'ensuit, au moins en apparence, l'émergence d'un maillage dense et dissuasif, offrant l'effet final recherché, à savoir la sanctuarisation de l'espace aérien russe. Dans le même temps, des efforts ont été entrepris afin de maintenir la capacité russe à frapper en profondeur et à garantir la capacité des effecteurs de la dissuasion à pénétrer les DAMB grâce à des missiles ou planeurs hypervéloces (hypersoniques)¹³.

¹³ <https://ceis.eu/fr/note-strategique-les-futurs-missiles-de-croisiere-hypersoniques-des-game-changers/>

A contrario, il semble que dans le domaine des UCAS, et plus largement des systèmes de drones, la Russie n'a pas investi autant d'énergie, préférant miser sur le développement de briques technologiques déjà éprouvées (guerre électronique, missiles, radars). C'est certainement l'une des raisons pour lesquelles le pays n'a pas développé de designs innovants (furtivité), poursuivant son apprentissage de ce type de vecteurs par le développement de drones de différentes classes. Sur ce point, la mise en œuvre de drones russes en Syrie, principalement des minidrones, pourrait lui permettre de s'appuyer sur un RETEX précieux qui pouvait lui manquer auparavant.

Pour sa part, la Chine suit un développement capacitaire assez semblable avec un objectif identique : sanctuariser le territoire national et éloigner la menace de ses centres de gravité stratégiques. En outre, comme Moscou, Pékin développe un intérêt tout particulier pour les armements hypersoniques qui viendront interdire, par exemple, à des groupes aéronavals de s'approcher trop près des côtes et zones maritimes d'intérêt chinoises. Ses ambitions dans le domaine des drones de combat restent encore floues, le pays ne maîtrisant pas encore toutes les briques d'un aéronef « classique » (difficultés sur la partie motorisation notamment).

Les efforts investis pourraient toutefois déboucher sur un système opérationnel plus rapidement que prévu. Le démonstrateur Sharp Sword sur lequel les informations sont rares pourrait aboutir à un drone furtif sous peu. Contrairement à son partenaire russe, il faut noter que la Chine produit déjà ses propres drones tactiques et au-delà et qu'elle les commercialise avec succès. Sur ce point, plus de 10 pays étrangers utiliseraient des drones de la famille CH (Cai Hong) dont certains peuvent délivrer de l'armement (CH-4B). La Chine développerait par ailleurs des systèmes de drones pouvant voler à haute altitude comme parade aux aéronefs furtifs. Ceux-ci auraient

comme objectif de détecter la chaleur en sortie des tuyères orientées vers le haut d'un UCAS, par exemple.

5. Ruptures technologiques

5.1. Analyse de la menace

Les systèmes d'armes sol-air, air-air, destinés à défendre une zone ou un territoire, et donc à contester la supériorité aérienne d'un assaillant, vont continuer à évoluer dans les prochaines années. La recherche et développement (R&D) en cours dans le domaine des armements air-air, sol-air, des moyens de détection et des systèmes C2 bénéficient d'innovations importantes. Au-delà de cet aspect qualitatif et donc de l'accroissement des performances, l'aspect quantitatif ne doit pas être écarté. Il n'est en effet pas à exclure que les capacités sol-air connaissent un phénomène de prolifération, accroissant d'autant les zones de danger pour l'arme aérienne. La présence de systèmes de défense aérienne intégrés avec mise en réseau des capteurs et des effecteurs, ou encore le déploiement d'un système de défense de zone (S-300 et versions ultérieures) protégé par des moyens mobiles (Pantsir) sont autant de risques à considérer dans la conduite des opérations aériennes.

De plus, de nombreux développements sont actuellement en cours pour permettre aux pays en disposant de garantir une certaine performance des systèmes, notamment pour faire face à des aéronefs dits «furtifs». Concernant la détection de ces derniers, l'extension des gammes de fréquences couvertes par les radars mais surtout le développement de systèmes permettant la fusion des différentes

pistes radar (Nebo-M russe) ou encore les radars passifs utilisant l'environnement électromagnétique (ondes TV, radio, signaux de téléphonie mobile, etc.) pourraient améliorer la détection des aéronefs furtifs dans le cadre d'une mise en réseau des moyens de détection et des effecteurs (missiles aujourd'hui, lasers demain ?). Progressivement, ces moyens de détection radar seront également couplés avec des systèmes de détection dans le domaine de l'infrarouge et du visible, compliquant d'autant la pénétration d'un système de défense aérienne par la puissance aérienne.

