

SALON DU BOURGET 2019

RDN



L'AIR ET L'ESPACE ENJEUX DE SOUVERAINETÉ ET DE LIBERTÉ D'ACTION DE LA FRANCE



Les Cahiers de la
Revue Défense Nationale



Éditorial

La Planète est confrontée à de multiples facteurs de déstabilisation. Tout semble indiquer que la France et l'Europe seront, demain plus encore qu'aujourd'hui, concernées par cette rupture des équilibres mondiaux.

Nous savons le rôle déterminant que la puissance aérospatiale tient dès à présent. Dans ce contexte évolutif, elle deviendra le cœur de notre autonomie d'appréciation au service de notre liberté de décision politique. Elle nous confèrera la maîtrise des espaces aériens, pré requis à notre liberté d'action sur terre, sur mer comme dans les airs. Elle nous offrira la réactivité indispensable pour défendre nos intérêts stratégiques et de puissance, finalement pour défendre la France et l'Europe, partout où cela s'avérera nécessaire.

Dès lors, le principal défi concernant notre avenir procède de la mise en cohérence, dans la durée, de nos capacités militaires avec nos ambitions sur la scène européenne et mondiale. Il s'agit d'un enjeu stratégique d'anticipation, relatif au devenir de notre souveraineté, à notre degré de dépendance *via* nos alliances et au bilan, à l'indépendance stratégique de la France et de l'Europe dans les domaines politiques, industriels et militaires.

La tenue de ce 53^e Salon international de l'Aéronautique et de l'Espace au Bourget, nous donne ainsi l'occasion de nous interroger sur ces problématiques d'avenir du domaine aérospatial. C'est pourquoi je remercie vivement tous les rédacteurs de ce *Cahier de la Revue Défense Nationale*, consacré à la puissance aérienne et spatiale, pour leur engagement et leurs idées au service de notre réflexion.

Général de brigade aérienne Guillaume LETALENET
Directeur du Centre études, réserves et partenariats de l'Armée de l'air (CERPA)

Sommaire

9 **L'arme aérienne au service de la protection et de la liberté d'action de notre pays**

PHILIPPE LAVIGNE

Les enjeux stratégiques du domaine aérospatial

13 **La BITD aérospatiale en France : une capacité de défense stratégique aux forts enjeux**

JOËL BARRE

Les grands acteurs de la BITD aérospatiale française sont des modèles de réussite industrielle et présentent presque exclusivement tous un caractère européen. Cette interdépendance consentie ne doit pas s'interpréter comme une réduction de l'autonomie stratégique mais comme un facteur de renforcement de l'écosystème de défense français et européen.

21 **Dix propositions à considérer pour une stratégie spatiale de défense**

PHILIPPE STEININGER

À l'image de l'espace aérien à l'aube de la Grande Guerre, le domaine spatial est aujourd'hui un milieu essentiel à maîtriser. Le développement d'une stratégie spatiale de défense apparaît comme indispensable et pourrait s'appuyer sur dix propositions.

29 **La coopération spatiale en Europe : un très grand succès dans le domaine civil, encore peu développée dans le militaire**

GÉRARD BRACHET

La coopération européenne dans le secteur aérospatial civil a permis le développement de programmes ambitieux malgré des budgets bien inférieurs à leurs équivalents américains. *A contrario*, les programmes spatiaux militaires sont souvent restés jusqu'à maintenant nationaux.

38 **L'Union européenne et le fait aérien et spatial : histoire et perspectives**

STÉPHANE HEURTEAUX

Plus d'un demi-siècle d'initiatives intergouvernementales a permis la réalisation de projets organisationnels et industriels européens, civils comme militaires. Malgré des limites intrinsèques, l'Europe de la défense connaît un certain dynamisme dans le domaine aéronautique et spatial.

43 **Le paysage spatial militaire international : un bouleversement multipolaire entre ruptures technologiques et continuité de puissance**

OLIVIER ZAJEC

La multiplication des acteurs de la scène spatiale suppose une multipolarité grandissante qui reste pourtant limitée : les États-Unis occupent toujours une place hégémonique et les acteurs traditionnels conservent leur avance technologique. L'échiquier spatial international est en voie de bouleversement du fait des progrès quantiques des principales puissances et du rattrapage rapide des puissances spatiales de second rang.

51 **La géopolitique aérienne et le destin de l'Europe**

JÉRÔME DE LESPINOIS

Depuis la fin de la Seconde Guerre mondiale, l'avion a révolutionné le champ des relations interétatiques. Les États-Unis sont devenus la première puissance aérienne mondiale et ont largement employé cet instrument pour développer leur influence. L'Europe apparaît aujourd'hui comme une puissance aérienne incomplète du fait de sa dispersion dans le domaine de l'aviation militaire.

58 **L'opération *Hamilton*... démonstration stratégique et puissance aérienne**

ÉRIC MOYAL

Le raid conduit en avril 2018 par la France, le Royaume-Uni et les États-Unis contre les capacités chimiques syriennes met en évidence la dimension stratégique de la puissance aérienne et l'autonomie d'action que confèrent les capacités de projection à longue distance.

Quelle puissance aérospatiale pour les opérations militaires ?

67 **L'Espace : un enjeu stratégique et un nouveau champ de confrontation militaire**

MICHEL FRIEDLING

Les moyens spatiaux indispensables à notre société et à notre souveraineté font face à des menaces grandissantes qui se développent souvent dans l'espace extra-atmosphérique lui-même qui devient un domaine de confrontation stratégique à part entière. Il est désormais nécessaire d'accroître nos capacités et d'adapter notre doctrine.

74 **L'action de l'État dans l'air**

CHRISTOPHE MICHEL

Au regard de l'accroissement du trafic aérien et de la multiplication des acteurs privés et publics dans le domaine aérospatial, la France doit renforcer les synergies entre les différentes entités nationales qui assurent le développement de ce secteur.

79 **L'air, l'Espace et l'action terrestre**

MICHEL GRINTCHENKO

L'action de l'Armée de terre s'étend au domaine aérien où elle agit par le feu et le mouvement avec ses propres moyens. Les besoins en matière d'aéronefs habités ou pilotés à distance sont appelés à croître pour soutenir les opérations militaires et garantir leur efficacité.

86 **L'air, l'Espace et l'action navale**

GUILLAUME GOUTAY

Intégrée à la Force d'action navale, l'aéronautique navale répond au besoin historique et actuel de surveiller et contrôler le *continuum* aéromaritime, des profondeurs océaniques, jusqu'à l'espace aérien. Elle contribue à assurer la liberté de l'action militaire, son ubiquité, mais aussi son imprévisibilité.

91 **Le cyber et l'action militaire dans l'air et l'Espace**

DIDIER TISSEYRE

La dynamique singulière du cyberspace ouvre un nouveau champ de confrontation. Il est devenu indispensable à l'efficacité de l'action militaire de pouvoir y agir défensivement et offensivement. Pour remporter ce défi, il est nécessaire de développer de nouveaux systèmes et de nouveaux modes d'action mais il est surtout essentiel de s'appuyer sur les qualités intrinsèques de l'humain.

99 **Des opérations multidomaines**

OLIVIER JEAN-LOUIS

Au cours des deux dernières décennies, l'émergence de nouvelles menaces augure une complexification croissante des conflits. Face à ce constat, la réussite des opérations militaires futures nécessite une amélioration des structures de *Command & Control* des forces interarmées et interalliées, afin d'améliorer leurs capacités à mener conjointement des actions dans l'ensemble des différents milieux.

105 **Cinq mythes du déni d'accès**

CORENTIN BRUSTLEIN

Dans le débat stratégique français, l'apparition du concept de déni d'accès s'est accompagnée d'une série de mythes qu'il s'agit de dissiper, et ce afin de mieux appréhender un concept avec des implications considérables pour la France. Un pays dont les capacités expéditionnaires demeurent uniques en Europe.

113 **L'Air Surface Integration, socle du combat aéro-surface**

THIERRY SUTTER

L'*Air Surface Integration* est un concept né du retour d'expérience des dernières années et vise à une plus grande intégration des moyens mis en œuvre lors d'opérations interarmées ou interalliées, afin de démultiplier les effets des forces engagées. Toutefois, sa mise en application appelle à des ajustements tant techniques qu'humains.

121 **Avions de transport et hélicoptères au cœur des opérations : mutation et adaptation des capacités de projection de l'Armée de l'air**

NATHALIE PICOT et CHRISTOPHE PIUBENI

La modernisation des flottes d'avions de transport et d'hélicoptères de l'Armée de l'air répond d'une part, à l'élongation des distances et des aires géographiques couvertes par les engagements des armées françaises et d'autre part, à l'évolution des missions et des menaces.

129 **Modernisation du MCO aéronautique de l'Armée de l'air**

LAURENT LHERBETTE

Le Maintien en condition opérationnelle est un élément déterminant du succès des opérations aériennes. Ainsi, pour l'Armée de l'air, le plan de transformation des moyens et procédés mis en œuvre dans le cadre du MCO, qui dépend des synergies entre acteurs militaires et industriels, est d'une importance primordiale.

137 **Défis de la formation pour l'Armée de l'air**

GILLES VILLENAVE, OLIVIER GOUDAL, ÉRIC LE BRAS, JULIEN MOREAU
et JEAN-BAPTISTE BLANC

L'Armée de l'air est confrontée à de forts engagements opérationnels et doit remonter en puissance. Les ressources humaines de l'institution s'adaptent continuellement à ces contraintes et font évoluer les programmes de formations de tout le personnel, en cohérence et symétrie avec ces dynamiques.

Les défis futurs de l'emploi de la force dans l'air et l'Espace

147 **Quelques enjeux pour l'Espace de défense de demain**

XAVIER PASCO

Le regain d'intérêt pour l'espace extra-atmosphérique a conduit à une multiplication des systèmes et à la nécessité stratégique de le surveiller et de pouvoir se prémunir des actions hostiles. Néanmoins, il convient de compléter ces efforts en élaborant un nouveau cadre diplomatique de sécurité collective.

155 **Enjeux de l'innovation et de la modernisation de l'Armée de l'air d'ici 2030**

FRÉDÉRIC PARISOT

Dans un contexte stratégique mondial en constante transformation, l'innovation fait partie de l'ADN de l'Armée de l'air. Si cette démarche concerne la modernisation des équipements et l'évolution des modes d'action, elle ne saurait délaissier le fonctionnement et les processus de travail de l'institution.

163 **Enjeux futurs de la composante aéroportée de la dissuasion**

BRUNO MAIGRET

Alors que la maturité et la cohérence de la mission de dissuasion nucléaire confiée à l'Armée de l'air restent à leur paroxysme avec la modernisation de tout l'éventail de leurs moyens, les Forces aériennes stratégiques (FAS) doivent maintenir l'écart technique et opérationnel face à leurs potentiels adversaires, dans un environnement en perpétuelle mutation.

171 **La sécurité aérienne du territoire à l'horizon 2030**

BENOÎT D'ABOVILLE, ADER 7

La croissance du trafic aérien et la multiplication des menaces aériennes remettent en question la gestion du ciel. Si la sécurité est assurée par les armées de l'air nationales, la gestion commune des espaces aériens européens est appelée à devenir un enjeu financier et de souveraineté majeur.

181 **Le Système de combat aérien du futur (Scaf) : une politique de défense européenne qui avance**

JEAN-PASCAL BRETON et ÉVA PORTIER

Le système de systèmes *Scaf* vise un changement radical du paradigme de l'emploi des forces aériennes. Ce programme articule autour de l'aviateur des plateformes multiples et connectées. Il traduit aussi une volonté forte de coopération entre des partenaires européens déterminés à rester dans la course stratégique à l'horizon 2040.

188 **Le combat collaboratif : la clé de voûte du système de combat aérien des vingt prochaines années**

OLIVIER FIX

À mesure que les évolutions techniques transforment déjà les contours des conflits aériens futurs, l'intégration et la mutualisation des capacités et des performances des armées apparaissent comme un impératif pour conserver la maîtrise de l'espace aérien et pour répondre aux défis posés par les progrès de la connectivité et de l'automatisation.

195 **L'intelligence artificielle au service des aviateurs ou comment l'intelligence humaine est l'avenir de l'IA**

DAVID PAPPALARDO

Dans le contexte actuel d'automatisation, l'intelligence artificielle (IA) laisse toutefois émerger un avenir où l'Homme reste *in the loop*. Son sens de la responsabilité demeure le garant moral de l'usage de la force létale. Il a donc vocation à rester au centre de tous les dispositifs futurs d'optimisation d'aide à la décision.

203 **L'aviation militaire pilotée à distance : la permanence au service de l'action**

JÉRÔME MARY

Par la nature de leur mission comme par leurs capacités techniques ou encore par leur forme, les drones sont des moyens de l'Armée de l'air à très fort potentiel de croissance. Les perspectives d'emploi de cette aviation militaire pilotée à distance se renforcent à mesure que l'institution aménage pleinement son expansion.

210 **Les bases aériennes de l'Armée de l'air face aux défis des menaces et opérations futures**

BRUNO DE SAN NICOLAS et BRUNO VALLOS

Le réseau des bases aériennes joue un rôle fondamental dans la capacité de l'Armée de l'air à assurer ses missions opérationnelles. La protection de ces emprises doit répondre à l'apparition de nouvelles menaces, notamment dans le secteur des drones.

217 **Les perspectives nouvelles de la simulation**

TANGUY BENZAQUEN

De par sa technicité, l'Armée de l'air nécessite une formation initiale poussée, complétée au quotidien par la préparation opérationnelle. Celle-ci comprend l'instruction du personnel, son entraînement aérien et son aguerissement. Les progrès techniques en matière de simulateurs ouvrent de nouvelles perspectives dans la préparation à la guerre aérienne moderne.

La *Revue Défense Nationale* est éditée par le Comité d'études de défense nationale
(association loi de 1901)

Adresse géographique : École militaire, 1 place Joffre, PARIS VII

Adresse postale : BP 8607, 75325 PARIS CEDEX 07

Fax : 01 44 42 31 89 - www.defnat.fr - redac@defnat.com

Directeur de la publication : Thierry CASPAR-FILLE-LAMBIE - Tél. : 01 44 42 31 92

Rédacteur en chef : Jérôme PELLISTRANDI - Tél. : 01 44 42 31 90

Rédactrice en chef adjointe : Audrey HÉRISSON

Secrétaire général de rédaction : Pascal LECARDONNEL - Tél. : 01 44 42 43 69

Assistante de direction et secrétaire de rédaction : Marie-Hélène MOUNET - Tél. : 01 44 42 43 74

Secrétaire de rédaction : Jérôme DOLLÉ - Tél. : 01 44 42 43 69

Abonnements : Éliane LECARDONNEL - Tél. : 01 44 42 38 23

Chargés d'études : Laurent HENNINGER et Emmanuel DESCLÈVES - Tél. : 01 44 42 43 72

Régie publicitaire (ECPAD) : Karim BELGUEDOUR - Tél. : 01 49 60 58 56

DL 95035 - 2^e trimestre 2019 - ISSN : 2105-7508 - CP n° 1019 G 85493 du 4 décembre 2014

Imprimée par Bialec, 23 Allée des Grands Pâquis, 54180 HEILLECOURT

Préparation : Jérôme DOLLÉ

Mise en page : Florence NGUYEN

Relecture : Marie-Hélène MOUNET

Couverture : Nadir BOURAS (PAO - Cerpa)

Crédit photo : SIRPA Air

L'arme aérienne au service de la protection et de la liberté d'action de notre pays

Philippe LAVIGNE

Général d'armée aérienne, Chef d'état-major de l'Armée de l'air.

Un peu plus d'un siècle après l'avènement de la puissance aérienne lors de la bataille de Verdun, l'Armée de l'air prend part aujourd'hui, dans son action au quotidien, à la protection de nos citoyens et aux engagements de la France au profit de la sécurité internationale. Elle contribue à garantir la souveraineté de notre pays et appuie sa liberté d'action.

En effet, notre souveraineté s'exprime notamment par la maîtrise de notre espace aérien : en contrôler l'accès, y détecter et identifier tout aéronef est indispensable à la protection de notre territoire et à la sécurité de chacun. En temps de paix, il s'agit d'être prêt à faire face à un acte hostile, tel que les attaques du 11 septembre 2001 aux États-Unis. Quotidiennement, nous venons en aide aux aéronefs en difficulté du fait d'une défaillance technique, humaine ou d'une perturbation météorologique. C'est pourquoi, à chaque instant, nos aviateurs scrutent leurs écrans radars et nos équipages se tiennent prêts sur leurs bases, nuit et jour, à décoller pour assurer à notre État une capacité d'intervention essentielle à notre sécurité. Aujourd'hui, et demain plus encore, l'enjeu de l'exercice de notre souveraineté dans notre espace aérien deviendra d'autant plus déterminant que les flux d'aéronefs sillonnant notre territoire et le nombre de drones nous survolant ne cesseront de croître.

L'Armée de l'air participe aussi à la protection de la France dans sa capacité à dissuader toute attaque d'importance contre son territoire, ses populations et ses intérêts vitaux. C'est l'objet de l'autre posture permanente, celle de la dissuasion nucléaire, qu'elle assure par ses moyens de chasse et de ravitaillement de manière continue depuis 1964. Cette fonction revêt par essence un caractère politique en constituant la garantie ultime de la sécurité de notre pays. La composante nucléaire aéroportée (FAS), aux côtés de la composante océanique (Fost), incarne sur le plan international la souveraineté de la France, chère au général de Gaulle et dont le principe a sans cesse été réaffirmé par tous les chefs d'État de la V^e République. Elle suppose une capacité d'intervention partout dans le monde, grâce à un

entraînement régulier et exigeant, à l'acquisition et à la maîtrise de la supériorité aérienne, ainsi qu'à la pénétration en profondeur au cœur d'un territoire hostile fortement défendu.

L'opération *Hamilton* de frappe contre des sites chimiques syriens, décidée par le président de la République au printemps 2018, face aux défenses d'un régime entretenant des liens constants avec les forces russes, en est l'illustration. Elle a démontré la capacité de notre pays à coordonner en quelques jours une intervention complexe et d'ampleur associant nos alliés américains et britanniques. Elle a aussi rappelé le caractère éminemment politique de l'arme aérienne, offrant à la France la possibilité de peser dans un conflit international impliquant les grandes puissances. Enfin, cette frappe montre que l'on peut réaliser par les airs et depuis le territoire national une intervention ponctuelle avec une empreinte nulle sur le théâtre d'opérations.

L'arme aérienne, primo-intervenante, peut aussi mener pour un coût de déploiement très limité des opérations dans la durée et ce, jour et nuit, comme elle le démontre depuis 2014 dans le cadre des opérations *Chammal* au Levant et *Barkhane* au Sahel. Son appui déterminant aux forces terrestres, locales ou françaises, permet de combattre à la racine le terrorisme djihadiste afin de prévenir son extension en Europe.

Réactive, polyvalente et flexible, l'arme aérienne, s'affranchissant des frontières, permet de déployer très rapidement et en tout lieu la puissance de notre pays. S'appuyant notamment sur une industrie de défense souveraine, elle offre aux autorités nationales un atout clef pour faire peser la volonté de la France dans le monde. ♦



■ **Les enjeux stratégiques
du domaine aérospatial**

RDN

La BITD aérospatiale en France : une capacité de défense stratégique aux forts enjeux

Joël BARRE

| Délégué général de l'armement (DGA).

La volonté de pouvoir mener librement et de façon autonome une politique de défense et de sécurité traduit le principe d'autonomie stratégique. Ce principe se concrétise par la maîtrise souveraine de capacités militaires étendues, dont la garantie dans la durée nécessite de considérer comme une capacité de défense à part entière la Base industrielle et technologique de défense (BITD), qui les produit, les maintient et les améliore. Les choix réalisés se traduisent en France par une politique industrielle de défense dont la Direction générale de l'armement (DGA) est à la fois le garant et l'un des acteurs.

Contrairement au marché civil, celui de défense est très fermé pour diverses raisons. En premier lieu, les développements et la production fonctionnent sous un régime d'autorisation limitant de fait les acteurs. Les exportations sont contrôlées : elles sont, par principe, prohibées sauf dérogations explicitement accordées par l'État. La maîtrise du capital social des industries de défense fait également l'objet d'une attention particulière par le contrôle des investissements étrangers en France encore renforcée par la récente loi Pacte ⁽¹⁾.

Les clients sont généralement des États, en nombre limité. Le marché de l'armement se caractérise aussi par de petits volumes, des cycles de développement longs ⁽²⁾ et des durées de vie d'équipements encore plus longues ⁽³⁾. Enfin, les produits sont de plus en plus complexes, riches en technologies, avec des exigences spécifiques de performance, de fiabilité et de *sourcing*. Ces contraintes impliquent un suivi fin de la BITD afin de répondre aux besoins de nos forces que ce soit en développement, en production mais également pour le maintien en condition opérationnelle.

(1) Plan d'action pour la croissance et la transformation des entreprises.

(2) Le développement du *Rafale* a été lancé en 1986, avec une mise en service actif en 2001 pour les premiers standards.

(3) Les standards successifs du *Rafale* sont garants de l'adaptation permanente de l'outil au contexte géostratégique. Autre exemple, les *KC-135* en cours de remplacement par des *A330 MRTT* (*Multi Role Tanker Transport*) ont plus de 50 ans et s'appuient sur des technologies anciennes qu'il convient encore de maîtriser.

La BITD aérospatiale en France :
une capacité de défense stratégique aux forts enjeux

La BITD française présente la caractéristique d'être un écosystème capable de produire avec un niveau technologique de premier plan la quasi-totalité du système de défense en couvrant l'ensemble de la chaîne de valeur. Elle se compose de grands maîtres d'œuvre souvent qualifiés de systémiers/intégrateurs et d'un réseau de sous-traitance à plusieurs niveaux (ETI, PME ⁽⁴⁾ et *start-up*), performant et porteur d'innovation, qui représente parfois plus de 80 % de la valeur ajoutée et contribue à la compétitivité de nos grands groupes.

La BITD ne se limite pas au secteur industriel. Elle inclut bien évidemment des laboratoires de recherche aussi bien publics que privés ainsi que des établissements publics comme l'Onéra et le Cnes ⁽⁵⁾ pour le secteur aérospatial, qui apportent leur compétence et savoir-faire aussi bien dans les *TRL* ⁽⁶⁾ les plus bas que dans la réalisation des systèmes les plus complexes.

La différenciation technologique, gage de supériorité opérationnelle, nécessite de mener une recherche à bas *TRL* en particulier dans les domaines non duaux comme la propulsion aéronautique supersonique ou le secteur des missiles avec des besoins de financement importants. Ces études ont par la suite des retombées dans le civil et inversement la différenciation technologique est acquise par l'intermédiaire des innovations faites sur des sujets duaux intéressants à la fois les marchés civil et militaire ⁽⁷⁾.

Le ministère des Armées, par le biais de la DGA, veille à développer et maintenir sur le long terme les compétences-clés pour la défense nationale. Les leviers permettant de décliner cette politique sont de différentes natures :

- L'orientation de la recherche et de l'innovation de défense *via* l'Agence de l'innovation de Défense (AID).
- La gouvernance des entreprises au travers de conseils d'administration pour les entreprises à capitaux publics ou encore par l'investissement avec le fonds Definvest.
- L'élaboration de politiques de coopération aussi bien dans les programmes d'armement que dans l'organisation industrielle comme le démontre MBDA.
- La politique d'acquisition par la commande publique aussi bien en innovation que dans les programmes et opérations d'armement.
- Le soutien aux exportations notamment grâce à un réseau d'attachés d'armement en ambassade et de rencontres de haut niveau.
- Enfin, le soutien aux PME, par le biais du plan d'action PME afin de leur faciliter l'accès aux marchés du ministère des Armées en simplifiant les

(4) Entreprises de taille intermédiaire ; Petites et moyennes entreprises.

(5) Office national d'études et de recherches aérospatiales ; Centre national d'études spatiales.

(6) *Technology Readiness Level*.

(7) Exemples emblématiques, la motorisation aéronautique ou le couple lanceurs spatiaux/missiles balistiques, pour lesquels la Recherche & développement (R&D) jouit d'une fertilisation croisée.

La BITD aérospatiale en France :
une capacité de défense stratégique aux forts enjeux

procédures, de les aider à exporter, de les accompagner pour postuler aux fonds européens et de veiller à l'équilibre de leurs relations contractuelles avec les grands groupes titulaires de marchés de défense.

Les principaux acteurs de la BITD aérospatiale ⁽⁸⁾

L'industrie aérospatiale française emploie 195 000 personnes en France et représente un chiffre d'affaires de 65,4 milliards d'euros en 2018 ⁽⁹⁾, dont 77 % dans le secteur civil et 85 % à l'exportation. Dassault Aviation et les groupes Airbus, Thales ou Safran sont les principaux systémiers/intégrateurs de l'industrie aérospatiale de défense. Directement ou *via* des coentreprises, ils structurent ainsi l'écosystème.

Airbus, 1^{er} groupe aérospatial et de défense en Europe ⁽¹⁰⁾, est organisé en 3 divisions :

- Airbus Commercial Aircraft en charge des avions commerciaux.
- Airbus Helicopters (AH), *leader* mondial (40 %) des hélicoptères civils et parapublics et 4^e acteur mondial sur le marché des hélicoptères militaires.
- Airbus Defence & Space (ADS), structuré autour de 4 principaux domaines : avions militaires, Espace, systèmes aériens sans pilote et communication-renseignement-sécurité. ADS est le n° 2 mondial des satellites ⁽¹¹⁾. Ses programmes aéronautiques phares pour la Défense sont l'avion de transport *A400M*, l'avion ravitailleur multi-rôle *A330 MRTT*, le drone européen de type Male (Moyenne altitude, longue endurance), ainsi que, pour nos partenaires étrangers, l'*Eurofighter*.