Concernant les effecteurs sol-air, les évolutions, notamment des systèmes russes, n'ont jamais connu de pause même au sortir de la guerre froide, signe de l'importance de cette capacité pour la Russie. Le savoir-faire indiscutable qu'elle a maintenu tant sur le plan opérationnel qu'industriel a été largement exporté, rendant la probabilité de faire face à ce type de systèmes lors d'une opération d'autant plus probable (cf. Syrie 2013). Les tendances à l'évolution des systèmes de défense sol-air relevées portent ainsi sur plusieurs domaines :

- ✓ Développement de systèmes de transmissions sans fil afin d'éloigner les différents éléments du système sol-air tant pour le réseau surveillance/détection que pour le réseau engagement (aujourd'hui limités par des liaisons filaires) ;
- ✓ Panachage des types de missiles pour lutter contre des assaillants mettant en œuvre des tirs de saturation et ainsi intercepter les buts à différentes distances d'engagement (longue, moyenne et courte portée) ;
- ✓ Capacité des systèmes mobiles à tirer en roulant.

A plus long terme, de nouvelles solutions dans le domaine du sol-air pourraient faire leur apparition : lasers de puissance, munitions/canons électromagnétiques, etc.

5.2. La réponse de la puissance aérienne

Afin de réduire le risque présenté par les différentes évolutions dans le domaine de la défense aérienne, plusieurs pistes de développement sont considérées. La furtivité restera un axe d'effort majeur pour réduire la vulnérabilité des plateformes aéronautiques de combat. De même, la mise en réseau des différents systèmes aériens permettra d'accélérer le partage de l'information, de fusionner des données de capteurs variés et de maintenir la capacité à imposer à l'adversaire son propre tempo opérationnel. Des avancées sur les armements à énergie dirigée pourraient également constituer des facteurs de rupture.

La furtivité restera un élément important face aux évolutions des systèmes sol-air. Même si la furtivité absolue tient plus du mythe que de la réalité, disposer d'une telle capacité permet de réduire sensiblement la distance de détection par rapport à un appareil traditionnel. A titre illustratif, là où un avion de combat classique serait détecté à 20km par un système Pantsir (SA-22 Greyhound), il apparaît qu'un aéronef furtif du type drone de combat ne serait détecté qu'à moins 10km¹⁴.

L'intégration de capacités d'Intelligence Artificielle (IA) deviendra un élément différenciant. Cette nouvelle capacité de traitement autonome de l'information présentera plusieurs avantages : réduction du volume de données transmises (préservant ainsi la bande passante des liaisons de données), aide à la reconnaissance de cibles, tri des données brutes pour discriminer les éléments d'intérêts, adaptation de systèmes de guerre électronique face à des systèmes inconnus, etc.

¹⁴ Ordre d'idée.

Au final, l'IA pourra permettre à l'humain de se concentrer sur la conduite de sa mission en reprenant une partie des tâches ou en l'assistant dans sa prise de décision.

Cependant, la mise en réseau apparaît comme l'un des éléments essentiels au maintien de la capacité à opérer de l'arme aérienne. Le partage des informations recueillies par l'ensemble des capteurs d'un dispositif permettrait de disposer d'une vision optimisée de la situation tactique et ainsi d'adapter les évolutions en fonction de la menace. Si à horizon plus lointain de nouvelles liaisons de données devraient être imaginées, la Liaison 16 apparaît aujourd'hui comme la LDD¹⁵ la mieux à même de permettre une mise en réseau de l'ensemble des différentes plateformes armant un dispositif aérien. Le principal défaut de la L16 réside toutefois dans son rayonnement en mode émission, caractéristique réhibitoire pour un aéronef furtif. Elle n'en demeure pas moins un constituant essentiel des opérations aériennes modernes. Il s'agit donc en la matière de trouver le meilleur compromis entre furtivité et connectivité.