Dassault Aviation (DA) ⁽¹²⁾ est l'un des *leaders* mondiaux de l'aviation d'affaire avec la gamme des *Falcon* mais est surtout le maître d'œuvre de l'avion de combat *Rafale*, pour lequel les développements du standard *F4* sont en cours. Ses compétences s'étendent aux avions de mission (*Atlantique 2*), de renseignement et de surveillance maritime et aux drones de combat acquises avec le démonstrateur technologique en coopération européenne *nEUROn*.

Le groupe Safran ⁽¹³⁾ entretient schématiquement trois grands domaines d'activité :

(8) Cette description ne peut être exhaustive et le lecteur nous excusera des raccourcis et choix effectués.

(9) Source Gifas (Groupement des industries françaises aéronautiques et spatiales).

(10) Avec presque 130 000 personnes et un chiffre d'affaires 2018 de 63,7 Md€

(11) Le chiffre d'affaires spatial en 2017 est de l'ordre de 3 Md€ avec des activités réparties sur trois pays : France, Allemagne et Royaume-Uni.

(12) DA a réalisé en 2018 un chiffre d'affaires de 5 Md€ pour un effectif de 11 400 personnes.

(13) Safran a réalisé un chiffre d'affaires de 21 Md€ en 2018 (comprenant la part Zodiac Aerospace) et emploie plus de 55 000 personnes dans 57 pays, dont environ 35 000 en France.

La BITD aérospatiale en France :
une capacité de défense stratégique aux forts enjeux

- La propulsion : moteurs militaires (*M88* pour le *Rafale* et *TP400* pour l'*A400M*) et civils (*CFM56*, *LEAP* avec l'américain General Electric), turbo-moteurs (hélicoptères et missiles de croisière) et propulsion électrique pour les satellites.
- Les équipements aéronautiques (notamment nacelles, trains d'atterrissage, systèmes électriques, transmission de puissance et câblages) incluant une large gamme d'activités de Zodiac, dont le rachat (puis la fusion) s'est achevé avec succès début 2018.
- La défense et l'électronique : navigation inertielle, optronique, avionique et systèmes de défense, en particulier les AASM ⁽¹⁴⁾, les systèmes de drones *Sperwer* et *Patroller*.

ArianeGroup ⁽¹⁵⁾, filiale de Safran et d'ADS, société franco-allemande née le 1^{er} juillet 2016 de la fusion des activités lanceurs des deux maisons-mères, offre à la France un champion européen, de niveau mondial, dans le domaine des lanceurs, permettant un accès souverain à l'Espace. C'est également le maître d'œuvre du missile stratégique *M51*, l'un des piliers de la force de dissuasion française.

Thales est le principal acteur industriel européen du secteur de l'électronique de défense ⁽¹⁶⁾. Le groupe possède des compétences allant de la fourniture de composants, d'équipements, de sous-systèmes, à la maîtrise d'œuvre de systèmes, cela dans des domaines stratégiques (guerre électronique, communications tactiques, électronique de missiles, etc.). Il développe également ses activités dans l'aéronautique civile en tant que fournisseur d'équipements et de *FMS* (*Flying Management System*) aussi bien civil que militaire.

Acteur de rang mondial des satellites, Thales Alenia Space (TAS) ⁽¹⁷⁾ assure, comme ADS, la maîtrise d'œuvre des systèmes de satellites aussi bien pour leur composante spatiale que leur composante sol. Ces deux maîtres d'œuvre sont aujourd'hui associés dans la réalisation de nos capacités souveraines les plus récentes ⁽¹⁸⁾.

Enfin, le panorama des grands maîtres d'œuvre intégrateurs ne serait pas complet sans le missilier MBDA ⁽¹⁹⁾. Fort de son ancrage dans quatre pays européens (France, Royaume-Uni, Italie et Allemagne), il équipe notamment tous les

(14) Armement air-sol modulaire.

(15) Avec un chiffre d'affaires de l'ordre de 3,6 Md€ en 2018, ArianeGroup emploie 9 000 personnes, essentiellement en France, mais aussi en Allemagne.

(16) L'activité de défense, avant l'acquisition de Gemalto, représente environ la moitié de son chiffre d'affaires, qui s'élève à 15,86 Md€ en 2018. Le groupe emploie environ 64 900 personnes dans le monde dont 34 500 en France.

(17) TAS, co-entreprise de Thales (67 %) et l'italien Leonardo (33 %) réalise un chiffre d'affaires de l'ordre de 2,4 Md€ avec plus de 7 500 salariés.

(18) Sur *CSO* (*Composante spatiale optique*), *Syracuse IV* et *Céres* (*Capacité d'écoute et de renseignement électromagnétique spatiale*).

(19) Filiale d'ADS (37,5 %), BAE systems (37,5 %) et Leonardo (25 %), MBDA emploie 10 500 personnes pour 3,2 Md€ de chiffre d'affaires.

avions européens en munitions avec le missile *Meteor* (air-air à longue portée). MBDA mène une démarche d'intégration renforcée entre la France et le Royaume-Uni avec des centres d'excellence conduisant à une dépendance mutuelle, exemple réussi d'une rationalisation maîtrisée de l'industrie au niveau européen.

Les enjeux BITD dans l'aéronautique

L'activité aéronautique civile est en forte croissance et doit relever le défi de l'augmentation de ses cadences de livraison en cohérence avec celle du trafic aérien mondial. Compte tenu du contexte international, la réduction de l'impact environnemental de chaque avion est un enjeu spécifique pour lequel les motoristes sont en particulier au premier plan. Ces défis ne se limitent donc pas aux grands maîtres d'œuvre, ils doivent être déclinés sur toute la chaîne de sous-traitance avec les investissements financiers et humains associés.

Cette augmentation du parc d'aéronefs pose la question de l'adaptation de l'outil de MRO ⁽²⁰⁾ associé. Par l'intermédiaire de la Direction de la maintenance aéronautique (DMAé), le ministère des Armées s'engage dans une structuration du paysage industriel du soutien aéronautique militaire. En sera-t-il de même dans le secteur civil qui voit les acteurs industriels se réformer et le parc aéronautique croître ?

Du côté de l'aviation de combat, les défis sont multiples. Capacité, à court terme, de l'ensemble de la chaîne de production à satisfaire les clients export par la montée en cadence nécessaire et l'adaptation de l'outil industriel pour répondre aux exigences d'offset liés à l'export tout en maintenant, à moyen terme, les compétences-clés des bureaux d'étude, indispensables pour réaliser à l'échelle européenne le *Système de combat aérien du futur (Scaf)*.

Le *Scaf* sera composé, entre autres, d'un nouvel avion de combat, appelé *NGF (New Generation Aircraft)*, doté de fortes capacités de survivabilité et de manœuvrabilité, faisant appel à des technologies de rupture, dont l'Intelligence artificielle (IA) afin d'assister son équipage dans la compréhension de la situation et la prise de décision. Le *NGF* sera accompagné de plateformes non-habitées, dotées d'un certain degré d'automatisation : les *Remote Carriers*. Le *Scaf* devra assurer au décideur politique sa liberté d'action par sa capacité à conquérir et maintenir la supériorité aérienne et ce dans le contexte des conflits *post-2040*. Projet lancé en coopération bilatérale avec l'Allemagne et que l'Espagne a l'intention de rejoindre, son succès dépendra entre autres de la capacité à bâtir des accords industriels respectueux des exigences de souveraineté, soucieux de l'utilisation au mieux des compétences établies et ouverts aux ruptures technologiques et aux innovations industrielles.

Le secteur des hélicoptères subit, quant à lui, de plein fouet la baisse de la demande des exploitants de plateformes pétrolières, mais s'appuie sur le

(20) *Maintenance, repair & overhaul.*

renouvellement de la gamme des hélicoptères en service. Le développement du *H160*, successeur de la famille *Dauphin*, a permis d'entretenir les compétences d'ingénierie de la filière dans le domaine civil aussi bien chez AH que chez ses principaux partenaires, Thales pour l'avionique modulaire et Safran Helicopter Engines pour les turbomoteurs. Mais l'hélicoptère de demain sera dans son architecture tiré par le secteur civil et profitera à la défense : vitesse accrue sans nuire à la capacité d'emport, impact environnemental réduit, discrétion sonore accrue, coût d'utilisation réduit... L'évolution au standard 3 du *Tigre*, le développement d'une version forces spéciales du *NH90* ainsi que la préparation du *HIL* ⁽²¹⁾ permettront à court et moyen termes d'entretenir au meilleur niveau les bureaux d'études dans les domaines de compétences relevant strictement du secteur défense telles que l'autoprotection, l'intégration d'armements et des conduites de tir, ainsi que les moyens de détection.

Le programme de drone de type Male *Eurodrone*, conduit en coopération avec l'Allemagne, l'Italie et l'Espagne, structure le secteur et doit permettre de garantir la souveraineté européenne du renseignement, essentielle à son autonomie d'appréciation de la situation et de décision. La BITD doit démontrer *via* ce projet sa capacité à se mettre en ordre de bataille pour affronter la concurrence mondiale dans le secteur.

Les études technologiques autour des drones à décollage vertical avec le projet *SDAM* ⁽²²⁾ permettront quant à eux de capitaliser sur les compétences d'une PME (Guimbal), excellent exemple de la créativité de nos PME, et de fédérer les grands maîtres d'œuvre (AH et Naval Group, avec le soutien de Thales et de Safran) autour de ce projet.

Les enjeux BITD dans le spatial

Les positions mondiales conquises par TAS et ADS grâce à leurs compétences sont remises en cause par la montée en puissance de nouveaux acteurs aussi bien en Europe, avec OHB, que par les acteurs privés du *New Space*. Mais la BITD française dispose des capacités pour répondre à ces défis avec par exemple les travaux conduits par le Cnes en lien avec la société Nexeya pour disposer d'une plateforme de nano-satellite apte à répondre au besoin des constellations à venir, ou encore le pari pris par ADS d'industrialiser la production de satellites (OneSat). Plus que la résolution, qui pourrait atteindre ses limites, la réduction du temps de revisite et la corrélation d'informations de différentes longueurs d'ondes sont les enjeux opérationnels de l'observation spatiale de défense. Les défis technologiques qu'il conviendra de relever portent en particulier sur l'apport de la numérisation des satellites et de leurs charges utiles, les télécommunications optiques, les

(21) L'*Hélicoptère interarmée léger (HIL)* est dérivé du *H160* et sera décliné en plusieurs standards.

(22) *Système de drone aérien pour la Marine*.

La BITD aérospatiale en France :
une capacité de défense stratégique aux forts enjeux

technologies facteur de supériorité opérationnelle (notamment infrarouge, hyperspectral, bandes radar pénétrantes, formes d'onde, précision de localisation) et celles contribuant à la résilience de nos systèmes opérationnels (par exemple, anti-brouillage). Sans oublier les technologies qui garantiront l'intégrité et la pérennité de nos moyens, comme celles relatives aux services en orbite.

ArianeGroup doit de son côté faire face à la baisse des coûts de lancement apparue avec les acteurs du *New Space*, qui bénéficient d'un ampleur de contrats institutionnels sans commune mesure avec les industriels européens. C'est à cet enjeu-là qu'*Ariane 6* va devoir répondre à court terme.

La recherche de l'hypervélocité est enfin un enjeu technologique qui doit être approfondi. Les solutions profiteront des études de l'Onéra sur la propulsion supersonique et les superstatoréacteurs. ArianeGroup s'apprête également pour le compte de la DGA à relever le défi de réalisation d'un démonstrateur (*V-Max*) de planeur hypervélocité manœuvrant.

*

**

La BITD aérospatiale française est riche. Elle ne se limite pas aux grandes entreprises, elle est également constituée de précieuses ETI et PME, sources permanentes d'innovation. Comme toujours, les grands masquent les petits, mais ce n'est que lorsque tous ensemble ils agissent en tant qu'écosystème qu'ils peuvent relever les défis collectivement.

Les maîtres d'œuvre de cette BITD sont des acteurs européens justifiant une place de choix dans les programmes en coopération, que ce soit le programme *Eurodrone* ou le programme *Scaf*. Les coopérations sont explicitement recherchées par la France, elles sont de plus encouragées à l'échelle européenne avec la mise en place de la Coopération structurée permanente (CSP ou *PESCO*) et le Fonds européen de défense (FED), qui permettent d'identifier des priorités technologiques et capacitaires communes et des budgets significatifs ⁽²³⁾ pour les projets collaboratifs. La coopération des États implique celle de leurs entreprises et va entraîner des rapprochements industriels. Ces consolidations industrielles ont un intérêt stratégique, économique, technologique et opérationnel, et permettront de répondre aux enjeux de souveraineté européenne.

Sans doute faut-il d'abord travailler à ce que le résultat permette de créer de la valeur en Europe, valeur à répartir entre notre souveraineté accrue, notre supériorité opérationnelle et technologique, notre compétitivité à l'export et nos emplois. En tout état de cause, cette opportunité offerte à la BITD française doit être saisie afin de renforcer aussi bien les grands groupes que l'ensemble de l'écosystème environnant. ♦

(23) Le FED pourrait être doté de 13 Md€ sur la période 2021-2027.

Dix propositions à considérer pour une stratégie spatiale de défense

Philippe STEININGER

Général, conseiller militaire du président du Cnes (Centre national d'études spatiales).

L'histoire militaire semble bégayer alors que l'espace extra-atmosphérique est enfin reconnu comme un milieu de confrontation. D'une certaine manière, nous en sommes en effet vis-à-vis de l'Espace où nous en étions à la veille de la Grande Guerre vis-à-vis de l'aviation. À cette époque, une majorité de responsables militaires ne voyait encore dans l'avion qu'un outil d'appui aux opérations terrestres, parmi d'autres. On avait certes perçu son utilité pour le renseignement, les transmissions et le réglage d'artillerie, mais des missions plus offensives n'étaient pas envisagées pour l'aviation. La Première Guerre mondiale a rapidement fait évoluer les avis en démontrant notamment la nécessité de se battre dans le ciel pour pouvoir l'interdire à l'ennemi et y conduire ses propres missions. Les équipements ont alors été adaptés à cette nouvelle mission, les hommes entraînés et les organisations *ad hoc* mises en place.

Lorsque débute la bataille de Verdun, les Allemands acquièrent d'emblée la maîtrise de l'air et parviennent à empêcher les missions de l'aérostation et de l'aviation françaises. Le commandement n'a plus de vision précise de la ligne de front et son artillerie perd son efficacité. C'est alors un Pétain anxieux, mais clairvoyant, qui s'adresse à son chef de l'aviation en lui disant : « Rose, balayez-moi le ciel ! Je suis aveugle ! (...) Si nous sommes chassés du ciel, alors, c'est simple, Verdun sera perdu ». Aujourd'hui, alors que personne ne conteste l'intérêt des moyens spatiaux pour mener des opérations militaires, ceux-ci sont vulnérables comme l'étaient les avions et les ballons d'avant Verdun, alors même que certaines Nations disposent de moyens d'action dans l'Espace qui peuvent potentiellement les viser.

Où et quand sera notre prochain « Verdun », cette épreuve où un chef militaire pourrait dire à l'instar de Pétain en 1916 : « Balayez-moi l'Espace, je suis aveugle, je ne peux plus communiquer, mes forces ne peuvent plus s'orienter et tirer avec précision » ?

Dix propositions à considérer
pour une stratégie spatiale de défense

La sagesse commande de s'interroger sur les voies et moyens susceptibles de renforcer substantiellement la sécurité de nos opérations spatiales car ne pas maîtriser l'Espace, c'est risquer une déroute en cas de conflit. C'est dans cette perspective que sont présentées, ci-après, dix propositions à prendre en considération dans une stratégie spatiale.

1. Tous les pays sont concernés par l'exploitation de l'espace circumterrestre qui est un bien commun. La régulation des activités spatiales passe en conséquence par une approche multilatérale, alors même qu'une infime minorité d'États en ont la complète maîtrise.

En moins d'un demi-siècle l'Espace est entré dans la vie quotidienne des humains en leur apportant un très grand nombre de services. Pour communiquer entre eux, s'orienter, synchroniser avec précision certaines de leurs activités, mieux connaître leur environnement et même préserver leur Planète, les hommes ont recours à des systèmes spatiaux. Il n'est dès lors pas étonnant que de plus en plus d'États s'intéressent à l'Espace comme le démontre l'augmentation continue du nombre d'agences spatiales nationales. Ajouté à cet intérêt partagé, le fait que l'espace extra-atmosphérique méconnaît le principe de souveraineté territoriale a pour conséquence que toute tentative de réglementer l'activité de l'Homme dans l'Espace est forcément de nature multilatérale. Intérêt partagé et approche multilatérale sont donc des éléments clés de toute politique spatiale. Mais, si l'espace extra-atmosphérique se présente comme un espace commun à tous les humains, force est de constater qu'il demeure un milieu à l'accès extrêmement sélectif et que seules quelques puissances parviennent à le maîtriser. De fait, moins de la moitié des pays possèdent des plateformes orbitales, même si tous profitent de services spatiaux, et environ 3 % seulement des États disposent d'une autonomie d'action dans l'Espace, c'est-à-dire qu'ils sont capables de concevoir, de produire, de lancer et de mettre en œuvre des plateformes orbitales sur une base régulière. Sur un plan plus stratégique, on peut estimer qu'un peu plus de 1 % seulement des États peuvent être considérés comme de véritables puissances spatiales militaires ayant doté leur politique de défense d'un volet spatial cohérent, articulé autour de capacités autonomes de surveillance de l'Espace, de lancement, de services satellitaires de toutes sortes et d'action dans l'Espace. Ces quelques États jouissent d'un ascendant stratégique certain sur les autres et se trouvent dans une configuration que l'Histoire n'a offerte qu'en de très rares occasions.

2. Il n'est pas de puissance spatiale militaire qui ne s'appuie sur une industrie et des compétences civiles dans ce secteur.

En 1965, la France devenait la troisième puissance spatiale en plaçant en orbite le satellite *Asterix* à l'aide du lanceur *Diamant*. On sait moins que, dans le même mouvement, notre pays débutait les essais d'un missile balistique destiné à

sa force de dissuasion nucléaire et qui avait été développé en synergie avec la fusée *Diamant*. Ce retour en arrière rappelle que la dualité était au cœur des activités spatiales à leurs débuts. Elle l'est toujours, comme le démontre le simple fait que tous les satellites de la défense sont mis à poste par des lanceurs civils ou que les services de la constellation *Galileo* trouveront très bientôt des applications militaires. Et ce qui vaut pour la France vaut également pour toutes les puissances spatiales, des États-Unis qui confient à la société Space X d'importants contrats militaires, à la Chine en passant par la Russie et l'Inde.

En réalité, la capacité à concevoir, à produire et à lancer des systèmes orbitaux constitue un facteur discriminant dans l'évaluation de la « puissance spatiale » d'un État. Or, ce sont les mêmes moyens et compétences qui sont mobilisés au profit des volets civil et militaire des activités spatiales et ce constat est particulièrement vrai lorsqu'il concerne une puissance moyenne comme la nôtre qui n'est pas en mesure de disperser ses efforts. De ce point de vue, on ne peut que se féliciter de l'existence dans notre pays d'un écosystème industriel performant de rang mondial dans le domaine spatial, ainsi que des succès répétés depuis des décennies des lanceurs *Ariane* qui doivent beaucoup à l'expertise française.

La pérennité d'une stratégie spatiale militaire réellement souveraine est conditionnée par la vitalité de l'écosystème industriel qui la soutient. Cette communauté de destins mérite d'être prise en compte au travers de mesures en faveur du maintien des compétences et de l'outil industriel.

3. Une plateforme orbitale ne se comporte pas comme un aéronef. Elle ne « vole » pas ; elle est physiquement accessible de manière marginale et est assujettie aux lois de Kepler pendant toute sa vie opérationnelle.

Une erreur communément observée est d'envisager les opérations spatiales à la manière des opérations aériennes, comme si les satellites se comportaient comme des aéronefs. Or, ces derniers permettent un large éventail de manœuvres et présentent l'immense avantage d'être en permanence au contact de leurs utilisateurs. Rien de ceci ne s'applique à une plateforme orbitale. Sa dynamique est en effet assujettie aux lois de Kepler, qui restreignent ses capacités de manœuvre, et elle se trouve pendant les quelques années de sa vie opérationnelle éloignée de son opérateur dans un milieu peu accessible et agressif qui la soustrait à toute opération de maintenance ou presque.

Il convient en conséquence d'appréhender les opérations spatiales avec à l'esprit les trois grandes contraintes, apparemment évidentes mais trop souvent oubliées, qui pèsent sur elles :

- En premier lieu, un satellite tourne autour de la Terre et ne « vole » pas. Dès lors, changer de plan d'orbite est extrêmement consommateur en énergie et un

rendez-vous avec une autre plateforme orbitale est réalisable dans un plan donné que l'on connaît au lancement mais très difficilement réalisable sinon.

- Un satellite dispose ensuite de peu d'énergie à bord, à savoir 2 à 20 kW pour un satellite standard, c'est-à-dire, pour fixer les idées, ce dont on dispose dans un appartement. Pour un nanosatellite, cette puissance disponible n'est que de quelques watts seulement. Les possibilités opérationnelles s'en trouvent très contraintes.

- Enfin, un satellite est éloigné de ses opérateurs (typiquement entre 300 et 36 000 km) dans un milieu peu accessible, ce qui complique toute intervention sur ledit satellite.

4. Tout point du Globe peut être observé depuis l'Espace.

Les lois de la mécanique spatiale ont notamment pour conséquence que tout point situé à la surface de la Terre se trouve à un moment donné en visibilité d'une plateforme spatiale évoluant sur une orbite polaire et, d'autre part, qu'une grande partie de la surface terrestre peut être en visibilité permanente d'un satellite judicieusement placé en orbite géostationnaire. À ces deux constats, qui offrent de nombreuses opportunités opérationnelles, la mécanique spatiale apporte cependant une limite qui se traduit par le fait que permanence et précision de l'observation évoluent en sens contraire. Autrement dit de manière plus concrète, l'orbite géostationnaire, très éloignée de la Terre (36 000 km), offre la permanence au détriment de la précision (et du temps de latence pour ce qui concerne les transmissions), tandis qu'une orbite polaire permet une observation d'autant plus précise qu'elle est basse, mais de manière momentanée, voire furtive.

L'amélioration de la performance des capteurs constitue le levier permettant de corriger la situation s'agissant de l'orbite géostationnaire. Elle devrait permettre à terme d'observer la Terre depuis cette orbite avec une précision présentant un certain intérêt opérationnel. Pour les orbites polaires, à la performance des capteurs s'ajoute l'altitude de l'orbite comme paramètre susceptible d'améliorer la qualité de l'observation. L'amélioration de la persistance de l'observation passe, quant à elle, par la multiplication des plateformes orbitales. C'est ainsi que se développent de multiples projets de constellations de satellites d'observation évoluant en orbite basse et offrant de grande capacité de revisite.

Il résulte de cette situation que cacher une manœuvre militaire va devenir à court terme extrêmement difficile en raison de la présence dans l'Espace d'une multitude de capteurs militaires et civils très performants. Pour le chef militaire, la surprise ne procédera dès lors plus tant de la dissimulation, mais plutôt de la vitesse d'exécution, du contrôle de l'information et du leurrage de déception.

5. La liberté d'accès à l'Espace est le prérequis de toute stratégie spatiale.

Cette proposition en forme de truisme mérite d'être avancée tant sa pertinence est forte et les exigences qui en découlent sont structurantes. Notre pays a été amené à comprendre, il y a quarante-cinq ans, ce qu'impliquait l'absence de liberté d'accès à l'Espace lorsque les États-Unis lui ont refusé le droit d'exploiter commercialement l'un de ses satellites qui devait être lancé par une fusée américaine. Il en a alors tiré les conclusions et proposé à l'Europe un lanceur qu'il avait conçu. Ainsi naissait le programme *Ariane* qui depuis quarante années assure à l'Europe une autonomie d'accès à l'Espace.

L'autre élément clé d'un accès autonome à l'Espace est celui de la jouissance d'une base de lancement sur son propre territoire. Conscient des enjeux stratégiques que cela recouvrait, notre pays a très tôt fait le choix de se doter d'installations de lancement souveraines et a consenti de considérables efforts en ce sens. Le Centre spatial guyanais (CSG) incarne, depuis sa création en 1964, la volonté française de disposer d'un accès autonome à l'Espace. Il permet à notre pays de lancer des satellites militaires depuis une position géographique très intéressante en termes de performances et ce, dans le respect des règles de protection du secret et en s'affranchissant de toute contrainte liée à l'exportation.

États-Unis, Russie, Chine, Inde, Japon et d'autres pays encore ont compris que l'accès indépendant à l'Espace conditionnait toutes les autres activités spatiales. C'est donc dans un contexte de concurrence accrue que la préservation de la filière européenne de lanceurs et le maintien à niveau du port spatial de l'Europe doivent être envisagés.

6. L'espace circumterrestre est un milieu transparent pour celui qui dispose des moyens de détection appropriés. Connaître la situation dans l'Espace est la première des missions spatiales militaires.

Comme le disait avec justesse Auguste Comte, il faut « savoir pour prévoir afin de pouvoir ». La maîtrise de l'Espace n'échappe pas à la logique de cette citation. Elle commence bien en effet par la connaissance des activités qui y sont menées, parfois juste au-dessus de notre territoire à quelques centaines de kilomètres seulement.

Surveiller l'Espace répond en réalité à deux nécessités : celle de soustraire autant que faire se peut les systèmes orbitaux à des risques de collision avec des débris spatiaux ou d'autres plateformes et celle d'établir une situation spatiale dans une logique de préservation de nos intérêts. Pour surveiller les orbites basses, des moyens radars sont les plus appropriés, tandis que les orbites les plus hautes ne sont observables que pas des moyens optiques. On ne se cache quasiment pas dans l'Espace, une fois détecté on est suivi et ce d'autant plus facilement que les mouvements orbitaux sont largement prévisibles.

Dix propositions à considérer
pour une stratégie spatiale de défense

La surveillance de l'Espace est la pierre angulaire de la sécurité spatiale dans ses trois volets : détection, identification, suivi. C'est la raison pour laquelle il importe de disposer en priorité de moyens indépendants et robustes de surveillance spatiale afin d'évaluer les menaces qui visent les satellites et de prendre les mesures de protection adaptées.

7. La donnée numérique est le carburant et le produit de toute activité spatiale.

Le milieu spatial est un lieu de captage et de transit de données. Rappelons-nous à cet égard que chacun d'entre nous utilise chaque jour des informations provenant de plusieurs dizaines de satellites pour communiquer, s'orienter, s'informer sur les conditions météorologiques ou encore faire des recherches sur *Internet*. L'activité économique est aussi dépendante pour une part de moyens spatiaux. C'est ainsi que certaines places boursières calent leur activité sur une référence horaire commune fournie par des satellites. Quant au domaine militaire, un simple effort d'imagination suffit à réaliser qu'il n'y aurait plus d'opérations significatives si les satellites venaient à faire défaut. Sans eux, disparaîtrait ce qui fait largement la supériorité des forces armées occidentales.

La donnée numérique est bel et bien devenue à la fois le carburant et le produit des activités spatiales. Dès lors, la sécurité de celles-ci est fortement liée à la cybersécurité de leur environnement. À ce titre, et compte tenu des menaces observées dans le cyberspace, la protection vis-à-vis de cyberattaques de l'ensemble de la chaîne d'un système spatial – segment sol et satellites – doit être particulièrement soignée.

8. Le centre de gravité d'un dispositif spatial se situe au sol.

Les attaques de plateformes orbitales peuvent être prononcées depuis le sol, l'espace ou l'atmosphère, de différentes manières qui sont toutes exigeantes sur le plan technique et qui nécessitent la maîtrise de savoir-faire spécifiques. Il apparaît plus aisé de les attaquer en s'en prenant de manière conventionnelle aux éléments dont elles dépendent pour fonctionner, et même exister, et qui se trouvent au sol. Ainsi en est-il de l'outil industriel qui les produit et, plus encore, de l'infrastructure nécessaire à leur lancement, leur contrôle et leur exploitation qui se trouve être dans la majorité des cas peu redondée et relativement vulnérable.

Reconnaître que le milieu spatial est devenu un milieu de confrontations, voire un milieu conflictuel, a donc pour corollaire de redonder et de protéger les infrastructures spatiales situées au sol.

9. La destruction par impact d'un engin spatial affecte à terme les capacités de tous les acteurs, y compris celles de l'agresseur.

S'en prendre à l'intégrité physique d'un satellite fait courir un risque important de création de débris spatiaux qui représentent un danger pour tous les systèmes orbitaux, y compris ceux appartenant à l'agresseur. La destruction intentionnelle par les Chinois d'un de leur satellite en 2007 a ainsi créé des milliers de débris qui constituent aujourd'hui encore un risque significatif pour les satellites évoluant en orbite basse. De plus, l'impact sur un satellite d'une munition tirée depuis la Terre ou d'une altitude plus basse tend à « éjecter vers le haut » des débris. La destruction dans ces conditions d'un satellite évoluant en orbite très basse (moins de 400 km), que l'on pourrait considérer comme non problématique car ne créant que des débris rapidement consumés par l'atmosphère, l'est en réalité car des orbites bien plus hautes se trouvent durablement polluées. Cette donnée contribue à réduire la probabilité qu'un acte offensif dans l'Espace prenne la forme d'un tir de destruction. Les risques d'actes offensifs à l'encontre d'un satellite sont donc les plus importants sous une forme non destructrice (impulsion électromagnétique, brouillage, tir laser, dégradation de certains composants de la plateforme...). Le principal risque demeure celui d'une attaque informatique de la chaîne de contrôle d'un satellite pouvant aller jusqu'à sa prise de contrôle.

Être en capacité de détruire en orbite des satellites au moyen d'armement cinétique présente d'autant plus d'intérêt pour un État que celui-ci dispose de peu de moyens spatiaux. Il disposerait en l'espèce, dans une situation paradoxale qui le verrait maîtriser des techniques spatiales très évoluées sans toutefois en exploiter tout le potentiel, d'un certain « pouvoir égalisateur » vis-à-vis des puissances militaires les plus avancées. Un État relativement peu « spatialisé » qui développerait des armements cinétiques antisatellites devrait être tout particulièrement surveillé.

10. L'attrition de moyens spatiaux produit des effets irréversibles à court terme qui ne peuvent être compensés que par de multiples mesures de résilience préétablies.

Le cycle de production et de lancement de satellites est encore aujourd'hui très long, sans même prendre en considération les coûts qui y sont associés. Il en découle que la perte d'un satellite ne peut être compensée nombre pour nombre dans des délais compatibles avec des exigences opérationnelles normales, sauf à disposer d'un exemplaire de réserve et d'une capacité de lancement très réactive, ce qui est hors de portée financière de la quasi-totalité des pays. Il est clair en outre que, face au risque d'attrition, une constellation offre les meilleures garanties de résilience.

Avec les mêmes constats, l'attrition de moyens spatiaux doit également s'envisager comme pouvant s'appliquer à des infrastructures et des équipements se trouvant à terre, qu'il s'agisse de bases de lancement, de segments sol de systèmes satellitaires ou de moyens de surveillance de l'Espace.

Dix propositions à considérer
pour une stratégie spatiale de défense

Face à la perspective d'une attrition de ses moyens spatiaux, un État avisé met en place en amont des mesures de résilience à déclencher en tant que de besoin et s'appuyant notamment sur des coopérations internationales et le recours à des moyens civils.

*
**

Le cadre des réflexions stratégiques portant sur l'Espace est en réalité aujourd'hui l'espace circumterrestre. Les dix propositions ici présentées doivent être considérées comme s'appliquant à celui-ci. Demain, il conviendra d'élargir le champ des possibles à l'Espace Terre-Lune, puis à l'Espace lointain avec des propositions supplémentaires.

La coopération spatiale en Europe :

un très grand succès dans le domaine civil, encore peu développée dans le militaire

Gérard BRACHET

Ancien directeur général du Centre national d'études spatiales (Cnes).

La coopération européenne dans le domaine spatial a connu des balbutiements difficiles dans les années 1960-1970, marqués en particulier par la coexistence de deux organisations, le Conseil européen de recherches spatiales ou CERS (*ESRO*), consacré exclusivement à la recherche scientifique dans l'Espace et le Centre européen pour la construction de lanceurs d'engins spatiaux ou CECLES (*ELDO*), consacré au développement de la fusée *Europa*. Malheureusement, celle-ci n'a connu que des déboires au cours de son développement et a été abandonnée en 1972. Cet échec, attribué à une direction de programme trop faible, a eu une conséquence paradoxalement positive : la proposition par la France de développer la fusée *Ariane* autour d'une gestion de programme de nature beaucoup plus technique, dirigée par le Centre national d'études spatiales (Cnes) français par délégation de l'Agence spatiale européenne (*ESA*).

La création de l'ESA et les succès de la coopération intergouvernementale

Nouvelle organisation décidée en 1973 et effective en 1975, l'ESA reprenait les programmes scientifiques du CERS et surtout introduisait la notion de programmes facultatifs auxquels seuls les États-membres intéressés participent. Cette notion nouvelle a facilité en 1973 l'engagement des programmes *Ariane*, *Spacelab* (Allemagne fédérale) et *Marots* de satellite de télécommunications maritimes (Royaume-Uni). Les autres programmes de satellites d'applications tels que *Meteosat* (météorologie) et *OTS/ECS* (télécommunications de point à point) ont, eux aussi, bénéficié de la souplesse introduite dans la convention de l'ESA qui introduisait et encadrait de manière intelligente ces programmes facultatifs où la garantie de retour géographique des contrats industriels était le meilleur argument pour convaincre les États-membres d'y participer financièrement. Celle-ci doit s'analyser sur l'ensemble des programmes de l'Agence spatiale européenne, y compris

le programme scientifique « obligatoire » auquel tous les États-membres contribuent au prorata de leur PIB.

Ce programme scientifique mérite un coup de projecteur particulier car il a permis à l'Europe de jouer un rôle de premier plan en astrophysique et dans l'exploration du système solaire, ne connaissant pratiquement aucun échec et plaçant la communauté scientifique européenne au même niveau que la communauté américaine malgré l'écart considérable des moyens financiers que consacrent la *NASA* et l'*ESA* à ces activités.

Cette organisation a bien fonctionné depuis sa création et a permis l'engagement de nouveaux programmes tels que, dans le domaine de l'observation de la Terre, les satellites radar *ERS-1* et *2* en 1981 et 1984, lancés respectivement en 1991 et 1995, puis le très ambitieux *ENVISAT*, décidé en 1992 et lancé en 2002 qui fournit jusqu'en 2012 des données radar améliorées du même type qu'*ERS* ainsi que de nouvelles données sur la chimie de l'atmosphère en relation avec la déplétion de la couche d'ozone et les gaz à effet de serre. Elle a aussi permis la décision de développer les prototypes des satellites météo en orbite polaire *METOP* réclamés par les services météorologiques et divers programmes de validation de nouvelles technologies de télécommunication par satellites.

En octobre 1995, lors d'un difficile conseil de l'*ESA* au niveau ministériel tenu à Toulouse, la participation de l'Europe au programme de la Station spatiale internationale (*ISS*) a été décidée, une décision ressentie comme plus politique que technique mais à laquelle l'Allemagne tenait beaucoup. L'Europe s'engageait alors à fournir l'un des modules de la station (*Colombus*) – lancé en 2005 et opérationnel depuis –, ainsi que le *Véhicule automatique de transfert (ATV)*, énorme cargo non habité de plus de vingt tonnes pour le ravitaillement régulier de la station. Cinq lancements *ATV* par *Ariane 5* ont effectivement eu lieu de 2008 à 2014 et ont servi, entre autres, à régler en nature la part européenne des frais d'exploitation d'*ISS*.

Dans le domaine des lanceurs, le mécanisme de décision des programmes facultatifs de l'*ESA* a permis d'engager le développement des nouvelles versions des lanceurs *Ariane*, *Ariane 4* en 1984, lancé pour la première fois en 1988 et exploité avec grand succès jusqu'en 2003, puis *Ariane 5* en 1987, dont le premier lancement en 1996 a été un échec, heureusement vite réparé, suivi d'une impressionnante série de succès, plus de cent à la date d'avril 2019 ! Cet excellent résultat est peut-être à l'origine d'un certain endormissement de la vigilance européenne qui, au cours des années 2005-2010, n'a pas prêté une attention suffisante au réveil de la concurrence aux États-Unis avec l'entrée en lice de SpaceX et de ses lanceurs *Falcon*. Du coup, la préparation de la génération suivante a pris du retard et c'est seulement en 2014 que le Conseil ministériel de l'*ESA* a lancé le développement d'*Ariane 6*, avec cette fois-ci une organisation industrielle complètement rénovée autour de la nouvelle société ArianeGroup regroupant les équipes « missiles balistiques et lanceurs spatiaux » d'Airbus et celles de moteurs spatiaux de Safran.

Ariane 6 se déclinera en deux versions 62 et 64 (2 ou 4 propulseurs d'appoints) depuis la base de lancement européenne en Guyane française (Centre spatial guyanais, CSG).

Une dimension peu connue mais remarquable de cet effort européen de coopération spatiale a été sa capacité à imaginer et à générer les organisations capables de prendre le relais de l'*ESA* pour l'exploitation des systèmes développés par celle-ci. C'est ainsi que *Eutelsat* (privatisée au début des années 2000) pour les télécommunications par satellites, l'organisation européenne intergouvernementale *EUMETSAT* pour les satellites de météorologie, la société Arianespace pour la commercialisation des services de lancements par *Ariane*, ont progressivement pris en charge l'exploitation des satellites ou des lanceurs développés dans le cadre de l'*ESA*. Le cas d'Arianespace est particulièrement intéressant puisqu'il s'agissait, lors de sa création en 1980, de la première société au monde chargée d'exploiter commercialement un lanceur de satellites. À cette époque, les lanceurs américains étaient mis en œuvre sous la responsabilité de la *NASA* pour les applications civiles, y compris le lancement de satellites non américains et du Département de la Défense (*DoD*) pour ses besoins propres.

Le succès de l'Agence spatiale européenne, organisation intergouvernementale tout à fait indépendante de l'Union européenne, à laquelle participent des États comme la Suisse et la Norvège, non-membres de l'UE – et à laquelle le Royaume-Uni a bien l'intention de continuer à participer après le *Brexit* – repose sur la confiance de ses États-membres dans la qualité de la gestion des programmes par les équipes techniques de l'Agence. En particulier, ils sont très attentifs, et parfois au détriment du bon déroulement du programme, au respect des engagements relatifs au retour géographique. La capacité de l'*ESA* à gérer au mieux ces contraintes tout en respectant globalement les objectifs de coût et de calendrier des programmes explique que de nombreux États européens ont souhaité rejoindre l'*ESA* au fil des années. De onze lors de sa création en 1975, elle est en effet passée à vingt-deux États-membres en 2018. Cette expansion n'est possible qu'au prix d'une attention très particulière donnée à la mise à hauteur progressive des industries des nouveaux États-membres, entraînant parfois la création de doublons inutiles de compétences critiques au sein de l'Europe. Cette tendance à l'éparpillement des équipes et des installations industrielles ne va pas dans le sens de la compétitivité de l'industrie spatiale européenne dans son ensemble. Il est malheureusement probable que ce soit le prix à payer pour une approche réellement « inclusive » du développement de l'Europe spatiale qui ne laisse pas sur le bord de la route les États ayant décidé tardivement d'investir dans ce secteur.

L'Union européenne s'intéresse à l'Espace

L'apparition progressive d'un intérêt de l'UE pour les questions spatiales n'est intervenue qu'au début des années 1990. Jusque-là, seule la Direction générale

« Recherche » de la Commission européenne observait le développement des ambitions spatiales des États européens et estimait qu'elle n'avait pas à intervenir dans ce secteur puisque ceux-ci avaient pris l'initiative de créer une agence spécialisée, l'*ESA*, à cet effet.

Toutefois, le Centre commun de recherches de la Commission européenne était déjà très impliqué avec son Institut des applications spatiales basé dans son centre d'Ispra (Italie). Les équipes de cet institut étudiaient depuis plusieurs années les applications pratiques des données de télédétection depuis l'Espace. La plus remarquable était le programme *MARS* qui servait directement les besoins de la Politique agricole commune (PAC) en générant des statistiques de production agricole de tous les États-membres à partir de l'analyse des images fournies par les satellites, les *Landsat* américains puis les *SPOT* (France-Belgique-Suède) à partir de 1986. L'Institut travaillait aussi sur la surveillance par satellite de la forêt tropicale et des océans, le tout en coopération étroite avec de nombreux laboratoires et équipes de recherche disséminées dans toute l'Europe. Ces travaux étaient directement en rapport avec les études sur le changement global qui se développaient rapidement dans les années 1980 et 1990.

La Commission européenne était à la même époque très engagée, *via* ses Directions générales « Environnement » et « Relations extérieures », dans la préparation et la négociation des conférences internationales sur la réduction des Gaz à effet de serre (GES) qui devaient culminer par la signature du fameux Protocole de Kyoto en 1997. Ces négociations mettaient en évidence que si la volonté politique de l'Europe de réduire sa production de GES était réelle, elle ne savait pas très bien comment s'y prendre, ni comment mesurer sur une base globale et de manière indépendante le taux de production et d'absorption de ces gaz, et en particulier le dioxyde de carbone. Il devenait donc important que les négociateurs de l'UE soient correctement informés des progrès réalisés grâce à l'observation depuis l'Espace dans la mesure des paramètres clés du changement climatique.

Cette nécessaire connexion entre la recherche la plus avancée et le monde des régulateurs et des politiques est à l'origine du programme *Copernicus* de l'Union européenne, initialement connu sous le nom de *GMES* (*Global Monitoring for Environment and Security*) mis en place au début des années 2000 à la suite de la publication de l'Appel de Baveno en 1998⁽¹⁾. Ce programme a reçu un financement très important de la part de l'UE, près de 8 milliards d'euros. Il comprend toute une série de satellites d'observation opérationnels développés sous l'égide de l'*ESA* et mis en orbite à partir de l'année 2014 : début 2019, sept *Sentinelles* sont en exploitation et d'autres sont en cours de préparation. C'est un très bel exemple de coopération efficace entre l'Union européenne qui finance la plus grande partie de ce programme et l'Agence spatiale européenne qui gère le développement des

(1) *Global Monitoring for Environmental Security: A manifesto for a new European Initiative*, brochure publiée par le Joint Research Centre, Ispra, octobre 1998.

satellites, confié à l'industrie, les opérations en orbite et les moyens au sol nécessaires à la réception, au stockage et à la distribution d'un flot de données tout à fait considérable. Le budget prévu par la Commission européenne pour *Copernicus* (période 2021-2027) s'élève à 5,8 milliards d'euros.

Les satellites de positionnement/navigation *Galileo*, mieux connu du grand public parce qu'il rend des services assez proches de ceux du *GPS* américain, sont l'autre grand programme spatial de l'UE. Son origine est intéressante : il s'agissait alors pour l'Union européenne de réduire la dépendance de son économie vis-à-vis du *GPS*, qui devenait excessive du fait de son caractère monopolistique et de l'absence totale d'engagement du gouvernement américain sur la continuité et l'intégrité du signal civil du *GPS*, certes offert gratuitement au reste du monde mais sans aucune garantie. Pour des applications qui se multiplient à un rythme étonnant, bien au-delà des rêves les plus fous des initiateurs (militaires) du *GPS*, l'impact économique de ce système est considérable et pose d'autant plus la question de la dépendance par rapport à un système unique que son objectif premier est avant tout militaire, les utilisations civiles ne venant qu'au second plan.

La proposition initiale du programme *Galileo* par la Commission européenne, élaborée en 1999 par les services de la Direction générale « Transport et Énergie », était de faire appel à un partenariat public-privé pour le déploiement de la constellation des trente satellites, le coût de développement des quatre premiers prototypes et le tiers du coût du déploiement de la constellation restant cependant à la charge du budget de l'UE. L'ampleur des moyens financiers nécessaires pour ce déploiement et l'incertitude sur le retour sur investissement n'ont pas permis de confirmer cette approche qui a dû être abandonnée en 2007, l'Union européenne prenant alors à sa charge la totalité du coût du déploiement de *Galileo* (près de 11 Mds €). La Commission européenne a délégué à l'*ESA* la gestion technique du programme en phase de développement avec l'obligation de respecter les règles de gestion de l'UE, différentes de celles de l'*ESA*, qui excluent donc la notion de garantie de retour géographique. Le découpage des travaux industriels en six paquets principaux fait que l'*ESA* joue *de facto* le rôle de maître d'œuvre du développement et de la validation du système et qu'elle est seule à même d'en garantir les performances.

Aujourd'hui, après de multiples retards – un lancement *Soyouz* a mis deux satellites sur une mauvaise orbite – et quelques autres soucis techniques, en particulier au niveau des horloges atomiques embarquées, vingt-six satellites sont en exploitation (sur trente prévus) et douze sont en construction. Depuis fin 2016, une partie des services de *Galileo* sont déjà opérationnels, dont le service ouvert (« *Open Service* ») qui est gratuit. Les performances sont remarquables : précision de positionnement instantanée de l'ordre de 1,5 m, meilleure que celle du *GPS* (2,5 à 3 m pour les récepteurs bi-fréquences⁽²⁾) et bien meilleure que le *GLONASS* russe

(2) Qui ne constitue qu'une faible part du marché des récepteurs GPS, la plupart étant mono-fréquence.

ou le chinois *Beidou*. Le service *PRS* (*Public Regulated Service*), réservé aux usages gouvernementaux des États-membres de l'UE, n'est pas encore tout à fait prêt, sa capacité opérationnelle initiale devrait intervenir début 2020. Il est aussi prévu d'introduire un service de très haute précision, gratuit, qui offrira un positionnement précis à 20 cm et un service de positionnement « certifié » – peut-être payant – d'ici quelques années. De surcroît, les satellites *Galileo* emportent des équipements de réception et retransmission des messages des balises de détresse maritimes et aéronautiques à 406 MHz, assurant ainsi la continuité du système international *COSPAS-SARAST* mis en place au début des années 1980 par le Canada, les États-Unis, la France et l'Union soviétique. *Galileo* permet une forte amélioration du service en réduisant le temps de détection de quelques heures à moins de 10 minutes et en faisant bénéficier de sa précision de localisation aux services de recherche et sauvetage.

Après de multiples rebondissements et de nombreux retards, le système *Galileo* européen est donc en passe d'atteindre le stade opérationnel et, d'ores et déjà, la GSA ⁽³⁾ et la Commission européenne étudient les évolutions de service souhaitables pour la seconde génération de satellites *Galileo*. Le budget prévu par la Commission européenne pour le programme *Galileo* au cours de la période 2021-2027 s'élève à 8,25 Mds €

Une bonne mesure de la crédibilité qu'a obtenue aujourd'hui le système *Galileo* peut être trouvée dans le fait que la plupart des puces dites « *GPS* » présentes dans les téléphones portables vendus sur le marché sont en réalité des puces « *GPS + Galileo* » qui sont capables de traiter les signaux en provenance de ces deux constellations. La GSA estime qu'aujourd'hui plus de 700 millions de terminaux sont équipés dans le monde pour recevoir les signaux *Galileo* et que ce chiffre dépassera un milliard d'ici fin 2019.

Et la coopération européenne dans le domaine des systèmes spatiaux pour la défense ?

Dans le domaine des systèmes spatiaux servant les besoins de la défense, où l'ESA ne peut pas intervenir, sa convention constitutive le lui interdisant, les États-membres de l'UE ont eu tendance à définir leurs besoins et à développer leurs systèmes sur une base strictement nationale. Les Britanniques, avec leur système de télécommunication par satellite *Skynet*, ont été les premiers à déployer un système spécifique pour les besoins de leurs forces armées. Ils en sont aujourd'hui à la 6^e génération (*Skynet 6*). La France a suivi avec ses satellites *Syracuse* (*Syracuse III* aujourd'hui). L'Italie avec les satellites *Sicral* et l'Allemagne avec les satellites *SATCOMBW* ont fait de même, ainsi que l'Espagne. Les tentatives de définition commune des besoins et des exigences de sécurisation des communications

(3) *European Global Navigation Satellite Systems Agency*.

n'ont pas permis à ces Nations de converger vers un système partagé. Sur les plans économique et opérationnels, il n'est d'ailleurs pas certain qu'une telle solution soit adaptée aux besoins militaires, les zones géographiques d'intervention des forces étant très variées. De plus, les besoins de bande passante excèdent régulièrement la capacité mise en place. Ce phénomène de croissance très rapide des besoins des forces armées en capacité de télécommunication est en partie lié à l'utilisation croissante de drones sur les théâtres d'opérations dont il faut rapatrier les données d'observation et pouvoir communiquer avec eux en temps réel.

Dans ce paysage très « national » des télécommunications spatiales militaires, une exception toutefois est à noter. La France et l'Italie ont su se mettre d'accord sur un satellite commun de télécommunications à très haut débit : *Athena-Fidus* a été mis en orbite en 2015 et est exploité en capacité partagée par les forces armées des deux pays.

Au niveau de l'UE, la Commission européenne tente de mettre en place un système par satellites (*GOVSATCOM*) pour les télécommunications gouvernementales des États-membres qui souhaitent disposer de communications sécurisées sans pour autant être prêts à investir dans un système propre. L'avenir nous dira si cette tentative aboutit.

L'autre domaine privilégié de systèmes spatiaux servant la défense et la sécurité est celui de l'observation à des fins de reconnaissance et de renseignement. Les satellites en orbite basse fournissent un moyen précieux d'observation du fait de leur capacité à survoler n'importe quel point du globe et, sur le plan juridique, de l'extraterritorialité de l'espace extra-atmosphérique. La France a été la première en Europe à s'équiper de tels systèmes en décidant fin 1986, suite à la démonstration réussie du satellite *SPOT-1* lancé en février de la même année, de mettre en place les satellites de reconnaissance optique *Helios 1A* et *1B*, lancés respectivement en 1995 et 1999. L'Espagne et l'Italie avaient accepté de contribuer à ce programme respectivement à hauteur de 7 et 14 %. L'Allemagne était encore hésitante à se lancer dans ce type d'investissement et le ministère de la Défense allemand donnait la préférence à l'observation radar. Finalement, la décision est intervenue fin 1999 et sa constellation de cinq satellites radar *SARLupe*, confiée à la société OHB de Brême, a été mise en orbite en 2006-2008. Entre-temps, la France avait bien avancé dans la préparation de ses satellites de la génération suivante, *Helios 2A* et *2B* mais l'Italie donnait la priorité à son programme national de satellites d'observation radar à vocation duale *COSMO-SkyMed* (lancés entre 2007 et 2010) et renonçait donc à participer à *Helios 2*. L'Espagne, au contraire, confirmait sa participation, quoiqu'à un niveau ramené à 2,5 %. La Belgique puis la Grèce décidaient, elles aussi, d'y contribuer mais toujours au niveau très modeste de 2,5 %.