Dans le domaine des munitions air-sol, plusieurs évolutions sont en cours de développement. Les principaux axes d'effort portent sur la vitesse (missile de croisière supersonique), sur l'augmentation de portée et de charge des munitions planantes voire sur la miniaturisation des munitions susceptibles d'être emportées en soute par les UCAS.

Pour le C2, élément central d'un système visant la mise en réseau des capteurs et effecteurs de l'armée de l'air, la planification et la conduite des opérations aériennes devraient continuer à se faire de manière centralisée avec le déploiement, en fonction des circonstances et du besoin, d'un JFAC Forward. Face au volume

¹⁵ Liaison de Données Tactiques.

d'informations disponibles, le développement d'outils d'aide à la décision soutenu par la montée en puissance de l'IA constituera un facteur déterminant dans l'optimisation des boucles C2, en particulier pour l'identification et le ciblage. Les liaisons tactiques ou satellitaires restent au cœur du C2, notamment entre le JFAC et les éléments participant à l'opération. La connexion de ces différents éléments pour leur permettre de partager la connaissance de la situation, en temps réel, est le point vital du fonctionnement du SCAF. Pour autant, en 2030, les capacités de débit des différentes liaisons limiteront sans doute encore les données à échanger, notamment les plus volumineuses comme les images. Dès lors, il peut apparaître utile d'imaginer qu'une composante de l'information (avec des *Intelligence Officers* et/ou des *Data Officers* véritables *Data scientists opérationnels*) soit instauré, au sein du C2, afin d'exploiter, d'analyser, et de trier les informations essentielles à la prise de décision. Cette gestion doit être réalisée au plus près du chef de conduite, en charge des tasks et retasks, que celui-ci soit à la conduite du JFAC ou dans un C2 déporté. Les contraintes liées à la cybersécurité pourraient toutefois entraîner une évolution de certaines architectures du système de systèmes et devront être prises en compte avec *in fine*, toujours la question de l'accès au bon niveau d'information : l'information pertinente au bon moment et niveau, en fonction du besoin opérationnel.

L'ensemble de ces ruptures technologiques, combinées avec le déploiement d'un nouveau système de systèmes, ne sera pas sans conséquences sur le plan organique. Concernant l'UCAS, le développement d'un système de formation bien dimensionné et cohérent, en parallèle au développement du système de drones lui-même, sera essentiel. Au sein de ce système de formation, un système de simulation le plus réaliste possible sera une brique indispensable à la formation des futurs équipages appelés à opérer

des drones de combat ou d'autres aéronefs s'intégrant dans SCAF et susceptibles d'évoluer avec des drones de combat. Les pilotes de systèmes d'armes habités devront ainsi apprendre à travailler et évoluer avec des systèmes d'armes non-habités présentant des caractéristiques très différentes. Le(s) escadron(s) drones pourrai(en)t être positionné(s) au sein des différentes escadres Rafale spécialisés attaque au sol (conventionnelle et nucléaires, si le nombre le permet), par exemple au sein de la 30^e escadre de chasse, plutôt qu'avec d'autres escadrons drones. Ce choix permettrait de confier les entraînements et formations des escadrons aéronefs habités et aéronefs non-habités au commandant de l'escadre pour faciliter leurs opérations conjointes. En fonction du nombre de drones de combat déployés par l'Armée de l'Air, la possibilité d'armer plusieurs escadrons dédiés pourrait être envisagée. Un tel choix permettrait de les répartir au sein des deux ou trois escadres Rafale dont la 4 EC des FAS, ces dernières pouvant trouver un intérêt à l'emploi d'UCAS en soutien de leur mission.