Helios 2A a été lancé en 2004 et *Helios 2B* en 2009. Un accord d'accès réciproque à *SARLupe* et à *Helios 2* (Accord de Schwerin) a été signé entre l'Allemagne et la France permettant à ces deux pays d'échanger une partie de la

capacité de leur système. Un accord de coopération sous forme de partage de capacité entre les systèmes italien *COSMO-SkyMed* et français *Helios 2* et *Pléiades*, nouveaux satellites à vocation duale en préparation sous l'égide du Cnes, a été signé en janvier 2001 lors du Sommet franco-italien de Turin. Les satellites *Pléiades 1* et *2*, mis en orbite en 2011 et 2012, bénéficient des technologies d'observation les plus avancées et sont beaucoup plus compacts, ce qui leur donne une très grande agilité. Ils préfigurent les satellites *CSO* du ministère des Armées qui prendront le relais des satellites *Helios 2* : *CSO-1* a d'ailleurs été lancé en décembre 2018.

CSO signifie *Composante spatiale optique* d'un système à dimension européenne baptisé *MUSIS* (*Multinational Space-based Imaging System for Surveillance, Reconnaissance and Observation*) qui a été imaginé entre les partenaires des programmes en cours, soit l'Allemagne, la France, l'Italie, l'Espagne, la Belgique et la Grèce. Ceux-ci avaient demandé en 2009 à l'Agence européenne de défense (AED) de prendre en main ce concept dans le cadre des programmes de catégorie B de l'Agence. Malheureusement, cette tentative de coordination des satellites de reconnaissance au niveau européen n'a pas pu aboutir et devant l'absence de progrès, la France a décidé d'aller de l'avant en lançant dès 2015 la réalisation des satellites *CSO*. La France a proposé à l'Allemagne de participer à son financement *via* une participation financière substantielle à l'achat du troisième modèle de vol, lui donnant ainsi accès directement à cette constellation optique. L'Allemagne ne renonce pas pour autant à son intérêt pour les techniques d'observation radar et a lancé la réalisation des satellites *SARah*, successeurs des *SARLupe*. L'Italie a fait de même avec ses satellites *COSMO-SkyMed Second Generation* (*CSG*) et l'Espagne n'est pas en reste avec ses satellites nationaux d'observation radar *Paz*, lancé en 2018, et optique *Ingenio* qui devrait être lancé en 2019.

En résumé, nous devons constater dans ce domaine de l'observation à des fins de reconnaissance et de renseignement une grande dispersion des efforts européens. Celle-ci reflète une approche très « nationale » de ces activités, due probablement à une combinaison de culture traditionnelle de la gestion du renseignement, peu ouverte à la coopération au sens habituel, et de protection d'intérêts industriels nationaux.

L'Union européenne, jusqu'à une date récente, n'intervenait pas dans les affaires de défense et de politique étrangère. Elle a cependant, *via* son centre satellitaire basé à Torrejón de Ardoz (Espagne) joué un rôle important de sensibilisation et de formation à l'exploitation des images de satellites de reconnaissance. En réalité, ce centre était une création de l'Union de l'Europe occidentale (UEO) en 1991, ses États-membres ayant été impressionnés par la capacité qu'avait démontrée, dès 1986, le satellite civil *SPOT*, tout juste mis en orbite, à collecter des images sur le site de la centrale nucléaire de Tchernobyl dont l'un des réacteurs avait explosé le 26 avril. Par la suite, deux rapports parlementaires (MM. Fourré et Malfati) de l'Assemblée de l'UEO avaient été publiés en 1988 soulignant l'intérêt pour l'Europe de se doter d'une telle capacité, mais sans effet immédiat. C'est avec

la première guerre du Golfe, en 1991, que le Conseil de l'UEO s'est souvenu de cette recommandation et, dans des délais très courts, a décidé la création du Centre satellitaire, voté les budgets et lancé l'installation à Torrejón. Ce centre n'avait pas l'ambition de disposer de son propre satellite d'observation mais plutôt d'exploiter à des fins de renseignement pour le compte des États-membres les images fournies par les satellites civils tels que la série des *SPOT* et les satellites commerciaux américains qui fournissaient des images à haute résolution à partir de 1998. L'accès aux images collectées par les satellites militaires français, allemands et italiens, classifiées, faisait l'objet d'accords spécifiques assez contraignants qui ont longtemps limité l'accès du Centre à ces images.

Le Centre satellitaire a été inauguré en 1993 et a été autorisé à recevoir des images *Helios 1* à partir de 1996. Il a été transféré à l'Union européenne le 1^{er} janvier 2002. Il a depuis pris le nom de Centre satellitaire de l'Union européenne (*EU SATCEN*). Il faut noter que, du fait de sa mission ciblée sur les besoins de défense et de sécurité, il ne dépend pas de la Commission européenne mais du Conseil européen. Son fonctionnement relève donc, comme pour l'AED, d'une approche de type « intergouvernemental » par opposition à l'approche communautaire habituelle au sein de l'Union européenne.

*

**

Cet exposé ne serait pas complet s'il omettait d'évoquer, même brièvement, les satellites de renseignement d'origine électromagnétique que, pour le moment, seule la France a expérimenté en orbite avec d'une part, les quatre microsattelites *Essaim* lancés avec *Helios 2* fin 2004, et d'autre part, les quatre satellites *ELISA* (*Electronic Intelligence SAtellites*) lancés en même temps que *Pléiades 1* en 2011. L'étape suivante est la mise en service de la constellation opérationnelle *Ceres* (*Capacité de renseignement électromagnétique spatiale*), prévue en 2020. Ces systèmes ne sont pas ouverts à la coopération. ♦

L'Union européenne et le fait aérien et spatial : histoire et perspectives

Stéphane HEURTEAUX

Colonel, Représentation permanente de la France auprès
de l'Union européenne.

Historique de la construction de l'Europe de la défense et implications sur le volet aérien et spatial

À l'issue de la Seconde Guerre mondiale, le Traité de Bruxelles, signé par la France, le Royaume-Uni, la Belgique, les Pays-Bas et le Luxembourg le 17 mars 1948, donne naissance à une Union occidentale pour la défense commune. Les États signataires créent, dans cette même dynamique, une agence militaire en septembre 1948, nommée *Western Union Defence Organization (WUDO)*, qui renforce les engagements du Traité. Le 23 octobre 1954, la République fédérale d'Allemagne (RFA) et l'Italie rejoignent cette Union occidentale qui deviendra l'Union de l'Europe occidentale en mai 1995. Parallèlement, le 4 avril 1949 est signé le Traité de l'Atlantique Nord qui donne naissance à une organisation sous l'égide des États-Unis : l'Otan.

Cet élan de coopération pour une Europe de la défense dans la période de l'immédiat après-guerre concerne également le domaine spatial. En 1962, le Conseil européen de recherches spatiales (*ESRO*) réunissant onze pays européens, dont la France, voit le jour et vise à mettre en commun les ressources consacrées au développement des programmes de recherches spatiales. Le Centre européen pour la construction de lanceurs d'engins (*ELDO*) est également mis en place en 1962. Opérationnelles en 1964, ces deux structures, faute de moyens et de coordination entre les différents contributeurs, ne parviennent pas à leurs objectifs. Le développement du lanceur Europa pour lequel elles avaient été conçues est un échec.

La fin de l'*ESRO* et de l'*ELDO* impose de ce fait une nouvelle réflexion sur l'organisation du programme spatial européen et l'Agence spatiale européenne (*ESA*) est portée sur les fonts baptismaux le 31 mai 1975. Cette dernière accueillera successivement en son sein l'Institut de recherches spatiales (fondé en 1966) basé en Italie, le Centre européen des astronautes (*EAC*) en 1990 et le Centre d'entraînement des corps astronautes européens la même année.

Sur le volet aéronautique, la coopération européenne s'initie essentiellement au niveau civil. Plusieurs initiatives voient le jour : le *Comet* (De Havilland), la *Caravelle* (Sud-Aviation), le *Concorde* (France et Royaume-Uni). Dans les années 1970, Airbus voit le jour et dès les années 1980, concurrence Boeing sur le segment des aéronefs de transport de passagers.

Dans le domaine militaire, les États européens dotés d'une industrie aéronautique maintiennent leur activité pour préserver leur indépendance nationale mais aussi pour maintenir un haut niveau de recherche & développement (R&D), en l'absence de programme européen crédible. L'épisode du *consortium* quadripartite Eurofighter GmbH (Royaume-Uni, Allemagne, Italie et Espagne) illustre cette différence d'appréciation de la dynamique européenne. En effet, son objectif est la production de l'avion de chasse Eurofighter *Typhoon* qui sera mis en service à peu près au même moment que son concurrent français, le Dassault *Rafale*.

En 1992, douze États européens s'accordent et signent le Traité de Maastricht, acte fondateur de l'Union européenne, ils seront rejoints par d'autres pays pour former aujourd'hui « l'Europe des 28 ». Le 1^{er} novembre, le Traité entre en vigueur et instaure une Politique étrangère et de sécurité commune (PESC). L'approfondissement de la coopération européenne permet ainsi certaines avancées sur le plan militaire en matière d'aviation. En 1995, est créé le Groupe aérien européen (GAE), sur initiative franco-britannique, afin de développer la coopération au niveau opérationnel. La France et le Royaume-Uni sont rejoints par l'Italie puis par l'Allemagne, l'Espagne et les Pays-Bas en 1999.

À compter de décembre 1999 et du Sommet d'Helsinki qui met en place une force de réaction rapide européenne de 60 000 hommes et crée le Comité politique et de sécurité (CoPS) ainsi que le Comité militaire de l'Union européenne (CMUE), la défense est davantage intégrée au projet européen. Cependant, les moyens politiques et financiers lui étant attribués restent marginaux.

Aéronautique et espace, deux domaines duaux à analyser sous le prisme communautaire et intergouvernemental

L'UE s'est construite comme une communauté économique depuis la CECA (Communauté européenne du charbon et de l'acier) en 1950, en passant par la CEE (Communauté économique européenne) en 1957 et la mise en place d'une monnaie unique, l'euro, en 1999. Son « ADN » établit de fait une union économique « indispensable à la sauvegarde de la paix », comme le déclarait Robert Schuman, l'un des « pères de l'Europe », en mai 1950. L'Europe de la défense n'était pas envisagée par ses fondateurs et les échecs successifs de la CED (Communauté européenne de défense) dans les années 1950, témoignent des réticences politiques et idéologiques des États-membres à mutualiser leurs forces. Dès lors, ce sont des initiatives principalement intergouvernementales et souvent dans le domaine civil, qui ont permis progressivement d'appréhender la défense par le

prisme européen. À titre d'exemple, les projets liés au Ciel unique européen (CUE) voient le jour dès 1999 par une communication de la Commission, mais ne concernent que l'aéronautique civile, l'idée étant de mutualiser les systèmes de contrôle de la circulation aérienne afin de gagner en efficacité. Cette réflexion donne lieu à deux « paquets législatifs » successifs, le Ciel unique I en 2004 et le Ciel unique II en 2009.

En 2007, un règlement du Conseil de l'UE met en place une structure juridique, SESAR (*Single European Sky Air Traffic Management Research*), qui institue un partenariat entre l'UE et Eurocontrol (Organisation européenne pour la sécurité de la navigation aérienne, 1963) visant à promouvoir un système uniforme pour les usagers civils et militaires ainsi que pour les industriels et opérateurs du secteur. Dès lors, SESAR permet la prise en compte du trafic aérien militaire dans la réglementation du CUE. Sur le volet spatial, il en est de même du programme *Galileo*, « le GPS européen ». Système de positionnement par satellites développé par l'UE lancé en 2003 sous contrôle « strictement » civil pour un usage civil, il garantit l'autonomie de l'UE vis-à-vis de la concurrence internationale dans le domaine stratégique de la radionavigation. Dans le secteur industriel européen, la spécialisation militaire est également arrivée par le développement dans le secteur civil, à l'instar d'Airbus Group, dont la branche « défense et Espace » est apparue tout récemment.

Ainsi, la coopération européenne sur le volet civil, que ce soit dans le secteur aérien ou spatial, a permis de faire exister une coopération militaire. Préserver la paix et la sécurité des citoyens européens, selon le projet européen initial, implique de travailler ensemble. La défense européenne y a aussi sa place. La coopération aérienne et spatiale de l'Europe de la défense doit être étudiée par l'intermédiaire des deux facettes de l'UE, l'une communautaire et l'autre intergouvernementale.

En 1965, le traité de fusion des exécutifs communautaires signé à Bruxelles rassemble les exécutifs de la CECA, de la CEE et d'Euratom, donnant naissance à la Commission européenne, chargée de proposer et de mettre en place les politiques communautaires. Au sein de l'UE, cette dernière exerce un quasi-monopole dans le domaine des compétences exclusives de l'Union. Composée d'une trentaine de directions générales chargées de la mise en œuvre des politiques européennes, ses politiques et l'élaboration de ses priorités ont un impact majeur sur le développement aérien et spatial dans le domaine militaire, en particulier la DG *GROW* (Direction générale du marché intérieur, des industries, de l'entrepreneuriat et des PME). Jusqu'en 2016 et la publication de la *Stratégie globale pour l'UE (SGUE)* concernant la politique étrangère et de sécurité ⁽¹⁾, la Commission se montre réticente à l'investissement dans le secteur de la défense, limitant les avancées sur la voie d'une Europe de la défense par ses moyens de contrôle des actions communautaires.

(1) SERVICE EUROPÉEN POUR L'ACTION EXTÉRIEURE (SEAE), *A Global Strategy for the European Union* (https://eeas.europa.eu/topics/eu-global-strategy/49323/global-strategy-european-union_en).

Du point de vue intergouvernemental, la défense européenne revêt un aspect différent. Ce domaine primordial est la garantie de la souveraineté nationale. Dès lors, les États prennent souvent position en matière de coopération militaire en fonction de la conjoncture politique et géopolitique. Ainsi, l'échelle bilatérale peut-être privilégiée au détriment d'avancées communautaires au niveau européen, comme c'est le cas des Accords de Lancaster House en 2012 qui mettent en place une force expéditionnaire commune interarmées franco-britannique et une coopération sur la fabrication d'un drone commun. Par ailleurs, dans le cadre du Conseil des Affaires étrangères de l'UE, composé des ministres des Affaires étrangères européens, se réunissant une fois par mois, les décisions sont prises au consensus à 28. Les divergences de vues en matière de défense européenne ne permettent qu'une avancée à « petits pas ».

Bilan et perspectives de l'action européenne dans le domaine aéronautique et spatial

De nombreuses réalisations ont vu le jour depuis le début des années 2000 dans le domaine de l'aéronautique. Une volonté de mutualiser les capacités en matière de transport aérien apparaît ainsi en avril 2006, lorsque l'Allemagne et la France signent une lettre d'intention établissant un commandement commun afin de réguler le transport aérien. En 2007, les Pays-Bas et la Belgique rejoignent le projet, suivis par le Luxembourg en 2009. Cet accord donne naissance au Commandement aérien du transport militaire (*EATC*), inauguré le 1^{er} septembre 2010 à Eindhoven. Chaque pays membre concède à l'*EATC* un transfert d'autorité de ses aéronefs exploités selon un ensemble de règles et de procédures communes. La France y contribue ainsi à hauteur de 27 *CASA CN235*, 14 *A400M*, 16 *C-130 Hercules*, 3 *A310*, 2 *A340* et 18 *Transall C-160*. Ce commandement est présenté comme une réussite et un modèle de coopération dans le domaine de la défense européenne. À titre d'exemple, dans le cadre de l'opération *Barkhane*, l'acheminement de la quasi-totalité des personnels militaires a été assuré par l'*EATC*. Sur le volet opérationnel, en 2008, dans le cadre de la politique de défense et de sécurité commune de l'UE (PSDC), un état-major « Air » pour le pilotage de la chaîne logistique de l'opération *Eufor Tchad/RCA* est établi pour douze mois.

S'agissant du volet spatial, la rationalisation des coûts, la synergie civilo-militaire et les économies d'échelles permises par la mutualisation des moyens de fabrication et d'exploitation ont permis aux États-membres d'entrer ensemble dans la compétition internationale. Ainsi, en avril 2008, le Parlement européen approuve le financement entièrement public du programme *Galileo* de l'*ESA*. Le Traité de Lisbonne en 2009, donne à l'UE le mandat pour élaborer une politique spatiale européenne en développant notamment ses relations avec l'*ESA*. Le sixième Conseil spatial (2009), met l'accent sur le développement des systèmes de télécommunication par satellite et témoigne par ce biais de la volonté politique de l'UE de s'engager dans le domaine spatial.

Depuis 2016 et la *SGUE*, la défense et la sécurité commune sont devenues l'une des politiques prioritaires de l'Union. Elle donne ainsi un nouvel élan à l'Europe de la défense. Le président Emmanuel Macron dans son discours de la Sorbonne ⁽²⁾ marque l'importance de la réflexion autour d'une autonomie stratégique européenne, venant en complément de l'Otan. De nombreuses avancées ont été menées en ce sens, notamment grâce à la mise en place du Fonds européen de défense (FED) intégré au cadre financier pluriannuel 2021-2027 ou à l'instauration de la Coopération structurée permanente (CSP ou *PESCO*), mettant principalement l'accent sur le développement capacitaire européen.

De nombreux projets ambitieux sont également menés en multilatéral dans les domaines aéronautique et spatial et contribuent à accélérer la consolidation d'une Base industrielle et technologique de défense européenne (BITDE), comme le programme de *Système de combat aérien du futur* (*Scaf*) mené par Dassault Aviation et Airbus. Ce dernier devrait succéder au Rafale et à l'*Eurofighter* à l'horizon 2040.

Comme pour les programmes *Galileo* et *Copernicus*, le développement d'un drone Male (moyenne altitude, longue endurance) européen touche en particulier à l'un des sujets les plus exclusifs des États, le renseignement, ce qui freine singulièrement l'objectif de synergie de « l'Europe des 28 ». Ce phénomène, qualifié dans la presse de « guerre des drones », témoigne de l'impossibilité des États-membres à faire face seuls ou d'un même front, à la concurrence américaine et israélienne.

Néanmoins, la concurrence internationale se fait de plus en plus rude et l'acquisition faite dernièrement par le Danemark, les Pays-Bas, le Royaume-Uni, l'Italie et la Belgique, d'avions de combat Lockheed Martin *F-35 Lightning II* américains au détriment d'avions européens, rappelle les limites de la coopération européenne aéronautique affectée par le marché de la concurrence et les alliances politiques et stratégiques. Il convient donc de fixer des règles et d'être proactif pour la mise en place d'une politique aéronautique et spatiale européenne, une condition *sine qua non* de l'autonomie stratégique européenne, à l'heure de la réaffirmation de pôles de puissance concurrentiels à l'échelle mondiale.

*

**

Le domaine aéronautique et spatial n'échappe pas à la dynamique constatée depuis quelques années sur les sujets de la défense et de la sécurité au sein de l'Union européenne. Il convient toutefois de rester lucide sur le niveau de son développement, intrinsèquement lié à la préservation des relations avec certains États tiers, au premier rang desquels figurent actuellement les États-Unis et demain les Britanniques, une fois jouée la séquence du *Brexit*. ♦

(2) MACRON Emmanuel, « Initiative pour l'Europe - Discours pour une Europe souveraine, unie, démocratique », La Sorbonne, 27 septembre 2017 (www.elysee.fr/).

Le paysage spatial militaire international : un bouleversement multipolaire entre ruptures technologiques et continuité de puissance

Olivier ZAJEC

| Maître de conférences en science politique à l'Université
Jean Moulin-Lyon III.

En janvier 2019, prenant pour modèle l'Agence spatiale européenne (*ESA*), l'Union africaine (*UA*) a annoncé au reste du monde sa volonté de créer une « Agence spatiale africaine » avec un siège en Égypte, pays dont le chef de l'État, le maréchal al-Sissi, préside l'UA depuis février 2019. Pour qu'une telle entité puisse fonctionner avec efficacité, un nombre important de difficultés diplomatiques internes à l'UA devra certes être aplani. Reste que le poids symbolique de l'annonce est, d'ores et déjà, extrêmement important : la mise en place de l'Agence spatiale africaine s'ajoute de fait aux nombreux signaux démontrant que la course stratégique à l'espace extra-atmosphérique ne semble plus réservée à un club restreint de pays technologiquement avancés. Cette évolution est d'autant plus signifiante que la « ruée » à laquelle on assiste ne se limite pas aux aspects civils du domaine spatial.

De par la nature intrinsèquement duale des investissements spatiaux, toute avancée technologique extra-atmosphérique est en effet susceptible de comporter une dimension militaire directe ou indirecte, que cet objectif soit reconnu ou non par les États concernés. Ainsi que le rappellent Damien GARDIEN, Béatrice HAINAUT et Patrick BOUHET dans un article de synthèse récent, « les premiers satellites de radionavigation par satellite, aujourd'hui d'un usage public incontournable (un standard de nos téléphones mobiles) – *GPS* et *GLONASS* – sont des programmes militaires »⁽¹⁾. Ainsi, et pour en rester à des exemples africains, les nouvelles capacités d'observation spatiale du Nigeria offrent à ses forces de sécurité la possibilité de disposer d'images satellitaires permettant à cet État de pourchasser « les djihadistes de *Boko Haram* ou les groupes insurrectionnels qui sévissent dans la région

(1) GARDIEN Damien, HAINAUT Béatrice et BOUHET Patrick, « La guerre dans l'Espace. Quelles possibilités dans un futur proche ? », *Défense et Sécurité Internationale (DSI)*, n° 135, mai-juin 2018, p. 77 (www.areion24.news/).

pétrolière du Delta, dans le Sud du pays » ⁽²⁾. De même, le satellite d'observation de la Terre *Mohammed VI-B*, lancé le 20 novembre 2017 par Arianespace pour le compte du Maroc depuis Kourou (Guyane), permet à Rabat de mieux gérer ses programmes d'aménagement du territoire mais aussi de sécuriser la surveillance de ses frontières dans un cadre régional des plus incertains.

Selon une expression consacrée, l'Espace apparaît donc – à première vue – de plus en plus « démocratisé » au plan international, y compris dans son volet militaire. Le domaine est-il pour autant sur la voie d'une véritable *égalisation stratégique*, qui verrait des *outsiders* audacieux rattraper le statut militaire extra-atmosphérique des puissances traditionnelles ? Il y a près de dix ans, certaines analyses, évoquant une « course à l'Espace multipolaire », se demandaient déjà dans quelle mesure « la fin des navettes spatiales et la crise financière » n'allaient pas sonner le glas de « l'hégémonie américaine sur l'Espace » ⁽³⁾. En la matière, il convient sans doute de se garder de certaines illusions d'optique. Si le nombre des nouveaux entrants a progressé de manière exponentielle depuis une décennie – avec des réalisations technologiques réellement significatives, à divers degrés – le bouleversement de la hiérarchie spatiale mondiale doit cependant être considéré avec prudence, en particulier dans le domaine des applications militaires. En la matière, la multipolarité n'est pas forcément le synonyme d'une réelle polyarchie.

Pour illustrer très synthétiquement les ruptures géopolitiques mais aussi les permanences de puissance du nouveau paysage spatial militaire mondial, nous traiterons ici, en premier lieu, des progrès et des initiatives des nouveaux acteurs du paysage extra-atmosphérique, avant de revenir dans une seconde partie conclusive sur les adaptations et les ruptures portées par les acteurs traditionnellement dominants du secteur, parmi lesquels les États-Unis, la Russie, la Chine, le Japon, l'Inde et l'Union européenne.

Progrès et initiatives des nouveaux entrants : une multipolarité effective mais encore limitée

L'activité spatiale, en particulier dans le domaine des applications militaires, apparaît particulièrement intense en Asie-Océanie. En dehors même des pays avancés que sont l'Inde, la Chine et le Japon, les principaux acteurs asiatiques émergents sont actuellement l'Australie, la Corée du Sud, les Émirats arabes unis, le Vietnam, la Corée du Nord, le Pakistan, Singapour, la Malaisie, Israël, l'Iran, et l'Indonésie. Dans ce groupe étoffé, et qui grossit désormais tous les ans, il convient sans doute de mettre à part les pays qui disposent de capacités autonomes de lancement, soit – pour le moment – la Corée du Nord, Israël et l'Iran. Ces trois pays

(2) CIYOW Yassin, « L'Afrique à la conquête de l'Espace », *Le Monde*, 26 avril 2019 (www.lemonde.fr/economie/article/2019/04/26/l-afrique-a-la-conquete-de-l-espace_5455038_3234.html).

(3) VERSCHUUREN Pim, « Géopolitique spatiale : vers une course à l'espace multipolaire ? », *Revue internationale et stratégique*, n° 84, avril 2011, p. 40-49 (www.cairn.info/revue-internationale-et-strategique-2011-4-page-40.htm).

partagent une caractéristique stratégique liée au nucléaire militaire, capacité qu'ils détiennent ou à laquelle ils sont soupçonnés d'aspirer (dans le groupe des émergents asiatiques à la fois spatiaux et nucléaires, seul le Pakistan, détenteur affiché de l'arme atomique depuis les essais de 1998, ne dispose pas encore de ses propres capacités d'accès autonome à l'Espace).

Israël, qui dispose de l'arme atomique sans le reconnaître officiellement, est un acteur spatial qui, pour n'être pas de premier rang, se détache néanmoins fortement dans le trio considéré. Les premières réalisations israéliennes dans le domaine de la reconnaissance satellitaire datent des années 1980 (programme *Ofeq*). Depuis, les progrès ont été fulgurants, en particulier en matière de satellites d'imagerie à haute résolution. La plupart ont été placés en orbite basse par le lanceur *Shavit*, basé sur le missile *Jéricho II*, depuis le site de Palmachim (sur la côte, dans le centre du pays). Malgré l'échec cuisant en avril 2019 du programme lunaire *Beresheet* (« Genèse » en hébreu), Tel Aviv, qui entretient dans le domaine des liens étroits avec les Américains et les Indiens, est plus que jamais désireux de conforter son avance régionale et de ne pas laisser l'Iran le rattraper sur le plan spatial.

En effet, Téhéran avance également dans le domaine spatial militaire. En 2003, une Agence spatiale nationale a été créée par les Iraniens, rattachée sur le plan du contrôle politique à un « Conseil suprême de l'Espace » dépendant du ministère des Technologies de l'information et de la communication. Malgré deux récents lancements iraniens avortés en janvier et février 2019, les chercheurs israéliens Kevjn LIM et Gil BARAM jugent de manière relativement alarmée dans *Foreign Policy* que la République islamique avancerait vers « la maîtrise de la dernière frontière »⁽⁴⁾, en particulier depuis le lancement autonome réussi du satellite *Omid* en 2009, suivi de quatre autres succès⁽⁵⁾.

Quant au très problématique cas nord-coréen, si l'actualité des négociations entre Donald Trump et Kim Jong-un donne un relief accusé à un volet balistique qui retient l'attention des médias, sa dimension spatiale, extrêmement active, est moins mise en lumière. Après trois échecs en 2006, 2009 et début 2012, un premier satellite nord-coréen a pourtant été mis en orbite avec succès en décembre 2012, et ce de manière autonome. Le lanceur utilisé (*Unha-3*) serait un dérivé du missile intercontinental *Taepodong-2*. Selon le rapport *Space Threat Assessment 2018* du *Center for Strategic and International Studies (CSIS)*, la Corée du Nord n'aurait pas encore développé d'armes antisatellites, même si ses capacités de tirs cinétiques directs pourraient progresser dans la décennie à venir⁽⁶⁾.

(4) LIM Kevjn et BARAM Gil, « Iran Is Mastering the Final Frontier », *Foreign Policy*, 14 mars 2019 (<https://foreignpolicy.com/2019/03/14/iran-is-mastering-the-final-frontier/>).

(5) *Omid* (qui signifie « espoir » en farsi) a été mis en orbite par le lanceur *Safir* (« ambassadeur »). Les nouveaux lanceurs iraniens *Simorgh*, apparus en 2010, semblent basés sur le modèle du *Nodong* nord-coréen.

(6) « North Korea Overall Space Capabilities » in HARRISON Todd, JOHNSON Kaitlyn et ROBERTS Thomas G., *Space Threat Assessment 2018*, CSIS Aerospace Security Project, avril 2018, p. 20 (<https://aerospace.csis.org/wp-content/uploads/2019/04/SpaceThreatAssessment2019-compressed.pdf>).

Les autres *outsiders* asiatiques, s'ils ne sont pas aussi immédiatement désireux de jouir d'une réelle autonomie en matière de lancement, n'en démontrent pas moins des capacités de niche de plus en plus impressionnantes. L'Australie, qui ne disposait pas d'agence spatiale nationale jusqu'en 2018, annonce désormais vouloir doubler le nombre des employés de ce secteur d'ici 2030. Un récent accord signé avec Boeing doit permettre au spatial australien de se développer, en particulier dans le domaine de la navigation par satellite et de la surveillance extra-atmosphérique ⁽⁷⁾. Le programme spatial militaire de Corée du Sud n'a, quant à lui, véritablement débuté qu'en 2006, avec le lancement d'un premier satellite de communication. Le très récent *projet 425*, composé de quatre satellites d'observation radar et d'un satellite d'observation optique, illustre les ambitions grandissantes de Séoul dans le domaine du renseignement spatial, même si les capacités de lancement sollicitées restent externes (en particulier *via* les services d'Arianespace). Appuyé sur des champions industriels locaux comme Korea Aerospace Industries, l'effort national n'en est pas moins résolument orienté vers l'acquisition d'une autonomie stratégique complète. Si le lancement dépendait jusqu'ici de technologies russes, Séoul a testé avec succès, en novembre 2018, un moteur de fusée pour son lanceur 100 % national de trois étages, le *Korea Space Launch Vehicle-2 (KSLV-2)*, prévu pour 2021.

Singapour, la Malaisie, l'Indonésie et le Vietnam, bien qu'en progrès, ne sont pas au même rang que l'Australie et la Corée du Sud. L'Indonésie se distingue par l'ancienneté de son programme spatial fondé dans les années 1960, mais semble actuellement dépassée par les progrès du Vietnam. Nouveau venu dynamique, celui-ci comptait jusque-là sur les États-Unis, la France et la Belgique pour produire ses satellites, mais il a annoncé en 2017 sa volonté de produire son propre programme de manière autonome à partir de 2022. Hanoï ne cache pas le caractère militaire assumé de ses projets, justifiés par l'inquiétude croissante que lui inspire l'impressionnant décollage spatial chinois. Un axe géopolitique de coopération spatiale semble d'ailleurs se développer actuellement entre Vietnamiens, Indonésiens et Indiens, qui partagent vis-à-vis de Pékin des sentiments allant de la défiance prudente à la méfiance proclamée ⁽⁸⁾. La Malaisie suit le même chemin que le Vietnam depuis la mise sur pieds de son agence spatiale en 2002. Elle multiplie les coopérations internationales pour progresser dans le domaine des communications (flotte *MEASAT*, en partenariat avec Boeing). Dans ce groupe d'*outsiders* membres de l'*ASEAN*, Singapour est sans doute l'acteur qui se détache le plus actuellement, en raison d'un investissement à fort effet de levier dans les technologies spatiales innovantes ⁽⁹⁾. Appuyé sur une trentaine de sociétés et des universités dynamiques disposant de programmes satellitaires, au premier rang

(7) WEITERING Hanneke, « Looking Up from Down Under: Australia Partners with Boeing to Boost Its Young Space Program », *Space.com*, 13 avril 2019 (www.space.com/boeing-partners-with-australian-space-agency.html).

(8) En 2018, l'Inde et le Vietnam ont signé un mémorandum de coopération pour améliorer leurs liens dans le domaine spatial.

(9) Cf. SARMA Nandini, *Southeast Asian space programmes: Capabilities, challenges and collaborations*, ORF (Observer Research Foundation) Special Report, 7 mars 2019 (www.orfonline.org/).

Le paysage spatial militaire international :
un bouleversement multipolaire entre ruptures technologiques et continuité de puissance

desquels celui du *Satellite Research Centre* de l'Université de technologie de Nanyang, le secteur spatial local est en constante ébullition depuis 2013. L'un des objectifs de la cité-État insulaire semble être de se positionner sur le créneau des micro- et nano-satellites, et à terme de les mettre en orbite avec ses propres lanceurs légers, en profitant de sa position favorable proche de l'Équateur ⁽¹⁰⁾. À l'autre extrémité du *Rimland* eurasien, les Émirats arabes unis émergent quant à eux comme le joueur le plus audacieux de la géopolitique spatiale moyen-orientale ⁽¹¹⁾. *KhalifaSat*, premier satellite construit en autonome, a été lancé en octobre 2018 par la fusée japonaise *H2*. Quant au Plan national pour la promotion des investissements spatiaux, annoncé fin janvier 2019, il n'est que la dernière étape d'une planification volontariste qui a vu Abou Dhabi fixer à 2020 le lancement d'une première mission orbitale martienne !

Sur d'autres continents, hors Occident, les progrès sont plus contrastés. Comparée aux tigres asiatiques, l'Amérique du Sud ne compte pas encore de véritables « jaguars » du spatial, en dehors du Brésil, volontaire et constant dans le domaine, qui vient d'organiser en 2018 une Commission de développement de son programme spatial pour mieux structurer l'émergence d'un nouveau *continuum* d'innovation entre ses acteurs publics et privés. L'Armée de l'air brésilienne, qui coordonne les efforts dans le domaine, y joue un rôle majeur. L'Afrique, on l'a vu en introduction, investit sur le plan symbolique avec son initiative panafricaine, même si les programmes les plus concrets sont aujourd'hui conduits au niveau national, du Nigeria au Maroc en passant par le Kenya.

Tous ces émergents progressent donc dans le domaine spatial *via* l'utilisation de leurs propres satellites, la production prochaine de leurs propres lanceurs ou le développement de programmes spatiaux de défense de plus en plus ambitieux. Pour autant, ils restent pour l'immense majorité dépendants des lanceurs contrôlés par d'autres puissances. Pour quelques années encore, les services d'accès à l'Espace offerts par les Américains, les Russes, les Européens ou les Indiens apparaissent donc difficilement contournables. Le premier satellite tunisien, baptisé *Challenge One*, qui sera opérationnel en 2020, en est l'un des exemples. Le programme, très ambitieux, prévoit de rattacher à ce premier élément une future constellation de trente satellites, qui œuvreraient entre autres dans le domaine de la sécurité. Reste que ce lancement sera réalisé grâce aux services de la société russe *GKLaunchServices*, elle-même rattachée à l'agence spatiale russe *Roskosmos* ⁽¹²⁾.

Du point de vue de l'accès orbital, les entreprises du *New Space* offrent bien entendu aux *outsiders* du spatial une alternative intéressante, y compris pour des

(10) TEO Gwyneth, « Singapore companies shoot for the stars as space technology gets more accessible », *Channel News Asia (CNA)*, 5 juin 2018 (www.channelnewsasia.com/).

(11) FOUST Jeff, « UAE to establish Space Investment Plan », *Space News*, 22 janvier 2019 (<https://spacenews.com/uae-to-establish-space-investment-plan/>).

(12) « Le premier satellite tunisien sera lancé par une fusée russe en 2020 », *Agence Afrique*, 2 avril 2019 (www.agenceafrique.com/16232-le-premier-satellite-tunisien-sera-lance-par-une-fusee-russe-en-2020.html).

programmes d'utilisation militaire de l'Espace. Mais bien qu'ils soient privés, ces nouveaux acteurs, en majorité américains, entretiennent un lien stratégique extrêmement fort avec Washington, qui peut influencer sur leurs choix de clientèle. On peut donc penser que le changement réel dans la hiérarchie géopolitique spatiale internationale viendra surtout de l'autonomisation des bases industrielles et technologiques spatiales propres aux *outsiders* étatiques. En Asie, en Amérique du Sud et en Afrique, la nouvelle géopolitique du spatial, qui commence à être refaçonée par les acteurs émergents rapidement décrits dans cette première partie, dépendra tout autant de la démocratisation technologique impulsée par un *New Space* pour le moment très occidental, que d'une quête d'autonomie propre aux États émergents qui souhaiteront s'appuyer sur des coopérations régionales comme sur les opportunités du développement privé pour renforcer leur liberté d'action stratégique souveraine.

L'infléchissement multipolaire des équilibres de puissance extra-atmosphérique sera donc progressif. Et le « rattrapage spatial » souvent prédit sera en réalité d'autant plus incrémental qu'il devra tenir compte des progrès simultanés des acteurs traditionnels du paysage spatial militaire. Ceux-ci ne sont nullement les spectateurs passifs d'un bouillonnement multipolaire qu'ils se contenteraient d'observer. Ils progressent au contraire à grandes enjambées, soucieux de conserver une avance significative ou – pour ce qui concerne les États-Unis – de sécuriser une domination sans partage de la nouvelle frontière stratégique en devenir.

Les progrès des acteurs spatiaux dominants : la vraie rupture ?

L'échiquier de puissance du XXI^e siècle a définitivement vu s'imposer un quatrième milieu stratégique qui ne se contente plus de fournir des services de soutien aux trois premiers (air, terre, mer), mais qui se place désormais au même niveau qu'eux, parce qu'il est précisément devenu en lui-même un théâtre de conflits potentiels. C'est la prise de conscience de cette nouvelle réalité qui entraîne une intensification générale des ambitions spatiales, dont nous avons décrit très sommairement le dynamisme foisonnant. Pour autant, cette nouvelle configuration stratégique du paysage spatial international, certes conditionnée par l'irruption de nouveaux acteurs, demeure orientée au premier chef par les progrès des grandes puissances du domaine que restent les États-Unis, la Russie, la Chine, le Japon, l'Inde et l'Union européenne. Ce sont les rivalités géopolitiques entre ces acteurs de premier rang qui motivent et sous-tendent les déplacements des nouvelles pièces d'un échiquier spatial militaire dont la démocratisation technologique indubitable n'entraîne pas fatalement l'égalisation effective de puissance.

En Asie, la rivalité politique entre Chine et Japon est ainsi l'un des moteurs d'une nouvelle course spatiale entre acteurs de premier rang. Les joueurs secondaires sont priés de se réaligner sur les deux chefs de file autoproclamés, comme l'illustre

la création récente de deux instances régionales de coopération spatiale respectivement soutenues par Tokyo et Pékin, et forcément rivales dans les faits, l'*Asia-Pacific Regional Space Agency Forum (APRSAP)* d'une part, et l'*Asia-Pacific Space Cooperation Organization (APSCO)* d'autre part ⁽¹³⁾. L'Inde, qui est peut-être l'acteur spatial « traditionnel » qui enregistre les progrès les plus significatifs depuis un an, refuse cette dichotomie et présente une alternative de puissance et d'influence autonome de plus en plus crédible au niveau régional, notamment en entamant l'année 2019 en fanfare, avec le lancement réussi de deux satellites de surveillance en janvier, dont l'un aurait ensuite joué un rôle dans le retentissant – et très controversé – test antisatellite conduit le 27 mars. Ce signal d'affirmation stratégique – adressé en particulier au rival régional chinois – n'est que le début d'une série de lancements qui devraient rythmer 2019 sur un mode résolument militaire, avec la mise en orbite de nouveaux satellites de surveillance dont les séries *Radar Imaging Satellite (RISAT)* et *CartoSAT-3*. La Russie, forte d'un très robuste héritage scientifique dans le domaine, apparaît, elle aussi, en pleine relance extra-atmosphérique, avec une posture extrêmement offensive. La géopolitique spatiale eurasiatique, que nous ne pouvons malheureusement développer davantage ici, donne ainsi à voir une dynamique volontariste, innovante, où la Chine joue sans nul doute le rôle d'aiguillon stratégique majeur.

L'aspect centralisateur étatique n'est pas seul à rentrer en ligne de compte dans cette relance généralisée. Les acteurs privés du domaine spatial se développent en effet rapidement en Inde, au Japon et en Chine. Le *New Space* ne se limitera pas longtemps aux cas emblématiques des entrepreneurs américains Bezos (Blue Origin) ou Musk (Space X), et l'on verra sans doute assez rapidement s'illustrer des tycoons chinois ou indiens porteurs d'une vision non moins ambitieuse et disruptive. À l'instar du cas américain, les liens d'intérêt stratégique bien compris entre les visionnaires privés de ce *New Space* eurasiatique et les États qui les accueilleront et les sponsoriseront seront sans doute extrêmement étroits...

L'émulation concurrentielle qui semble conditionner la relance des aspects militaires et sécuritaires spatiaux chez les grandes puissances eurasiatiques contraste dans une large mesure avec l'aspect déséquilibré qu'offre le duo occidental constitué des États-Unis et de l'Union européenne. À Washington, on assiste en effet à un renouveau conceptuel, doctrinal, technologique, capacitaire et économique, d'une ampleur sans équivalent depuis la rupture qu'avait constitué l'objectif de « suprématie spatiale » développé au début des années 2000 par l'Administration Bush. Une stratégie globale de domination spatiale, fondée sur le concept d'*overmatch* décliné à l'envi dans la nouvelle *National Security Strategy* ⁽¹⁴⁾ de l'Administration Trump, semble présider à cette vision musclée dont l'annonce de la création d'une

(13) « Asia in space: Cooperation or conflict? », ORE, 11 octobre 2018 (www.orfonline.org/research/asia-in-space-cooperation-or-conflict-44890/).

(14) *National Security Strategy of the United States of America*, décembre 2017 (www.whitehouse.gov/wp-content/uploads/2017/12/NSS-Final-12-18-2017-0905.pdf).

nouvelle « armée spatiale » ne constitue que l'un des aspects structurels les plus visibles. Avec cette relance, dont il faudra suivre avec attention les réalisations effectives, les États-Unis semblent donc promettre de rester l'acteur dominant du domaine spatial militaire, pour quelques décennies du moins.

Quant à l'Union européenne, elle constitue l'exception relative d'un peloton de premier rang uniformément dynamique. Elle tient certes son rang du point de vue des avancées spatiales duales, comme le démontre l'arrivée tant attendue de Galileo, et elle peut compter sur des acteurs industriels solides et innovants. Reste qu'en dehors du cas français marqué par un réalisme spatial politiquement assumé, et d'une Allemagne de plus en plus ambitieuse, elle semble encore hésiter à tirer toutes les conséquences des bouleversements induits non seulement par la multiplication d'acteurs secondaires avides de rattrapage stratégique mais aussi, et ceci est sans doute plus fondamental, par les sauts quantiques des puissances spatiales traditionnelles. Cette problématique nécessiterait à elle seule une étude exhaustive. Disons simplement que sans prise de conscience continentale plus volontariste concernant – entre autres – la surveillance de l'Espace ou la mise sur pied de capacités de dissuasion spatiale effectives, il se pourrait éventuellement que l'UE se retrouve prise dans le pire des scénarios, celui d'un décrochage du groupe de premier rang, qui se cumulerait avec un rattrapage inéluctable par les plus dynamiques des acteurs du second rang du nouvel échiquier spatial international. Pour les Européens, il s'agit d'éviter l'un et de retarder l'autre.

L'enjeu est bien ici celui d'un sursaut commun pour continuer à peser politiquement et stratégiquement en relayant les indispensables efforts de chaque Nation de l'Union sur le plan spatial militaire. ♦

La géopolitique aérienne et le destin de l'Europe

Jérôme DE LESPINOIS

Lieutenant-colonel, Centre des études, du rayonnement et des partenariats de l'Armée de l'air (Cerpa).

L'amiral Mahan et Halford Mackinder ont théorisé en leur temps les bouleversements géopolitiques apportés par l'apparition du transport maritime et de la voie ferrée. L'essor prodigieux de l'aviation a lui aussi modifié les rapports de puissance entre États. C'est après la Seconde Guerre mondiale – du fait de l'accélération formidable donnée par celle-ci au progrès technique – que l'aviation a commencé à transformer les relations internationales. Raymond Aron souligne par exemple ⁽¹⁾, dès les années 1950, l'extension du champ diplomatique induite par l'apparition de bombardiers atteignant la vitesse du son et ayant un rayon d'action de plusieurs milliers de kilomètres. La possibilité pour les États d'exercer leur influence politique ou leur puissance militaire à des milliers de kilomètres de leur territoire a alors révolutionné le champ des relations interétatiques et permis la construction de constellations diplomatiques inédites.

L'aviation a en particulier donné à quelques États les moyens modernes de mener une politique mondiale. La marine constituait depuis des siècles l'outil privilégié des États pour étendre leur commerce et leur influence, et parfois pour établir de vastes empires. À certains égards, au cours de l'Entre-deux-guerres et puis après la Seconde Guerre mondiale, l'aviation remplace la marine comme outil de puissance sur la scène internationale.

Le général Gallois définissait la géopolitique comme « l'étude des relations qui existent entre la conduite d'une politique de puissance portée sur le plan international et le cadre géographique dans lequel elle s'exerce » ⁽²⁾. Nouveau moyen d'influence et de coercition, la puissance aérienne bouleverse le cadre géopolitique ancestral en instaurant un ordre spatio-temporel neuf. Cela ne veut pas dire qu'elle change la nature de celui-ci mais qu'elle instaure un nouveau paradigme. D'ailleurs, les premiers géographes à s'intéresser aux changements provoqués par l'apparition de l'avion publient des cartes isochrones initialement éditées dans les années 1880

(1) ARON Raymond, « De l'analyse des constellation diplomatiques », *Revue française de science politique*, 1954, vol. 4, n° 2, p. 237-251.

(2) GALLOIS Pierre-Marie, *Géopolitique : les voies de la puissance*, L'Âge d'homme, 1990, p. 37.

pour représenter la contraction de l'espace-temps par l'emploi du transport maritime ⁽³⁾.

Cet article n'a pas pour ambition de revenir sur l'histoire de la transformation des relations internationales par l'avion, mais de rappeler les caractéristiques majeures de ce nouvel instrument de puissance, puis de dessiner les grands ensembles mondiaux actuels et, enfin, d'esquisser l'enjeu européen dans la dynamique des rapports de puissance dans le domaine aérien.

La puissance pacifique ou coercitive de l'aviation

Ce nouvel outil de puissance politique est développé par les principaux États avant la Seconde Guerre mondiale. Les États autoritaires comme les États démocratiques organisent de nombreuses démonstrations afin de manifester leurs capacités aériennes. Une des plus spectaculaires est la croisière aérienne du maréchal Italo Balbo qui emmène depuis Rome 24 hydravions Savoia-Marchetti jusqu'à Chicago. Le 15 juillet 1933, jour où les aviateurs fascistes se posent sur le lac Michigan, Mussolini signe à Rome le pacte à Quatre avec l'Allemagne, la Grande-Bretagne et la France pour instituer, sur sa proposition, une sorte de directoire européen pour régler entre les principales puissances d'Europe occidentale toutes les grandes questions politiques. La date a été soigneusement choisie. Elle illustre parfaitement les liens entre puissance aérienne et influence diplomatique. D'autres exemples pourraient être cités : la croisière Noire des 30 avions Potez du général Vuillemin en Afrique en novembre 1933, le record obtenu sur le trajet Tokyo-Londres par un avion Mitsubishi en avril 1937, la démonstration aérienne faite par les tout nouveaux bombardiers Boeing *B-17 Flying Fortress* lors d'une tournée en Amérique latine en février 1938 ou le raid Berlin–New York du quadrimoteur allemand Focke Wulf *Fw 200 Condor* en août 1938.

Ces démonstrations illustrent le concept de puissance aérienne que le général William Mitchell définit comme « la capacité à agir dans les airs » : « Cela consiste à transporter toute sorte de choses par avion d'une place à une autre et comme l'air couvre la terre entière, il n'y a aucun lieu qui peut s'affranchir de l'influence que peut produire un avion » ⁽⁴⁾. Cette influence peut être d'ordre pacifique et se limiter à l'économie, la société ou la diplomatie mais elle peut également être coercitive en utilisant la violence armée. L'influence civilisatrice de l'aviation est très vite apparue dès les débuts du plus lourd que l'air à l'orée du XX^e siècle. Elle reste très présente dans les esprits malgré la peur d'un « *knock-out blow from the air* » essentiellement répandue au Royaume-Uni dans l'Entre-deux-guerres. Le magazine *Fortune* publie par exemple en avril 1943 un article intitulé « The Logic of the Air » dans lequel

(3) BRETAGNOLLE Anne, « De la théorie à la carte : histoire des représentations géographiques de l'espace-temps », in VOLVEY Anne, *Échelles et temporalités*, Atlande, 2005, p. 55-60.

(4) Cité par COOPER John C., « The Fundamentals of Air Power » in EMME Eugene M., *The Impact of Air Power*, Princeton, D. van Nostrand Company, 1959, p. 128.

il décrit l'avion comme un instrument de paix et de prospérité : « La logique de l'air est fondée sur le fait que l'air est un océan d'eau bleue auquel chaque Nation peut potentiellement accéder pour commercer tous azimuts et faire de la haute stratégie. L'ancienne idée induisant la fausse représentation d'un monde divisé entre la terre et la mer apparaît aussi démodée que la muraille de Chine »⁽⁵⁾.

Mais, pendant que *Fortune* dresse ces perspectives pacifiques et doucement utopiques, la 8^e *Air Force* et le *Bomber Command* s'appêtent à lancer la plus féroce attaque aérienne de tous les temps en déclenchant une tempête de feu sur Hambourg grâce à un savant dosage entre bombes explosives et charges incendiaires. Cinquante ans plus tard, abandonnant les bombardements de zone et privilégiant le ciblage des centres de gravité de l'adversaire avec des munitions guidées avec précision, l'aviation obtient un succès spectaculaire contre l'Irak en 1991 et encore contre la Serbie, en 1999, lors de l'opération *Allied Force* qui voit l'emploi quasi exclusif de la puissance aérienne pendant une campagne de 78 jours de bombardement.