Enfin, il convient de citer l'importance croissante de l'aspect cyber dans la conduite des opérations militaires. Celles-ci seront impactées par cette fonction, notamment de par la mise en réseau de l'ensemble des capteurs et effecteurs d'une force. Deux aspects sont à prendre en compte pour caractériser la place du cyber dans les opérations aériennes : le volet défensif, à savoir la capacité à assurer la résilience du C2 Air et la continuité de la conduite des opérations, et un volet offensif, à savoir la capacité à influencer sur la capacité des adversaires à conduire leurs opérations. Sur ce point, aux Etats-Unis, l'intégration des aspects cyber aux opérations aériennes est une volonté forte de l'US Air Force pour ses futures opérations (à horizon 2035). A travers son concept de « C2 multidomaine », l'USAF souhaite que le

commandant d'une force aérienne (JFACC¹⁶) dispose à sa main de l'ensemble des effets possibles à appliquer pour conduire ses opérations. Pour cela, le JFACC s'appuiera sur un MDOC (Multi-Domain Operations Center) regroupant les moyens C2 pour les opérations dans l'espace aérien, dans l'espace et dans le cyberspace. Ainsi, en 2035, l'US Air Force ambitionne de réaliser des opérations dans les trois Espaces afin de pouvoir reconfigurer l'effort en cas d'arrêt marqué sur l'un de ces milieux et pouvoir reprendre l'initiative afin d'atteindre l'effet recherché¹⁷. Ces choix conviennent d'être attentivement examinés afin que la force aérienne française puisse préciser ses attentes en la matière.

L'Opération Orchard : un tournant dans les opérations aériennes ?

Peu d'exemples de mode d'action cyber dans les opérations aériennes existent actuellement. Toutefois, le raid mené par l'Hey 'Ha'Avir contre le système de défense aérienne intégré syrien montrerait les capacités offertes par le cyber pour contrer les menaces croissantes contre les aéronefs (systèmes sol-air performants, radars déployés en réseau, etc.) rendant toute non-détection complexe. Le 6 septembre 2007, lors de l'opération Orchard, des F-15 Ra'am et des F-16 Sufa israéliens ont détruit des installations syriennes censées abriter des activités nucléaires à Dayr Az Zawr. Des photos satellites commerciales prises avant et après le raid montrent effectivement qu'un grand bâtiment a disparu et que le sol a été retourné. Autre information : cette attaque aurait été précédée par un engagement contre un site radar syrien situé à Tall Al Abuad près de la frontière turque à proximité de laquelle

¹⁶ Joint Force Air Component Commander.

¹⁷ <http://www.af.mil/Portals/1/images/airpower/AFFOC.pdf>

des réservoirs largables de F-15 ont été retrouvés. L'attaque aurait ainsi reposé non seulement sur l'emploi de bombes guidées laser mais également de moyens d'attaque électronique. Si beaucoup de zones d'ombre subsistent sur le raid, la défense aérienne syrienne n'a pas détecté ou correctement localisé les appareils israéliens, alors même que les appareils utilisés n'étaient pas furtifs et que le site stratégique de Dayr Az Zawr était vraisemblablement protégé.


Le système de défense aérienne syrien est en effet relativement complet. Il est basé sur des systèmes de missiles sol-air à courte portée TOR M1 (SA-15 Gauntlet) disposant de radars d'acquisition et de poursuite montés sur véhicules. Le pays a acheté à la Russie 29 de ces lanceurs en janvier 2007. Il avait en outre modernisé certains vieux S-125 (SA-3 Goa) au standard Pechora 2M et dispose encore de vieux S-75 (SA-2 Guideline), de S-200 (SA-5 Gammon) ou de 2K12 Kvadrat (Kub export, SA-6 Gainful). Certaines informations font également état de l'achat par la Syrie de missiles longue portée russes S-300 (version S-300V, SA-12 Gladiator/Giant) couplés à des radars 5N62. En matière de radars, la présence d'équipements russes 36D6 Tin Shield serait avérée. On note enfin la présence depuis l'été 2007 d'une dizaine de batteries Pantsir S-1, un système sol-air russe de courte à moyenne portée. L'hypothèse avancée par la plupart des observateurs pour expliquer la non détection/localisation des appareils israéliens pendant toute la durée du raid et sur une large partie du territoire syrien est que l'attaque physique sur le site radar de Tall al Abuad aurait été accompagnée d'une attaque électronique.