Mais aujourd'hui, ce sont les aspects pacifiques, économiques et sociaux, qui apparaissent comme les plus significatifs. Sous sa forme civile, l'aviation constitue, en effet, un puissant secteur économique tant dans le domaine industriel – avec de grands groupes aéronautiques – que commercial – avec les compagnies aériennes. Mais surtout le transport aérien est devenu un puissant catalyseur du « village global » et de la société mondialisée et connectée en favorisant les échanges économiques, sociaux et culturels. Selon la Banque mondiale⁽⁶⁾, le nombre de personnes transportées annuellement par avion a été multiplié par 12,8 entre 1970 et 2015 passant de 310 millions à 3,9 milliards tandis qu'au cours de la même période le fret aérien a été multiplié par 13,3 en passant de 16 à 214 Mds de tonnes-kilomètres. Aucun autre moyen de transport, qu'il soit terrestre ou maritime, n'a vécu une telle transformation. Le transport maritime mondial a « seulement » été multiplié par 3 de 1970 à 2008 en passant de 2,5 Mds de tonnes chargées à 8,3 Mds et les projections pour 2020 annoncent 14 à 15 Mds de tonnes⁽⁷⁾. En ce qui concerne le trafic aérien mondial, la progression annuelle est estimée à 6 %, ce qui porterait le nombre de passagers à 6 Mds à l'horizon 2030 avec 60 millions de vols. Il ne s'agit pas de comparer ces chiffres qui correspondent à des réalités économiques différentes mais si l'on a pu dire que la mondialisation est une maritimisation, il faut bien reconnaître qu'elle est tout autant une « aérianisation » et que l'ampleur des transformations induites affecte le secteur aérien comme le secteur naval.

(5) VLECK (VAN) Jenifer, *Empire of the Air. Aviation and the American Ascendancy*, Harvard University Press, Cambridge, 2013, p. 3.

(6) Données de l'Organisation de l'aviation civile internationale (OACI) disponibles sur le site de la Banque mondiale (<https://data.worldbank.org/>).

(7) COMMISSION DES AFFAIRES ÉTRANGÈRES, DE LA DÉFENSE ET DES FORCES ARMÉES, *La Maritimisation (Rapport d'information n° 674)*, Sénat, 17 juillet 2012, p. 14-15 (www.senat.fr/rap/r11-674/r11-6741.pdf).

Une distribution asymétrique de la puissance aérienne

L'expression de la puissance aérienne d'une Nation est duale (aspect civil et aspect militaire) comme l'ont montré le général Paul JACQUIN dans une conférence de 1948 ⁽⁸⁾ et, plus récemment, le général Stéphane ABRIAL dans le Concept de l'Armée de l'air publié en 2006. Schématiquement, elle apparaît aujourd'hui répartie entre deux pôles géographiques principaux – États-Unis et Europe – puis éparpillée entre d'autres centres secondaires (Russie, Chine, Inde, Japon, Turquie, Israël, Corée du Sud, Canada, Brésil...), chacun disposant de caractéristiques propres : volume de la flotte commerciale, militaire ou de tourisme ; existence de constructeurs nationaux pour les cellules, les moteurs, les équipements ; importance de l'infrastructure aéroportuaire ; présence d'écoles d'ingénieur aéronautique, de pilotage, de techniciens ; soutien populaire à travers le tissu associatif et la culture aéronautique ; etc.

Les États-Unis apparaissent comme la première puissance aérienne depuis 1945. Dans son ouvrage sur l'aviation et la prépondérance américaine, Jenifer VAN VLECK définit parfaitement le rôle de l'aviation dans la construction impériale américaine à partir des années 1940 : « Les politiques internationales en matière d'aviation formulées à l'issue de la guerre permirent aux États-Unis de développer la liberté du commerce à travers la doctrine de "la porte ouverte" au moyen des lignes aériennes commerciales et, en conséquence, les cieux devinrent le circuit de la puissance mondiale américaine. Au cours de la guerre froide, les nécessités de la défense nationale fournirent des crédits publics réguliers à l'industrie aérospatiale, les lignes aériennes facilitèrent les flux internationaux de crédits américains, des biens de consommation, des touristes, des conseillers techniques et des armements » ⁽⁹⁾.

L'aviation joue donc un rôle considérable dans la constitution de la sphère d'influence américaine pendant la guerre froide d'autant plus que cet ascendant s'étend principalement sur le Rimland qui se situe à des distances parfois considérables du territoire américain et qui peut certes être atteint par voie maritime mais beaucoup moins rapidement que par voie aérienne. Le général Curtis LeMay, chef d'état-major de l'*USAF* de 1961 à 1964, traduira cette « logique de l'air » en termes militaro-messianiques en affirmant : « Si nous maintenons notre foi en Dieu, l'amour de la liberté et une puissance aérienne mondiale supérieure, l'avenir des États-Unis s'annonce radieux » ⁽¹⁰⁾.

Dominante depuis la guerre froide, l'aviation américaine occupe tout l'éventail de la puissance aérienne. Ce n'est pas le cas de l'Europe qui reste une puissance aérienne incomplète dont la force réside principalement dans le succès

(8) Général Paul JACQUIN, « La notion de puissance aérienne », *Stratégie*, n° 64, 1996, p. 53-84.

(9) VLECK (VAN) Jenifer, *op. cit.*, p. 7.

(10) ENGEL Jeffrey A., *Cold War at 30,000 feet: Anglo-American Technology Controls, Aircraft Sales and Trading with the Enemy at the Dawn of the Jet Age*, University of Wisconsin, Madison, 2001, p. 27.

industriel d'Airbus qui construit la moitié des avions de ligne produits dans le monde et de quelques fleurons comme Dassault, Safran, Rolls Royce, Saab, Thales, Leonardo, etc., et dans celui de ses compagnies aériennes commerciales. Ces succès restent cependant fragiles, tout comme l'ensemble du secteur. Un rapport du Commissariat à la stratégie et à la prospective avait ainsi souligné en 2013 le risque de disparition des compagnies européennes du fait de la transformation du marché du transport aérien ⁽¹¹⁾.

Aujourd'hui, la répartition mondiale de la flotte commerciale apparaît relativement équilibrée entre Asie (30 %), Amérique du Nord (30 %) et Europe (20 %). D'ici 20 ans, la flotte devrait avoir doublé de taille et peu à peu de grands déséquilibres régionaux se creuseront probablement entre la flotte de la région Asie-Pacifique (37 %) et les deux autres pôles mondiaux dont la part relative stagnera ou régressera.

Évolution de la répartition mondiale de la flotte commerciale

	Asie-Pacifique	Amérique du Nord	Europe	Amérique latine	Moyen-Orient	Russie et Asie centrale	Afrique	Total
2017	7 360	7 210	4 900	1 560	1 500	1 180	690	24 400
2037	18 200	10 390	8 880	3 580	3 890	1 970	1 630	48 540

Cependant, le basculement du centre de gravité de la flotte commerciale mondiale vers l'Asie-Pacifique reflète avant tout le développement de la puissance économique chinoise. Les grands équilibres dans la production aéronautique mondiale ne sont pas bouleversés. Depuis les années 1980, l'Europe et les États-Unis représentent 70 % de la production aéronautique mondiale d'avions de ligne et cette prédominance est appelée à se perpétuer et même à se renforcer à moyen terme puisqu'en 2025 Boeing et Airbus devraient contrôler respectivement 40 % et 38 % de la production d'avions commerciaux dans le monde. La Comac chinoise, créée en 2008 pour fabriquer des avions de ligne, ne devrait représenter qu'1 % du marché des avions civils en partie grâce à la production de son *C919*, avion monocouloir concurrent de l'*A320* ou du *B-737*, dont l'essentiel des composants est fourni par des sociétés occidentales.

Une puissance aérienne européenne incomplète

L'Europe est donc appelée à rester un centre majeur de la production aéronautique mondiale dans le secteur civil. L'enjeu réside dans l'ajout d'une composante militaire afin d'en faire une puissance aérienne globale. Or, pour le

(11) ABRAHAM Claude, *Les compagnies aériennes européennes sont-elles mortelles ? Perspectives à vingt ans*, Commissariat à la stratégie et à la prospective, 2013 (www.ladocumentationfrancaise.fr/var/storage/rapports-publics/134000597.pdf).

moment, l'aviation au niveau européen est purement envisagée sur le plan civil et commercial comme l'illustre la publication, en décembre 2015, par la Commission européenne d'une stratégie de l'Union européenne pour le secteur de l'aviation qui ne concerne que les compagnies aériennes, les infrastructures et l'organisation du marché ⁽¹²⁾.

La flotte aérienne militaire (avions et hélicoptères) européenne, au sens large – les 41 membres de la Conférence européenne de l'aviation civile (Turquie, Géorgie, Arménie et Azerbaïdjan compris) –, reste cependant comparable en volume à celle des États-Unis.

Flotte militaire européenne en 2013 ⁽¹³⁾

	Avions de combat	Avions de transport, ravitailleurs	Avions légers, drones	Hélicoptères	Garde-côtes	Total
CEAC	3 365	949	1 390	3 733	-	9 437
États-Unis	3 393	2 264	2 778	5 277	200	13 912

Cette comparaison en volume n'est qu'une indication partielle et ne reflète pas réellement les capacités aériennes européennes. Le faible nombre d'avions de soutien (transport et ravitailleur) et de drones illustre d'ailleurs le caractère déséquilibré des forces aériennes européennes. En outre, il s'agit d'une simple addition de vecteurs de différents pays d'un ensemble géographique qui n'est pas militairement unifié. Il faut ajouter que plus de 40 % des avions des armées de l'air des 28 pays de l'Union européenne ont été construits en dehors de celle-ci, pour l'essentiel aux États-Unis. Cette dépendance s'explique en grande partie par la faiblesse de l'industrie aéronautique militaire européenne. En effet, tandis que l'industrie aéronautique américaine a produit, en 2017, 538 avions ou hélicoptères militaires ⁽¹⁴⁾, la production européenne ne s'élève qu'à environ cent-cinquante appareils. Enfin, pour illustrer la faiblesse de l'Europe dans le domaine de l'aviation militaire, il suffit de préciser que sur les 14 700 avions de combat en service dans le monde, 32 % sont d'origine américaine (*F-5*, *F-16*, *F-15*, *F-18*), 30 % russe (*MiG-21* et *MiG-29*, *Su-27/30*) et 6 % chinoise (*F-7* et *J-7*).

En regard de cela, l'accroissement des flottes aériennes militaires n'a pas lieu en Europe ou en Amérique du Nord – où elle stagne pour la première et décroît pour la seconde – mais en Asie qui non seulement capte une part croissante des flottes commerciales mais développe considérablement sa flotte militaire. La croissance de l'aviation militaire (combat, transport, ravitaillement, entraînement,

(12) *Une stratégie de l'aviation pour l'Europe*. SWD(2015) 261 final (<http://eur-lex.europa.eu/>).

(13) EUROCONTROL, Military Statistics, 2014, Version 1.0 (www.eurocontrol.int/sites/default/files/publication/files/2014-military-statistics.pdf).

(14) AEROSPACE INDUSTRIES ASSOCIATION, 2018 *Facts and figures*. *US Aerospace and Defense*, p. 4-5.

hélicoptères) pour la zone Asie-Pacifique était estimée à 1 % en 2015, 2 % en 2016 et 4 % en 2018.

Il faut cependant hiérarchiser les capacités aériennes mises en œuvre par les différents États. Certains disposent de capacités essentiellement défensives qui consistent à interdire l'accès à leur espace aérien, d'autres détiennent des capacités de projection de force ou de puissance. Il faut donc distinguer des puissances régionales – des États disposant de la faculté à employer une force aérienne à l'intérieur de leur espace aérien et à proximité immédiate de leurs frontières – et des puissances mondiales – des États disposant de moyens aériens capables de projeter au-delà de leur espace régional de la puissance ou une force aéromaritime ou aéroterrestre.

*

**

Alors que la puissance aérienne est en cours de redistribution et que les grands équilibres géopolitiques mondiaux sont rebattus, l'Europe apparaît donc comme une zone relativement dépourvue en aviation de combat. Dotée aujourd'hui d'environ 2 000 avions de chasse, elle ne peut que difficilement envisager des opérations aériennes extrêmement longues, ni exagérément coûteuses. En effet, au bout de 11 jours, une telle force aérienne opérant deux sorties par jour avec un taux d'attrition de 3 % aura perdu 1 000 avions et, après un mois, il ne restera que 300 avions en ligne.

Dans ce contexte élargi au fait que « le programme *JSF/F-35* a considérablement fragilisé l'autonomie industrielle de l'Europe dans le domaine de l'aviation de combat »⁽¹⁵⁾, le projet franco-allemand de *New Generation Fighter (NGF)* auquel s'est rallié l'Espagne apparaît comme de nature à sauvegarder la puissance aérienne européenne d'un affaiblissement fatidique. Car comme l'a affirmé l'*Air Chief Marshal* Arthur Tedder, adjoint d'Eisenhower en 1944 et chef de la *Royal Air Force* de 1946 à 1950 : « La puissance aérienne est le facteur dominant de ce monde moderne et quelles que soient les méthodes par lesquelles elle sera utilisée dans l'avenir, elle restera l'élément essentiel aussi longtemps que la force restera déterminante dans la destinée des Nations »⁽¹⁶⁾. ♦

(15) ACADEMIE DE L'AIR ET DE L'ESPACE, *Quel avenir pour l'industrie européenne d'aviation de combat ? Vers une mort annoncée ?*, 2011, 4 pages (www.europarl.europa.eu).

(16) TEDDER Arthur (*Air Marshal*), « La Puissance aérienne dans les opérations de guerre » (1947) in LESPINOIS (DE) Jérôme, *Anthologie mondiale de la stratégie aérienne*, La Documentation française, à paraître en 2019.

L'opération *Hamilton*... démonstration stratégique et puissance aérienne

Éric MOYAL

Lieutenant-colonel, Centre des études, du rayonnement et des partenariats de l'Armée de l'air (Cerpa).

Il y a un an, dans la nuit du 13 au 14 avril 2018, Washington, Londres et Paris lançaient *Hamilton*, une opération sous commandement de la France pour détruire le stock d'armes chimiques de Bachar El-Assad. Ces frappes punitives dans la profondeur du territoire syrien répondaient à une nouvelle attaque du régime contre les populations civiles de Douma le 7 avril, dont la France, les États-Unis, et le Royaume-Uni avaient prévenu qu'elle ne serait pas impunie. Avec *Hamilton*, la France démontrait sa faculté à faire respecter par la force ses lignes rouges et donnait en même temps une preuve de son autonomie stratégique, notamment à Moscou qui possédait l'ascendant militaire et diplomatique dans la région depuis 2013.

Militairement, *Hamilton* est l'aboutissement d'un travail complexe conclu par le tir simultané de missiles de croisière ⁽¹⁾ par les airs et la mer ⁽²⁾. L'opération est un succès tactique puisque la Syrie n'utilise plus d'armes chimiques, ainsi qu'une victoire stratégique puisque cet épisode a acté le retour des trois Nations du P3 dans le jeu des puissances en Syrie. Il permet d'explorer les subtilités d'une mission complexe aux allures de raid nucléaire, mais aussi le rôle des armements conventionnels qualifiables dans une certaine mesure de « stratégiques ». Enfin, *Hamilton* souligne l'importance d'une Armée de l'air moderne et bien dimensionnée.

Maîtrise des risques et décisions politiques

Seul un raid aérien apportait toutes les garanties de succès à une telle démonstration de puissance. La France a engagé une vingtaine d'avions dans une opération nocturne de plus de 10 heures couvrant plus de 7 000 km. Trois

(1) Missiles capables d'effectuer un vol propulsé complet, sa performance dépend de sa vitesse, sa portée, sa capacité de manœuvre et sa précision.

(2) Depuis les *Rafale* de l'Armée de l'air (9 missiles *Scalp - Système de croisière conventionnel autonome à longue portée*), les *B-1B* américains et les *Tornado* britanniques. Depuis les frégates de la Marine (3 *Missiles de croisière naval - MdCN*) et les croiseurs et sous-marins américains.

L'opération *Hamilton*...
démonstration stratégique et puissance aérienne

ravitaillements en vol ont été effectués par les avions de combat avant le tir des missiles de croisière depuis les eaux internationales de la Méditerranée orientale, tandis que le commandement et la coordination des moyens des trois alliés étaient assurés par deux avions de commandement et de contrôle ⁽³⁾ AWACS français. Avant d'ordonner l'opération, le président de la République Emmanuel Macron devait obtenir de l'Armée de l'air la quasi-certitude du succès du raid avec un risque minimum de pertes. Cette garantie reposait pour beaucoup sur les savoir-faire historiques en matière de raids aériens lointains hérités de la composante aérienne de la dissuasion nucléaire, mais aussi sur l'expérience et l'expertise acquises lors des opérations récentes (exemple de la campagne d'entrée en premier au Mali).

La phase de vol jusqu'au tir suivie d'une phase de pénétration autonome des missiles de croisière à travers les défenses, dans la profondeur du territoire syrien, était le seul mode d'action permettant de maîtriser les risques (moindre exposition des pilotes, faibles dommages collatéraux) et garantissant une très forte probabilité de détruire les cibles ⁽⁴⁾. Ce « profil de mission » irrigué par certaines compétences des Forces aériennes stratégiques (FAS) est concomitant des progrès et de l'utilisation des missiles de croisière dans les opérations conventionnelles. Elle permet de donner une dimension politique aux missions (avec au besoin une personnalisation de la décision par le président ⁽⁵⁾), l'action lointaine depuis le territoire national, des délais de mise en œuvre réduits, et la réversibilité des actions jusqu'au moment du tir.

L'opération *Hamilton* reflète la volonté politique des puissances impliquées de mener une action ferme sans provoquer d'escalade avec la Russie. Les mises en garde au régime syrien ont d'abord été nombreuses. Si certains canaux diplomatiques sont secrets, il fait peu de doutes que des mécanismes de « déconfliction » ont été activés, aucun protagoniste n'ayant intérêt à surprendre l'autre et risquer un combat de haute intensité.

S'il était acquis que la Russie ne s'opposerait pas de manière trop véhémente au raid, une réaction de Moscou pour montrer sa capacité à mettre à mal l'opération avait été anticipée. La coalition souhaitait également afficher son aptitude à agir en toutes circonstances y compris dans un espace aérien contesté, en incluant dans le raid des avions de défense aérienne ⁽⁶⁾. *In fine*, la liberté de manœuvre n'a pas été compromise par des tirs de chasseurs ou de frégates russes.

(3) Le Commandement et Contrôle Air en vol et au sol est la clé de voûte de la coordination interalliés et interarmées.

(4) L'utilisation pour la première fois de *MdCN* en opération n'apportait pas les mêmes garanties de fiabilité que des armements déjà éprouvés (*combat proven*). La robustesse du dispositif aérien permettait d'accepter ce risque pour démontrer toute une gamme d'options.

(5) Cf. la photographie d'Emmanuel Macron au moment du raid entouré et de ses proches conseillers.

(6) Supériorité aérienne confiée aux Mirage 2000-5 français et aux F-15 et F-16 américains.

La pénétration des missiles de croisière en Syrie jusqu'aux objectifs devait ensuite déjouer les systèmes antimissiles russes les plus modernes ⁽⁷⁾, une interception aurait été particulièrement préjudiciable à l'image du raid ⁽⁸⁾. La Russie a d'ailleurs tenté une manœuvre de « déception » en annonçant plusieurs interceptions, rendant décisive la capacité de la coalition à évaluer les résultats et à communiquer dessus. L'emploi effectif de missiles antimissiles reste toutefois incertain ⁽⁹⁾, la Russie n'ayant pas intérêt à contrer trop sévèrement le raid, et elle-même ayant intérêt à ne pas susciter d'escalade avec les trois pays impliqués. La retenue russe peut aussi traduire la volonté de ne pas exposer les caractéristiques de ses systèmes : leurs performances réelles comme leurs faiblesses ⁽¹⁰⁾.

Des opérations stratégiques qui participent à un « dialogue de forces » complexe

Par ses frappes à longue distance, la coalition a provoqué un rééquilibrage stratégique au détriment de Moscou sans avoir à faire évoluer son dispositif global. La démonstration par Paris, Washington et Londres de leur autonomie de décision et d'action était une mise en application du concept de « projection de puissance » dont peu d'États sont capables. Elle est venue contrebalancer l'idée que seul l'emploi décomplexé de la force par Moscou est efficace en Syrie. Plus que la neutralisation d'un arsenal chimique, *Hamilton* a démontré que les puissances occidentales disposaient d'options capacitaires pour conduire une opération calibrée et maîtrisée quand certaines lignes rouges étaient franchies. Ce message stratégique s'adressait à la Syrie mais aussi à la Russie.

La réinscription du conflit dans une logique de puissance répondait à la nécessité de rétablir la valeur de la norme de non-prolifération, le message étant que l'utilisation d'armes de destruction massive ne peut rester impunie. Norme doublement menacée car violée par la Syrie à plusieurs reprises, de surcroît avec la protection d'un pays qui a une responsabilité particulière en tant qu'État doté et membre permanent du Conseil de sécurité des Nations unies.

Par ailleurs, la légitimité d'action étant d'ordre politique et éthique ⁽¹¹⁾, un emploi de la force limité à des frappes chirurgicale contribuait à renforcer leur caractère stratégique, la « propreté de l'action » étant en soi un message de supériorité technique mais aussi morale. Elle souligne que les puissances du P3 sont

(7) La préparation des trajectoires des missiles était un élément tactique essentiel face à des systèmes comme les *S-400*, les *S-300* et les *SA-21* russes.

(8) La France a assumé quelques ratés techniques (1 *Scalp* et plusieurs *MdCN* non tirés) qui n'ont pas nui à l'opération, le nombre de missiles prévus incluant cette probabilité d'échec.

(9) L'utilisation de brouillage *GPS* ou d'autres formes de guerre électronique est beaucoup plus probable.

(10) D'autant que ces systèmes focalisent l'attention à l'Occident, et sont particulièrement recherchés (acquisitions par l'Iran, l'Inde et la Turquie). Il y a à la fois un enjeu stratégique et commercial.

(11) Il existe des preuves étayées de l'utilisation par Damas d'armes chimiques. Toutefois, l'opération ne s'adosse pas à une résolution de l'ONU à laquelle la Russie aurait mis son *veto*.

aussi capables de recourir à la force, mais qu'à l'inverse de Damas et de Moscou, elles le font dans le respect du droit de la guerre.

En filigrane, la dissuasion nucléaire a modelé cet épisode du dialogue entre puissances dotées. Pour la France, c'est le seul domaine stratégique par essence. La logique dissuasive s'articule autour de la crainte des représailles, les armes nucléaires aéroportées constituant la partie visible de la dissuasion ⁽¹²⁾. Pour autant, les capacités conventionnelles alliant puissance de feu, précision, autonomie, réactivité et allonge peuvent également participer de l'action « stratégique » ⁽¹³⁾. Elles sont prioritaires pour une puissance ambitieuse comme la France ⁽¹⁴⁾.

État de l'art en matière de frappes conventionnelles, l'emploi de missiles de croisière durant *Hamilton* est à mettre en regard avec l'emploi répété sur le théâtre syrien par la Russie de missiles de croisière depuis ses frégates et sous-marins. En effet, les opérations réelles ou les exercices mettant en scène des missiles potentiellement capables d'emporter des charges nucléaires ont une signification particulière pour Moscou : ces tirs de la version conventionnelle du Kalibr participent de la crédibilité des capacités nucléaires russes. Il est donc vraisemblable que le raid du P3 ait, à l'inverse, été perçu par Moscou comme une démonstration de la capacité de Paris, Londres et Washington à conduire une opération stratégique comparable, sur le plan technique, à une mission nucléaire.

La puissance aérienne de la France au-delà d'*Hamilton*

Si l'action de la France en Syrie rappelle la centralité de la puissance aérienne dans la mise en œuvre de l'autonomie stratégique ⁽¹⁵⁾, ses enseignements doivent aussi servir à identifier les défis auxquels France pourrait être confrontée. Dans un contexte mondial où les stratégies et tactiques de déni d'accès et de zone (A2/AD) ⁽¹⁶⁾ sont redevenues des préoccupations majeures, deux scénarios suggérés par la *Revue stratégique* de 2017 ⁽¹⁷⁾ permettent d'alimenter la réflexion sur des crises de plus haute intensité avec l'activation de défenses modernes capables de contraindre notre liberté d'action.

(12) Affirmation de la volonté, crédibilisation des capacités et concept de « rétablissement de la dissuasion ».

(13) Il est acquis que la notion de capacité conventionnelle stratégique n'implique en aucun cas de substitution possible avec les capacités de dissuasion nucléaire, qui demeure la garantie de sécurité ultime.

(14) *Revue stratégique* 2017, article 297 (www.defense.gouv.fr/).

(15) *Livre blanc* de 2013 (<https://fr.calameo.com/read/000331627d6f04ea4fe0e>) et *Revue Stratégique*, *op. cit.*, article 275.

(16) Pour la France, l'A2 et l'AD sont deux postures différentes, utilisables de façon combinée pour former une stratégie. L'A2 opère au niveau politico-stratégique grâce à des systèmes offensifs à longue portée menaçant les points d'entrée sur un théâtre et des systèmes défensifs de longue portée obligeant les moyens aériens et navals à traverser plusieurs couches pour y accéder. L'AD intéresse le niveau tactique grâce à des systèmes offensifs et défensifs (éventuellement mobiles et non uniformément répartis) capables d'entraver la liberté de mouvement dans les trois milieux à l'intérieur d'un théâtre. Elle laisse la possibilité de conduire des opérations au sein des zones contestées en acceptant un niveau de risque variable.

(17) Contexte lié à la résurgence de la Russie ou de la Chine et de puissances régionales de moindre importance profitant de la prolifération de missiles de plus en plus performants.

**Crédibilité de nos capacités lors de la reconquête
d'un territoire d'un membre de l'Otan annexé par la Russie ⁽¹⁸⁾**

Politiquement, ce scénario mettrait à l'épreuve le principe de solidarité de l'Otan (article 5) face au seul ennemi capable d'opposer un *A2/AD* de dernière génération, structuré et efficace. Stratégiquement, un des premiers objectifs des belligérants serait de contenir le conflit à l'échelle régionale et le maintenir sous le « seuil nucléaire ». Pour autant, l'Otan devra éviter l'écueil de l'autocensure par crainte de l'escalade, face à une Russie qui n'hésiterait sans doute pas à communiquer habilement sur son potentiel nucléaire tactique pour intimider les Alliés et les dissuader ainsi de réagir à la prise de territoire.

Une opération de reconquête commencerait vraisemblablement par une grande campagne aérienne commandée par les Américains. Bien qu'imposante à l'échelle européenne, la contribution aérienne française à ce combat de haute intensité, ne serait probablement pas dimensionnante ni décisive. Si l'*A2/AD* n'est pas une barrière infranchissable pour la France, le format capacitaire conventionnel de l'Armée de l'air montrerait ses limites ⁽¹⁹⁾.

Dans le cas où le scénario laisserait anticiper une escalade du conflit, la logique d'économie des moyens pousserait probablement la France à reconcentrer ses moyens aériens sur son territoire au profit de la fonction Dissuasion, garantie ultime de « stabilisation » ou de « plafonnement » de l'escalade.

Ce scénario milite pour le renforcement de nos forces aériennes. Il souligne que dans le cadre d'une campagne très exigeante, nous devons disposer des ressources suffisantes pour assurer notre solidarité dans la durée. L'enjeu serait en outre de préserver la crédibilité de la dissuasion nationale, à la fois de manière autonome et comme contribution à la dissuasion de l'Otan.

**Capacités à conduire des représailles conventionnelles de portée stratégique
contre un État « moyen » (ou un intermédiaire) menaçant**

Si la France était menacée de façon inacceptable – voire attaquée – par un État possédant des missiles offensifs ⁽²⁰⁾ antimissiles et antiaériens modernes, l'incertitude porterait moins sur l'issue de la confrontation que sur le caractère décisif de la démonstration de puissance dont nous serions capables. L'adversaire mettrait à l'épreuve notre détermination face à un risque conséquent de pertes et une probabilité de succès moindre que lors d'*Hamilton*.

(18) Scénario type Ukraine appliqué à l'Otan et qui sert souvent d'hypothèse « haute intensité ». *Revue stratégique, op. cit.*, article 140.

(19) Cf. COMMISSION DE LA DÉFENSE NATIONALE ET DES FORCES ARMÉES, « Audition du général François Lecointre, Chef d'état-major des armées (Céma), sur le projet de loi de finances pour 2019 », Assemblée nationale, 18 octobre 2018 (www.assemblee-nationale.fr/15/cr-cdef/18-19/c1819015.asp).

(20) *Revue stratégique, op. cit.*, articles 140, 151 et 152.

Une campagne aérienne autonome et potentiellement longue, dans un contexte *A2/AD* moyen ⁽²¹⁾ représenterait un défi. En premier lieu, les défenses aériennes d'*AD* devraient être neutralisées selon les modes d'action éprouvés en Syrie, mais à plus grande échelle. Le dimensionnement de l'Armée de l'air se répercuterait alors directement sur la force de notre réaction.

De même qu'*Hamilton* a démontré notre capacité à accomplir des missions conventionnelles pour remplir une fonction stratégique, dans l'hypothèse d'une frappe de missile contre notre territoire, la flexibilité de ce type d'option élargit l'éventail de la riposte sans remettre en cause la validité de la dissuasion et éloigne *de facto* l'ombre du nucléaire ⁽²²⁾. Il est toutefois à anticiper que nos capacités limitées de défense antimissile ⁽²³⁾ pourraient gagner en importance notamment pour faire face à la prolifération de missiles balistiques ou de croisière de plus en plus performants. Elles permettraient de protéger localement certains sites et ponctuellement ⁽²⁴⁾ de disposer d'options pour se prémunir contre des questionnements infondés sur notre dissuasion.

Ce scénario qui pourrait à moyen terme devenir le véritable révélateur de l'autonomie stratégique de la France devrait donc servir à calibrer, *a minima*, nos capacités aériennes et antimissiles. Une démonstration de puissance peu significative, un niveau de pertes, même moyen, ou, *in fine*, le recours à la dialectique nucléaire seraient autant de victoires pour l'adversaire.



- *Hamilton* montre que face aux systèmes *A2/AD*, le couple avion de chasse-missile de croisière confère une dimension stratégique à la puissance aérienne et justifie les décisions politiques en faveur de ces modes d'action, notamment pour la démonstration de puissance. À moyen terme, la montée en gamme de nombreux acteurs renforcera cette tendance.

- Les apports des FAS aux forces conventionnelles soulignent toute l'importance de la dissuasion comme stimulateur de l'innovation. C'est aussi la preuve que certains domaines réservés évoluent. La course aux armements conventionnels qualifiables de « stratégiques » accentue ce mouvement.

(21) C'est-à-dire quelques systèmes technologiques et un plus grand nombre de systèmes rustiques positionnés en couches successives.

(22) Cette attaque pourrait être considérée à tort comme un « échec de la dissuasion », selon l'expression employée dans le narratif américain et à l'Otan, mais réfutée par la France dont la doctrine garde une ambiguïté volontaire sur ce que serait l'échec de la dissuasion.

(23) Une dizaine de *Mamba* sont en dotation dans l'Armée de l'air, systèmes « duaux » efficaces en antiaérien et contre certains missiles sous certaines conditions. Le concept retenu est celui de défense antimissile de théâtre, donc de mise en œuvre au besoin (cf. mission *TBMD* à l'Otan) différent de la défense antimissile balistique permanente (cf. *BMD* Otan).

(24) Il n'est pas réaliste de promouvoir un « bouclier antimissile » mais des options défensives peuvent jouer un rôle stratégique sur un théâtre défini.

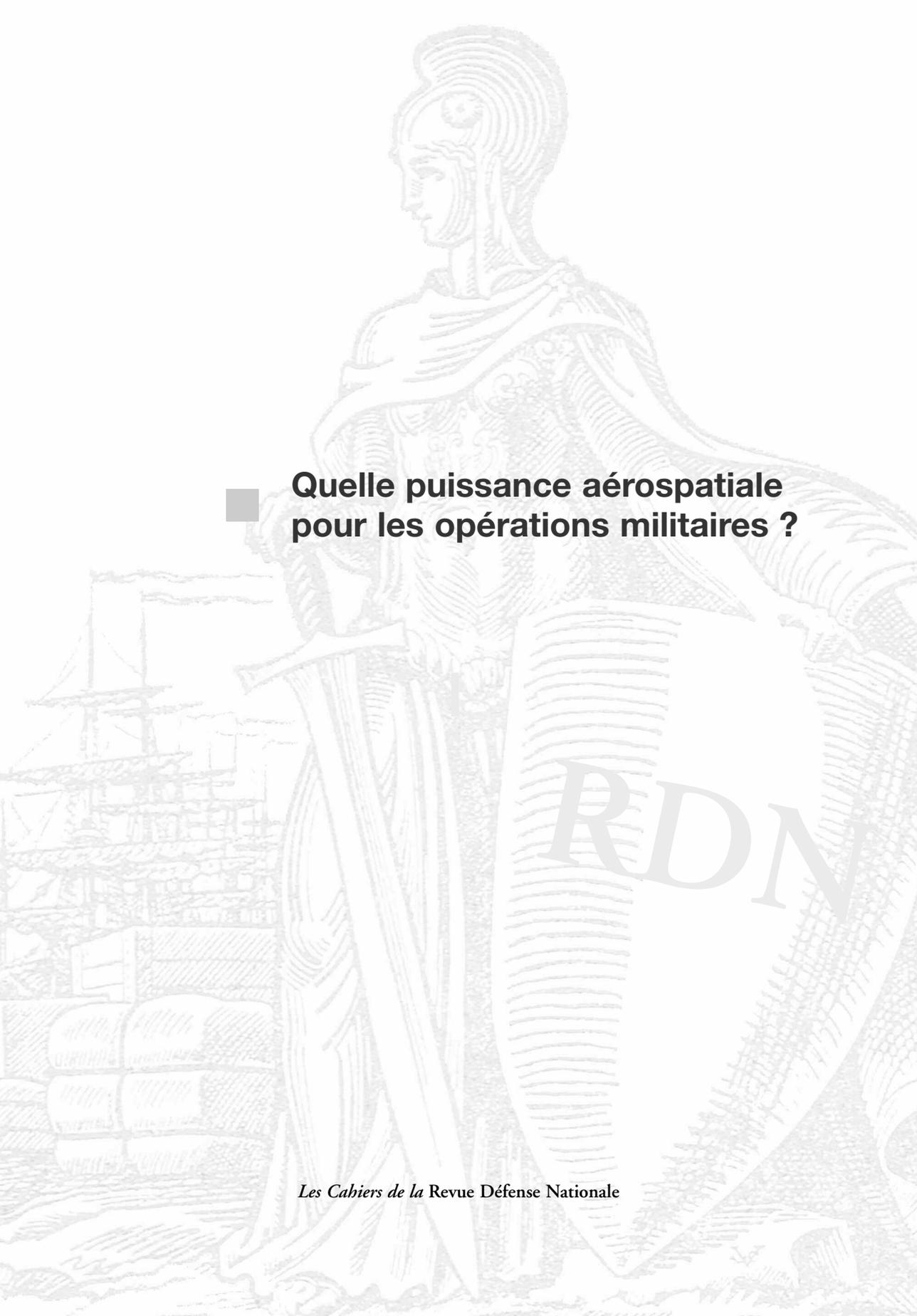
- Face aux enjeux de dissémination de systèmes de défense antiaérienne, les savoir-faire technologiques exceptionnels, comme les missiles hypersoniques, devraient continuer à être développés car ils dimensionneront le dialogue de puissance. Le cyber, l'Espace, la guerre électronique (offensive ou défensive) et à moyen terme l'Intelligence artificielle (IA) sont aussi des domaines d'innovation capitaux pour les opérations aériennes en milieu *A2/AD*.

- Face à des défenses modernes, l'éviction quantitative au bénéfice du gain qualitatif que procure une aviation, certes plus performante mais de plus en plus onéreuse, ne saurait être la solution. La taille critique correspondant aux ambitions militaires, notamment les capacités aériennes d'entrée en premier, doit être précisément étayée par la simulation. Par ailleurs, il n'est pas paradoxal de promouvoir des vecteurs et modes d'action complémentaires plus « rustiques », notamment dans les scénarios où les coûts des armes technologiques seraient rédhibitoires.

- La nature souveraine de la démonstration de puissance est compatible d'une dimension européenne, tant pour asseoir la légitimité d'action que pour renforcer la Base industrielle et technologique de défense-européenne (BITD-E) en matière de missiles. La réflexion sur des coopérations concernant des capacités clés qui n'affaibliraient pas la souveraineté nationale en opérations (exemple du spatial, du *Système de combat aérien futur : Scaf*) doit être approfondie.

- La prolifération ouvre des opportunités à des adversaires qui atteindraient le niveau technologique suffisant pour déjouer nos défenses antimissiles par la qualité ou la quantité de leurs missiles. En cas de passage à l'acte, les conséquences sur l'opinion d'un missile touchant la France seraient assurément préjudiciables et conforteraient les détracteurs de la pertinence de notre dissuasion. Le paradigme de « dissuasion et défense » utilisé à l'Otan, basé sur la « combinaison appropriée de capacités conventionnelles, nucléaires et de défense antimissile »⁽²⁵⁾ mériterait donc une réappropriation au plan national, notamment grâce à un réinvestissement doctrinal et capacitaire sur la défense antimissile et antiaérienne. ♦

(25) Cette combinaison est mentionnée depuis la déclaration du Sommet de Chicago en 2012, § 54 (www.nato.int/), jusqu'à la déclaration du Sommet de Bruxelles en 2018, § 34 (www.nato.int/cps/fr/natohq/official_texts_156624.htm).



■ **Quelle puissance aérospatiale
pour les opérations militaires ?**

RDN

L'Espace : un enjeu stratégique et un nouveau champ de confrontation militaire

Michel FRIEDLING

| Général de brigade aérienne, Commandant interarmées de l'Espace.

L'Espace est un enjeu stratégique, méconnu du grand public. Alors que la dépendance de nos sociétés, de nos économies, de nos concitoyens et de nos opérations à l'Espace n'a jamais été aussi grande et ne cesse de croître, les risques, les menaces et les vulnérabilités n'y ont jamais été aussi importants et ne cessent de croître également. Autrefois objet d'une compétition stratégique relativement pacifique, il devient un champ de confrontation et s'arsenalise depuis plusieurs années. Il doit désormais être considéré comme un milieu à part entière et comme une composante à l'instar des composantes terrestre, navale, aérienne ou cyber. Une évolution de notre doctrine, de nos capacités et de notre organisation est inéluctable.

*

**

Les Français le savent peu mais l'Espace est indispensable à leur vie quotidienne et à la prospérité de nos économies. De manière quotidienne, les Français utilisent, très souvent sans le savoir, les services satellitaires. Commander un VTC, retirer de l'argent liquide à l'étranger, communiquer avec des proches lors de déplacements lointains, consulter la météo du jour, se rendre à un rendez-vous avec le *GPS* de sa voiture, regarder un match de la coupe du monde de football qui se déroule sur un autre continent, trouver la station-service la plus proche avec son *smartphone* ou encore le vélo en libre-service le plus proche, c'est faire appel à des satellites et des services spatiaux.

Mais l'Espace est aussi devenu indispensable pour l'environnement ou l'économie. Les satellites permettent d'évaluer le réchauffement de la Planète, de mesurer les dérèglements climatiques, d'observer les écosystèmes, de connaître la biodiversité. Ils permettent d'optimiser l'exploitation des terres agricoles, de réguler et contrôler l'exploitation des ressources halieutiques, de mesurer et contrôler la déforestation ou l'érosion des côtes. Nombre d'applications spatiales permettent de nous aider à connaître l'évolution de l'environnement, concevoir et mettre en

œuvre des mesures de préservation ou de bonne gestion. L'industrie spatiale développe ainsi des services à la carte dans des domaines aussi divers que l'agriculture de précision avec la surveillance des niveaux de sécheresse et des rendements des récoltes, l'optimisation des précisions météorologiques, la gestion du trafic routier ou aérien, la surveillance des infrastructures énergétiques ou de transport, du remplissage de parkings ou de l'état de plateformes *offshore*. De façon plus générale, l'Espace est indispensable au bon fonctionnement de nos économies globalisées car il permet les échanges d'informations en temps quasi réel, les transactions bancaires sécurisées et leur synchronisation.

Les applications sont infinies et les perspectives immenses. Le 9 avril 2019, à l'occasion du 35^e *Space Symposium* de Colorado Springs (États-Unis), véritable salon international de l'Espace où les plus éminentes personnalités s'expriment sur le sujet spatial, le secrétaire à la Défense américain par intérim Patrick Shanahan commençait son discours en comparant le rôle que jouera l'Espace demain pour la prospérité des États-Unis à celui que jouèrent les océans dans les siècles passés. Le secrétaire au Commerce américain Tim Ross ajoutait peu après que, selon les estimations de son ministère, l'économie du spatial représenterait de 1 000 à 3 000 milliards de dollars selon les hypothèses à l'horizon 2040, contre 400 en 2020 avec des secteurs de marché connus tels que les communications spatiales, l'observation de la Terre, la navigation et la météo, mais également de nouveaux segments de marché tels que le tourisme spatial, la robotique, les services en orbite, l'enlèvement des débris spatiaux et l'exploitation des ressources minières des corps célestes.

*

**

Indispensable à notre économie, au bon fonctionnement de nos sociétés et au quotidien des Français, l'Espace l'est tout autant à l'exercice de notre autonomie stratégique par la capacité qu'il offre à nos autorités à décider et à transmettre leurs décisions de façon souveraine. La décision française de ne pas suivre les États-Unis dans leur intervention en Irak en 2003 reposa notamment sur la capacité de la France, grâce à ses satellites d'observation, à apprécier de manière autonome les éléments de preuve concernant la détention et l'usage d'armes de destruction massive par Saddam Hussein.

Il est également indispensable à la planification et la conduite de nos opérations militaires. Nos capacités spatiales de défense permettent ainsi à nos états-majors et nos forces, en métropole et sur tous nos théâtres, sur terre, en mer et dans les airs de voir, d'entendre, de comprendre, de communiquer, de naviguer, de localiser, de délivrer des armements avec une précision redoutable par tout temps.

L'Espace fut dès ses débuts considéré comme un pilier de l'autonomie stratégique nationale. L'observation fut dans un premier temps utilisée à des fins stratégiques pour la décision politique et militaire, pour le ciblage nucléaire ou

pour le contrôle du respect de traités de désarmement nucléaire. Dans les années 1980, la doctrine « Voir Écouter Communiquer » fut définie et un bureau Espace créé au sein de l'État-major des armées. Lors de la première guerre du Golfe, la France comprit le potentiel de l'Espace pour la conduite des opérations et plus seulement pour son apport à la décision stratégique. L'imagerie spatiale, outil nécessaire aux décisions politico-militaires de niveau stratégique, vit son emploi descendre progressivement jusqu'aux plus bas niveaux opérationnels. Dans les états-majors de niveau opératifs, puis au sein des composantes et jusque dans les unités déployées sur le terrain. Le cas très récent de l'opération *Hamilton* qui désigne les frappes réalisées par la France avec les États-Unis et le Royaume-Uni le 14 avril 2018 contre des sites syriens en est un parfait exemple ⁽¹⁾. Les capacités spatiales ont été indispensables à la prise de décision politique, au ciblage, à la planification des opérations et à leur exécution.

L'appui spatial aux opérations couvre donc le renseignement, le ciblage, les communications, le positionnement et la navigation, auxquels s'ajoutent la météorologie et la géographie. Avec un peu plus de 3,6 milliards d'euros sur la durée de la Loi de programmation militaire (LPM) votée en juillet 2018, l'ensemble des moyens spatiaux militaires dédiés à l'appui aux opérations et aux autorités va être renouvelé, avec des performances accrues. Les satellites d'observation *CSO* ⁽²⁾ remplaceront *Helios 2*, les satellites de communication *Syracuse IV* remplaceront *Syracuse III* et la constellation d'écoute *Céres* ⁽³⁾ sera mise en service.

Dédiée à l'observation militaire, *CSO* est une constellation de trois satellites placés sur des orbites polaires d'altitude différente. Privilégiant les capacités de couverture, d'acquisition sur théâtre et de revisite, la mission dite Reconnaissance est remplie par deux satellites à 800 km d'altitude. La mission Identification, assurée par le troisième satellite à 480 km d'altitude, bénéficie du plus haut niveau de résolution, de qualité d'image et de précision d'analyse. Totalement déployé fin 2021, ce système permettra de conserver un accès souverain à l'imagerie optique, par temps clair diurne ou nocturne, avec des performances capteurs et une capacité d'acquisition inégalées. La France ouvre la capacité *CSO* à ses partenaires européens pour jouer la complémentarité des capteurs et fédérer une Europe spatiale de la Défense. Ainsi, dans le cadre plus large du programme *MUSIS* ⁽⁴⁾, des accords bilatéraux assurent à l'Allemagne et bientôt à l'Italie un droit d'utilisation du système *CSO* en échange d'un accès à leurs satellites radar. De la même façon, la mise à disposition de la station polaire de Kiruna par la Suède lui accorde un accès à *CSO*.

L'opération *Syracuse IV* constituera entre 2021 et 2035 le cœur de la capacité de communication à longue distance nécessaire à l'engagement des armées et au

(1) Voir l'article du lieutenant-colonel MOYAL dans ce volume, p. 58-64.

(2) *Composante spatiale optique*.

(3) *Capacité de renseignement électromagnétique spatiale*.

(4) Système multi-national d'imagerie spatiale pour la surveillance, la reconnaissance et l'observation.

commandement des forces déployées, en autonomie. Elle est structurée autour d'un système en trois composantes. Le segment spatial avec deux satellites géostationnaires lancés en 2020 et 2022 fonctionnera dans les bandes X et Ka. Le Segment sol utilisateur (SSU) s'appuiera sur un parc existant de stations sol terrestres et navales devant être réutilisé, adapté et complété, notamment par des stations aéronautiques, pour répondre à l'évolution du besoin. Un segment sol opérateur gèrera le réseau des moyens de communication constitués par le SSU et les autres systèmes de communication satellitaire du ministère.

Cères enfin dotera les armées d'une capacité opérationnelle d'écoute spatiale en complémentarité avec les capacités non spatiales déjà mises en œuvre dans ce domaine. Elle détectera et localisera une grande diversité d'émetteurs radar ou de télécommunication sur la quasi-totalité du globe terrestre. L'analyse des données recueillies permettra de renseigner sur des zones dans lesquelles nous sommes aujourd'hui quasiment aveugles et d'alimenter les niveaux stratégique, opératif et tactique. La rareté d'une telle capacité et les performances attendues du système *Cères* en feront un véritable atout pour les forces françaises et plus globalement pour la France en accroissant son autonomie d'appréciation.

À ces capacités s'ajouteront les services fournis par la constellation européenne *Galileo* pour la navigation, les images des satellites *Pleiades* et leur successeur, un accès aux images des satellites radar *SAR-Lupe* (Allemagne) et *COSMO-SkyMed* (Italie), ceux du satellite dual *ATHENA-FIDUS* ⁽⁵⁾ (avec l'Italie) et un accès aux services du satellite *SICRAL 2* (Italie).

*

**

Mais le contexte change de manière radicale. Alors que la dépendance de nos sociétés, de nos économies, de nos concitoyens et de nos armées à l'Espace ne cesse de croître, les risques, les menaces et les vulnérabilités ne cessent de croître également. Risques dus à l'accroissement vertigineux du nombre d'objets dans l'Espace avec une densification de l'espace extra-atmosphérique sans précédent. En 1957, année de lancement de *Sputnik 1* par l'URSS, la Terre ne comptait qu'un seul objet en orbite. On compte aujourd'hui 1 700 satellites actifs (6 000 estimés en 2025 !) et entre 15 000 et 20 000 débris d'une taille supérieure à 10 cm, auxquels s'ajoutent plusieurs centaines de milliers de débris de plus d'un centimètre. Parallèlement, plusieurs grandes puissances spatiales ont développé depuis la fin des années 2000 des capacités de neutralisation des moyens spatiaux adverses, avec une certaine accélération depuis environ cinq ans. Les menaces à l'encontre de nos capacités spatiales sont avérées. Menaces cyber, sabotage, brouillage, renseignement, déni de service, neutralisation physique partielle ou destruction totale : ces menaces sont variées et certaines sont déjà opérationnelles. Ainsi, le satellite russe

(5) *Access on Theatres for European Allied forces nations-French Italian Dual Use Satellite.*

Luch Olymp, cité par le ministre des Armées en septembre 2018, s'approche de satellites de communications pour en capter les flux. Plusieurs tirs de missiles antisatellites ont été observés depuis 2007 avec une démonstration chinoise contre un de leurs satellites, suivi par une démonstration américaine en 2008 puis plus récemment celle effectuée par l'Inde en mars 2019. D'autres capacités antisatellites sont plus expérimentales et en développement. Par exemple des satellites en orbite géostationnaire que l'on pense capables d'endommager et de désorbiter d'autres satellites à l'aide de bras articulé ou d'armes à énergie dirigée, ou encore des véhicules spatiaux capables d'emporter des charges utiles militaires et de s'approcher d'objets spatiaux non coopératifs. Certaines actions hostiles peuvent également être réalisées par des satellites ayant l'apparence et les missions d'un satellite civil ou scientifique. Cela rend les agressions difficiles à caractériser et à attribuer et constitue un vrai sujet de préoccupation pour l'avenir compte tenu de la multiplication des acteurs spatiaux non étatiques.

L'Espace étant ainsi non seulement un enjeu économique majeur mais également un milieu dont la maîtrise est indispensable aux opérations militaires, la compétition stratégique y devient confrontation avec des modes d'action nouveaux. Il est certain qu'une confrontation entre puissances disposant de capacités spatiales s'y étendra dès les premières heures, chacun cherchant à dénier à l'adversaire l'usage de ses capacités spatiales et à le priver de cet avantage décisif que constitue la liberté d'action dans et depuis ce milieu.

Ainsi l'Espace n'est plus uniquement un milieu d'appui aux opérations, mais constitue déjà et sera de plus en plus un domaine de confrontation à part entière, au même titre que les milieux terrestre, maritime, aérien et cyber

Dans ce contexte, il est indispensable de revoir notre doctrine d'emploi de l'Espace. Un véritable concept d'opérations spatiales militaires se dessine. Pouvant se définir comme étant l'ensemble des activités réalisées par le ministère des Armées ou à son profit, dans, depuis et vers l'Espace pour garantir la disponibilité, le suivi, la sûreté et la sécurité des capacités et services spatiaux nationaux ou d'intérêt national, les opérations spatiales militaires consistent non seulement à opérer des capacités pour fournir des services en appui des autorités gouvernementales, en appui des opérations militaires dans tous les milieux ou pour contribuer à la sécurité du territoire et des populations mais également à mener les actions nécessaires pour protéger nos moyens et décourager toute agression à l'encontre de ces capacités. Une telle doctrine pourrait s'articuler autour des fonctions traditionnelles que sont la veille stratégique, l'appui aux opérations, la connaissance de la situation spatiale (*SSA*) et potentiellement de nouvelles fonctions telles l'action dans l'Espace.