En cas d'absence de brouillage classique, la piste d'une attaque par injection de données sur le réseau utilisé par le système de défense syrien ne saurait être écartée. Le raid aérien aurait donc été précédé et accompagné par des avions de guerre électronique (tels

les Gulfstream G550 Shavit ELINT modifiés par Elta Systems). Objectif : pénétrer le système de défense aérienne, via ses liaisons de données hertziennes, grâce à l'injection de trames de données préalablement élaborées pour tromper l'adversaire. D'où le fait que cette opération peut être considérée comme une attaque informatique ou « cyber ».

Malgré la vraisemblance de cette hypothèse, il convient de rester prudent. Plusieurs autres thèses peuvent être avancées pour expliquer la défaillance du système radar syrien : backdoor intégrée dans une puce informatique pour désactiver à la demande le système, compromission du système par un agent israélien, etc. Les détails sur cette opération resteront longtemps inconnus car il est dans l'intérêt d'Israël de maintenir le flou sur le mode d'action utilisé, qu'il s'agisse d'un moyen humain ou technologique. Cette attitude est en effet tout à fait conforme à la stratégie de « dissuasion floue » qui est la seule efficace en matière de guerre électronique ou informatique, lorsque le processus d'attribution est fragile et que la faisabilité technique de la riposte est loin d'être garantie.

Concernant les compétences requises et les ressources humaines associées, en raison de la complexité tant des aéronefs que des missions qu'ils seront appelés à assurer, l'encadrement des escadrons drones pourrait être confié à des pilotes ou NOSA Rafale, ayant déjà une grande expérience opérationnelle. Des pistes de réflexion peuvent être approfondies sur la filière de formation : une double qualification chasse/MALE et des équipages très expérimentés permettrait de disposer de savoir-faire complémentaires et utiles pour la réalisation des missions avec des équipages Rafale/M2000D.



Enfin, afin de ne pas trop solliciter une ressource pilotes de chasse contrainte, des réflexions pourraient être menées autour de l'emploi de pilotes réservistes ou issus de sociétés privées et recrutés à leur départ des forces. L'avantage de ce type de solutions permettrait de préserver le format futur des pilotes de chasse en offrant aux escadrons des personnels très expérimentés à même de former les jeunes opérateurs. Dans tous les cas, la question de la formation et du cursus de cette filière drone au sein de l'Armée de l'Air revêtira un aspect vital pour l'entrée en service d'une capacité aussi importante au sein du futur SCAF.

6. Conclusion

Afin de répondre à la palette des menaces potentielles, dont le nombre et la diversité ne cessent de s'accroître, les forces aériennes doivent anticiper pour mieux s'adapter et préparer l'avenir. L'association des compétences, de l'expérience opérationnelle, de la grande qualité du personnel et de l'apport de nouvelles technologies représente une remarquable source d'innovation et de progrès. Ainsi, le développement du SCAF doit permettre à l'armée de l'air de se doter d'une organisation, de concepts d'emploi et de capacités adaptés à l'environnement opérationnel futur. Au cœur du SCAF se trouvent un réseau « agile », des capteurs complémentaires et des effecteurs variés, emportés par des avions performants qu'ils soient ou non habités. Pour être pleinement efficace, cet ensemble doit être collaboratif : les sous-systèmes s'enrichissant mutuellement, au bénéfice de l'efficacité du système dans son ensemble et in fine du succès de la mission. Dès lors, l'un des grands enjeux du SCAF sera la connectivité. Elle suppose de relever des défis nombreux et variés : de la sécurité des réseaux, à la gestion des flux de données... Elle suppose également pour l'ensemble de la communauté de Défense de s'affranchir des logiques traditionnelles et de faire sienne l'injonction du maréchal Leclerc, justement rappelée par le général d'armée Pierre de Villiers dans sa « Lettres à un jeune engagé » dédiée à l'innovation, « *Pour le succès des armes de la France, ne me dites pas que c'est impossible !* ».



Société Anonyme au capital de 150 510 €
SIRET : 414 881 821 00022 - APE : 741 G
Tour Montparnasse – 33, avenue du Maine
BP 36 – 75 755 - Paris Cedex 15
Tél. : 01 45 55 00 20 - Fax : 01 45 55 00 60
Tous droits réservés