La *SSA* est un axe prioritaire. Surveiller l'Espace et acquérir la connaissance de la situation spatiale constitue un prérequis à toute exploitation du milieu spatial et en particulier pour la conduite d'opérations militaires, spatiales ou non, ainsi que pour la mise en œuvre d'une politique spatiale militaire. La *SSA* répond à un

besoin militaire que constitue la nécessité d'évaluer les menaces que des systèmes spatiaux adverses peuvent faire peser dans l'espace sur nos moyens spatiaux nationaux et d'intérêt national, et, au sol, sur notre territoire ou nos forces déployées. Ce besoin est fondamental pour attribuer un acte hostile ou illicite à son auteur et permettre à l'autorité politique de prendre les mesures appropriées. La SSA répond également à un besoin de prévention des risques de collision dans l'Espace entre satellites actifs et autres objets tels que satellites inactifs et débris. Nous devons donc être en mesure de détecter, caractériser et suivre tous les objets spatiaux susceptibles de présenter un risque ou une menace. Le radar de surveillance *Graves* ⁽⁶⁾ et les radars *Satam* ⁽⁷⁾ mis en œuvre par l'Armée de l'air, les télescopes *GEOTracker* (ArianeGroup) et *Tarot* ⁽⁸⁾ (CNRS) fournissent aujourd'hui une première capacité de surveillance de l'Espace sans équivalent en Europe. Elle reste toutefois insuffisante. La France doit construire, avec des partenaires européens, une véritable capacité dans ce domaine. Une réflexion sur une architecture globale combinant des capteurs complémentaires tels que des radars (pour succéder au *Graves*), des télescopes, des radars imageurs, des systèmes de surveillance en orbite pour surveiller et suivre l'ensemble des objets d'intérêt militaire dans l'espace extra-atmosphérique.

Mais si nous voulons être en mesure de protéger nos capacités spatiales, il faudra aller au-delà. À la demande du président de la République Emmanuel Macron et de la ministre des Armées Florence Parly, toutes les possibilités ont été étudiées dans ce domaine, des lanceurs réactifs aux véhicules spatiaux réutilisables emportant des charges utiles variées.

*

**

En parallèle, de nombreuses questions apparaissent. Comment définir et caractériser les comportements et les actions dans l'Espace, en tant que Nation ou en tant que membre d'une coalition ? Comment caractériser une intention ou un acte hostile ou dangereux, en particulier en dessous du seuil de l'agression armée et comment y répondre ? Quelles règles d'engagement, y compris en temps de paix ? Comment dialoguer et interagir avec l'adversaire, en tant que Nation ou en tant que membre d'une coalition ? Quelles actions réversibles ou non ? Comment définir et conduire une action de semonce dans l'Espace ? Quelles capacités doivent être défendues ? Avec quel niveau de priorité ? L'intérêt national ne se limitant pas aux capacités militaires mais incluant également des capacités commerciales ou civiles, parfois multinationales ou même étrangères, au sein et en dehors de la coalition, comment défendre ces capacités ? Comment formaliser la coopération avec les opérateurs commerciaux ? Leurs conditions d'emploi doivent être clairement

(6) *Grand réseau adapté à la veille spatiale.*

(7) *Système d'acquisition et de trajectographie des avions et des munitions.*

(8) *Télescope à action rapide pour les objets transitoires.*

définies et faire l'objet d'accords robustes pour couvrir l'ensemble du spectre. En particulier, dans quelles situations et sous quelles conditions un transfert d'autorité serait-il nécessaire ?

Un immense champ de réflexion s'ouvre en conséquence aux armées. Il faut désormais concevoir des chaînes de décision et de commandement cohérentes en nationale, et avec nos alliés et partenaires pour assurer la concentration des efforts dans les domaines diplomatique, informationnel, militaire et économique. Il faut instaurer et promouvoir des règles de comportement et des mesures de transparence et de confiance afin de promouvoir un usage responsable de l'Espace. Il faut développer une dialectique commune, non seulement avec les alliés, mais aussi avec les autres nations, y compris celles potentiellement adverses, pour préserver, amender ou élaborer les normes et aussi minimiser, dès le temps de paix, le risque de malentendus entre les parties. Il faut des capacités couvrant l'ensemble de l'éventail et offrant une palette d'options pour pouvoir agir de manière continue, flexible et proportionnée, en particulier face à un adversaire qui entend se maintenir en dessous du seuil des conflits armés ou en cas d'agression caractérisée. Il faut enfin une meilleure collaboration entre les domaines cyber et spatiaux, et de façon plus générale, entre les différentes composantes dans des opérations qui seront plus que jamais multidomaines.

*

**

Pour conclure, les défis sont considérables et les questions d'autant plus complexes que l'Espace vit une révolution qui, bien que porteuse des risques largement évoqués précédemment, offre de nombreuses opportunités. La révolution numérique et la nouvelle économie appliquées à l'espace sont une chance. Ils offrent de nouveaux services plus souples, plus réactifs, plus innovants qui peuvent être utilisés par les Armées. Parce que les modes d'acquisition et de développement capacitaire changent pour ces capacités et ces services, passant d'une logique de temps long avec une parfaite maîtrise des risques à une logique de temps plus courts, d'expérimentation, de démonstrateurs, avec l'acceptation d'un risque mesuré, voire celle d'un besoin défini en marchant, de manière itérative. Ces deux démarches sont complémentaires. Pour les systèmes spatiaux complexes et patrimoniaux, la démarche de maîtrise du risque est inévitable compte tenu des enjeux financiers. Pour de nouvelles capacités, l'appel à l'innovation, l'éclosion d'un véritable écosystème spatial innovant en France et une démarche itérative basée sur des démonstrateurs mettant en œuvre des technologies du secteur commercial seront des atouts pour la France, nos Armées et nos opérations militaires. ♦

L'action de l'État dans l'air

Christophe MICHEL

Colonel, Chef de la mission interministérielle de sûreté aérienne au Secrétariat général de la défense et de la sécurité nationale (SGDSN).

Généralement réduite à la sécurité et à la sûreté aérienne, l'action de l'État dans l'air se singularise par les nombreux domaines avec lesquels elle interagit. Le développement des filières économiques et industrielles nationales, dans un contexte de transition écologique, ainsi que l'importance du secteur aérien pour ce qui concerne le tourisme, l'aménagement du territoire, les échanges internationaux et les approvisionnements, sont autant de domaines pour lesquels les plus hauts niveaux de sécurité et de sûreté sont requis. Dès lors que tous les acteurs concernés par le développement du secteur aérien coordonnent leurs politiques, l'action de l'État dans l'air contribue à favoriser la croissance nationale.

Défense et sécurité nationale

Garant de l'action gouvernementale dans le domaine de la défense et de la sécurité nationale, le Premier ministre est chargé de décliner la politique nationale en la matière. Pour ce faire, il dispose de l'administration et de la force armée et assume devant le Parlement, avec les ministres concernés, la responsabilité de cette politique. La stratégie de sécurité nationale est transverse aux grandes fonctions ministérielles traditionnelles telles que la défense, la politique étrangère et la sécurité intérieure.

La stratégie de sécurité nationale a pour objet d'identifier l'ensemble des menaces et des risques susceptibles d'affecter la vie de la Nation, notamment en ce qui concerne la protection de la population, l'intégrité du territoire, la préservation de ses intérêts vitaux et la permanence des institutions de la République. Elle détermine les réponses que les pouvoirs publics doivent y apporter. Le Premier ministre s'appuie sur le Secrétariat général de la défense et de la sécurité nationale (SGDSN) qui coordonne la préparation des mesures concourant à la stratégie de sécurité nationale et qui s'assure *in fine* de leur mise en œuvre.

Partant de l'analyse des menaces qui pourraient nuire aux intérêts nationaux, le SGDSN est chargé de concevoir la réponse de l'État. Son action se décline en mesures de sûreté qui s'inscrivent dans le temps long au titre de la prévention

d'actes malveillants et dans des délais les plus courts possibles afin de réagir contre une agression.

Politique de sûreté aérienne

Dans le domaine aérien, le Premier ministre est assisté d'une Commission interministérielle de la sûreté aérienne (CISA) semestrielle. Placée sous l'autorité de son directeur de cabinet, la CISA réunit les représentants des ministères et des directions générales concernées ainsi que le Commandement de la défense aérienne et des opérations aériennes (CDAOA). Elle est l'enceinte de décisions qui permettent de garantir la cohérence de la politique nationale en matière de sûreté et de défense aérienne. Sur la base des décisions prises en CISA, le Premier ministre confie au SGDSN la charge de veiller à la cohérence interministérielle des mesures à prendre afin d'améliorer constamment le niveau de protection des intérêts nationaux contre un acte malveillant. Vu sous le prisme de la menace, le milieu aérien se distingue par sa mondialisation, par la vulnérabilité intrinsèque des aéronefs, par le nombre élevé de passagers transportés, par la violence des accidents conduisant dans la plus grande partie des cas à des catastrophes provoquant de nombreuses victimes, par sa forte médiatisation, par les graves conséquences économiques qu'un incident provoque et enfin, par l'impact psychologique sur le public qui subit une attaque.

Ainsi, l'État s'est préparé à réagir immédiatement à toute agression visant le secteur aérien. Disposant d'un socle de mesures permanentes de sûreté et compte tenu de l'appréciation de la menace, le Premier ministre peut décider de l'activation du plan gouvernemental de réponse à une crise dans le secteur aérien dès lors que la situation l'exige. Piratair-Intrusair propose ainsi des mesures à appliquer à partir du moment où l'intégrité d'un aéronef et de ses passagers est menacée, qu'une installation aéroportuaire est visée ou qu'une intrusion dans l'espace aérien est constatée. L'acte malveillant peut être de toute nature : détournement d'avion, prise d'otages, attaque dans une infrastructure aéroportuaire, malveillance cybernétique sur les systèmes de navigation aérienne, etc.

Particularité du milieu aérien, le Premier ministre y assume une responsabilité opérationnelle. Il dispose à cet égard d'un lien direct avec le commandant du CDAOA, représenté par la Haute autorité de défense aérienne (HADA), afin de décider des mesures immédiates de sûreté aérienne pour lesquelles les avions de chasse et les hélicoptères de l'Armée de l'air sont les bras armés. Compte tenu de la rapidité du développement d'une crise dans le milieu aérien, c'est grâce à cette extrême réactivité que l'État peut assurer de manière permanente la protection de l'espace aérien national et des citoyens français.

Il peut également décider, sur proposition du SGDSN, d'activer la Cellule interministérielle de crise (CIC) afin de concentrer les efforts de tous les ministères et des opérateurs dans la résolution de la crise. La CIC réunit les experts ministériels

et ceux des administrations centrales ainsi que le CDAOA, afin de maximiser l'efficacité des moyens et de proposer aux plus hautes autorités de l'État la meilleure réponse à l'agression que subit le secteur aérien. La CIC est en lien permanent avec le préfet territorialement compétent qui tient le rôle de directeur des opérations conformément aux responsabilités qui lui sont confiées.

Action des ministères et des administrations centrales

La Direction générale de l'aviation civile (DGAC), administration rattachée au ministère de la Transition écologique et solidaire, regroupe l'ensemble des services de l'État ayant pour fonctions de réglementer et de superviser la sécurité aérienne, le transport aérien et les activités de l'aviation civile en général. Sur le premier point, elle est notamment chargée du contrôle aérien, du soutien à la recherche et au développement dans le domaine de la construction aéronautique et de la certification des aéronefs. Dans le domaine de la sûreté, avec le concours des forces de sécurité intérieure et des moyens proposés par les opérateurs, elle s'assure du meilleur niveau de contrôle des passagers ainsi que du fret, partant du plus en amont possible jusqu'au moment de l'embarquement dans l'aéronef.

Principalement grâce à ses forces spécialisées que sont la Police aux frontières et la Gendarmerie des transports aériens (GTA) ⁽¹⁾, le ministère de l'Intérieur assure dans les zones de responsabilité respective, la sûreté du transport aérien civil. Avec l'appui des services de renseignement, les forces de sécurité intérieure supervisent au quotidien la sûreté des passagers et du fret, à partir des postes d'inspection filtrage des aéroports jusqu'aux points de stationnement des aéronefs.

Dès lors que l'aéronef est en l'air, c'est l'Armée de l'air qui le prend en charge au titre de la mission de sûreté qui est confiée au CDAOA. Ce dernier doit, en tout temps et en tous lieux, surveiller l'espace aérien national et s'assurer que tous les vols qui s'y déroulent ne présentent pas de risques tant pour l'aéronef et ses passagers que pour des tiers au sol. Il déclenche au besoin les moyens d'interception de l'Armée de l'air afin de porter assistance à tout appareil en détresse, de lever le doute sur une situation d'incertitude ou de faire cesser toute situation menaçante. Il assure également la mission de recherche et sauvetage au profit des aéronefs en situation d'incertitude et de détresse sur le territoire national.

Le Centre national des opérations aériennes (CNOA) est l'organisme de l'Armée de l'air qui garantit en permanence, l'intégrité de l'espace aérien national. Il s'assure de la bonne allocation des moyens aériens militaires, qu'ils soient utiles à la détection des mobiles, à leur identification ou à leur interception en l'air. Il entretient des liens étroits avec l'aviation civile, la Police nationale, la Gendarmerie nationale, et à terme avec les Douanes, mais aussi avec toutes les autorités militaires

(1) La GTA a pour particularité d'être placée pour emploi auprès de la DGAC.

étrangères jouxtant nos frontières ainsi que l'Otan. Ceci lui permet de coordonner et d'optimiser ses actions avec ses partenaires et de proposer *in fine* au Premier ministre, la meilleure réponse à une situation de crise qu'elles qu'en soient les circonstances.

Dans le domaine de la sécurité civile, la Direction générale de la sécurité civile de la gestion des crises (DGSCGC) du ministère de l'Intérieur, met en œuvre des moyens aériens dédiés. Hélicoptères et avions peuvent être engagés dans les meilleurs délais en cas de crise dès lors qu'il pèse un risque sur la population. Plus particulièrement médiatisés en période estivale, les moyens aériens spécialisés dans la maîtrise des feux de forêt sont placés sous la responsabilité du préfet de département à partir du moment où ils sont engagés. Extrêmement réactif, le dispositif aérien de la DGSCGC pourrait utilement bénéficier d'une liberté d'action optimisée dès lors que le CNOA est en mesure de lui assurer l'exclusivité de sa zone de manœuvre.

La Direction générale de la Gendarmerie nationale (DGGN) dispose d'aéronefs dans le cadre de la mission de sécurité publique qui lui est confiée qui peuvent également être mis à contribution lors de la résolution de crise de sécurité civile. Ceux-ci sont plus particulièrement adaptés dans le cadre de missions de secours et d'intervention en milieu spécialisé (mer et montagne).

La Direction générale des Douanes et des droits indirects (DGDDI) est aussi un acteur du domaine aérien. Étant chargée de la mission de contrôle des flux de marchandises, elle assume ses responsabilités sur le fret aérien et les bagages des passagers. En complémentarité de la Police aux frontières, elle assure le contrôle des personnes aux frontières de l'espace Schengen. Elle dispose d'un parc aérien, hélicoptères et avions, en complément de ses moyens terrestres et maritimes.

Dès lors que l'action de l'État dans l'air a des implications à l'étranger, le ministère de l'Europe et des Affaires étrangères est mis à contribution. Il sera saisi si les intérêts français sont menacés dans un pays tiers et l'appui des ambassades sera alors recherché. Il le sera également dès lors que des intérêts étrangers sont menacés en France, par exemple, lorsque le pavillon de la compagnie aérienne concernée est étranger ou lorsqu'il y a des passagers étrangers dans un aéronef français.

Perspectives

Contrairement aux milieux maritime et terrestre qui disposent d'autorités préfectorales dédiées, le domaine aérien ne jouit pas, hors activation de la CIC, d'un échelon de synthèse capable de fédérer l'ensemble des moyens aériens des ministères afin d'en optimiser l'emploi. Pour autant, le CDAOA dispose des capacités et des prérogatives qui lui permettent de mener à bien les mesures de sauvegarde dans les premiers instants d'une crise. Cette opportunité, probablement insuffisamment exploitée, demande une meilleure communication vers les autorités

civiles territoriales. Cette volonté d'unifier les efforts s'exprime par ailleurs dans le domaine du développement de l'aviation civile nationale au travers de la réinstallation à l'été 2019 du Conseil supérieur de l'aviation civile (CSAC) annoncé par la ministre des Transports lors du discours de clôture des Assises du transport aérien en mars dernier ⁽²⁾.

Néanmoins, il n'existe pas d'enceinte dédiée qui traite de la totalité des thématiques du secteur aérien, que ce soit pour ce qui relève de la sécurité et la sûreté, mais aussi du développement de la filière aérienne française, de la promotion de l'industrie et de la transition écologique. Cet échelon de coordination de haut niveau pourrait contribuer à renforcer la stratégie nationale dans le secteur aérien. Il viendrait compléter utilement les travaux du Conseil pour la recherche aéronautique (CORAC) qui facilite déjà le développement de l'industrie aéronautique au regard des engagements en matière de transition écologique pris par la France.

*

**

Le développement continu du secteur aérien nous encourage à mener cette réflexion. L'Association internationale du transport aérien (IATA) prévoit un doublement du volume de passagers transportés dans le monde d'ici 20 ans. En Europe, cette croissance verra une profonde adaptation des règles de circulation aérienne à travers le projet Ciel unique (CUE). Les filières drones et spatiales sont en pleine croissance au regard des services qu'elles pourront offrir dans un avenir proche : la généralisation de l'usage d'aéronefs sans pilote à bord de plus en plus performants en autonomie et en charge offerte et la multiplication des acteurs privés et étatiques accédant à l'espace, doivent inciter la France, nation pionnière en aéronautique, à renforcer les synergies entre les différents acteurs nationaux afin de répondre aux enjeux à venir et garantir le succès de son action dans l'air. ♦

(2) BORNE Élisabeth, « Conclusion des Assises nationales du transport aérien – Présentation de la stratégie nationale du transport aérien », Paris, 8 mars 2019 (www.ecologique-solidaire.gouv.fr/).

L'air, l'Espace et l'action terrestre

Michel GRINTCHENKO

Général de division, Commandant de l'Aviation légère de l'Armée de terre (Alat).

L'Armée de terre est un acteur majeur de la troisième dimension. Elle possède sa propre aviation, l'Alat, qui forte de 300 avions domine l'ensemble de l'éventail de l'aérocombat. Référence européenne du domaine, elle est capable de conduire dans la durée des opérations puissantes, dans un format français ou en coalition, selon des modes d'action nationaux ou internationaux.

Elle dispose également, depuis de très nombreuses années, d'une expertise reconnue dans le monde des drones aériens. Pionnière du domaine avec les *CL89* et *289*, elle met en œuvre aujourd'hui une trentaine de drones tactiques (*SDTI* ⁽¹⁾) et une petite centaine de drones de renseignement de contact (*DRAC* ⁽²⁾) ; prochainement, elle disposera du *Patroller*, de plus d'une centaine de mini-drones de renseignement (*SMDR* ⁽³⁾) et d'une multitude de micro-drones de contact. Le Chef d'état-major de l'Armée de terre deviendra alors l'autorité d'emploi (AE) de plus de 1 000 drones aériens, en plus des hélicoptères et des avions de l'Alat, avec tout ce que cela induira en termes de formation, de gestion des espaces aériens et bien sûr de chaîne de sécurité aéronautique.

Il faut aussi mentionner l'artillerie, grande utilisatrice d'espaces aériens, tant les trajectoires des feux occupent des volumes impressionnants. Les mortiers de 120 mm, portant à une dizaine de kilomètres, ont une flèche qui dépasse quatre kilomètres de hauteur ; les *Caesar* ⁽⁴⁾, qui tirent jusqu'à une quarantaine de kilomètres, peuvent avoir une flèche voisine de 20 km. Le *LRU* ⁽⁵⁾, avec sa portée de 80 km, nécessite à lui seul la réservation d'un espace aérien bien plus large. L'Armée de terre utilise encore régulièrement la 3^e dimension que ce soit tactiquement avec ses unités parachutistes ou sur un plan logistique pour la mise en place et le soutien des forces déployées. Enfin, elle n'est pas obnubilée par ce qui se passe au sol puisqu'elle conserve toujours les yeux vers le haut, que ce soit pour établir ses

(1) *Système de drone tactique intérimaire* : Sagem *Sperwer*.

(2) *Drone de reconnaissance au contact* : EADS *Tracker*.

(3) *Système de minidrones de renseignement* : Thales *SpyRanger*.

(4) *Camions équipés d'un système d'artillerie*.

(5) *Lance-roquettes unitaire*.

communications, obtenir les images de différents capteurs ou agir sur le spectre électromagnétique.

Le destin de l'Armée de terre est donc intimement lié à l'Espace et à l'aéronautique, que ce soit sur un plan capacitaire ou sur la façon de conduire les opérations.

Une Armée de terre moderne, actrice d'un espace « aéroterrestre »

Tout ce qui touche à l'air et à l'Espace, entraîne spontanément dans l'imaginaire collectif une impression de modernité et de haute technologie, réduisant le combat terrestre à de la simple rusticité, dans une guerre qui aurait peu évolué depuis l'époque des tranchées et des bandes molletières. Comme si la vivacité de l'Armée de terre devait être liée à sa vitesse de déplacement ! C'est bien mal la connaître.

Tout en développant cet esprit guerrier indispensable au combattant qui puise dans les traditions de son arme et dans la maîtrise de la haute technologie une constante volonté de dominer son adversaire, l'Armée de terre française d'aujourd'hui entre pleinement, notamment avec le programme *Scorpion*, dans le XXI^e siècle. *Scorpion* constitue un réel modèle de combat collaboratif. Le système associe capteurs et effecteurs au sein d'un *Intranet* de théâtre, permettant en temps réel tant la transmission instantanée d'alertes que des réticulations de dispositifs. Il ouvre la voie à une exploitation encore supérieure des opportunités par l'Intelligence artificielle (IA). *Scorpion* ancre l'Armée de terre dans la haute technologie.

Le domaine d'action de l'Armée de terre s'étend du sol à la couche inférieure de l'espace aérien qui prolonge tout naturellement la manœuvre terrestre, c'est pourquoi nous parlons aujourd'hui d'action « aéroterrestre ». L'Armée de terre dispose de moyens adaptés pour gérer et organiser au mieux cet espace, comme les radars de surveillance et les systèmes de coordination. Elle est également capable de le défendre, en partageant la lutte antiaérienne avec l'Armée de l'air. C'est un sujet d'autant plus complexe qu'il s'agit avec peu de moyens fixes et mobiles de protéger des forces en mouvement qui accroissent leur besoin de protection au fur et à mesure de leur progression. Cette manœuvre de défense d'accompagnement demande un réel partage de la Coordination des intervenants dans la troisième dimension (CI3D), voire des moyens de l'Armée de l'air, comme le *SAMP*⁽⁶⁾ et le *SACP NG*⁽⁷⁾. Pour l'Armée de terre, la CI3D constitue un domaine de compétence stratégique qui doit être partagé avec les autres armées.

(6) *Système sol-air moyenne portée.*

(7) *Système d'arme anti-aérien à courte portée Nouvelle génération : Thales-MBDA Crotale.*

Une Armée de terre dépendante de l'Espace

Tout combat moderne dépend grandement des données satellitaires, qui offrent précision, débit et sécurité. Elles sont indispensables au positionnement de haute précision notamment pour le *Blue Force Tracking* ⁽⁸⁾ et les tirs de certaines munitions. Elles alimentent l'infovalorisation qui combine les données de positionnement avec les terrains numérisés à partir d'images satellites. L'Armée de terre ne peut également pas se passer des communications satellitaires qui s'affranchissent des distances, sont sécurisées et résilientes. Avec *Syracuse IV*, elle dispose également de flux à haut débit, permettant le partage d'images, de vidéo, d'alertes instantanées. N'oublions pas enfin toute la partie du renseignement qui vient de l'Espace ou y transite.

Les systèmes de commandement de demain, en vol et au sol, devront utiliser au maximum la supériorité informationnelle. L'Armée de terre compte donc sur l'Armée de l'air pour mener le cas échéant la guerre dans l'Espace, pour protéger nos satellites et neutraliser le cas échéant les autres. Dans le même temps, elle entend bien développer ses capacités pour disposer d'un partage égal des services venant d'espace sans contrainte, comme la Comsat (communication par satellite) qui devrait pouvoir équiper ses avions et ses drones majeurs.

La maîtrise du combat aéroterrestre

Après ce détour capacitaire, venons-en à la façon d'appréhender le combat. La synergie entre des moyens au sol et des moyens qui volent au plus près du sol a conduit à formaliser le concept d'aérocombat, qui est le mode d'action préférentiel de l'Alat. En combinant les atouts de chaque composante engagée (agilité des hélicoptères, puissance de l'artillerie sol-sol, capacité de tenir, fouiller et viabiliser le terrain de l'infanterie et du génie), l'Armée de terre dispose d'unités très agiles, puissantes et capables de conduire des actions décisives. Selon les principes de la guerre de l'amiral Labouerie, « Incertitude et Foudroyance », les unités d'aérocombat peuvent agir à plus de 500 km de leur base de départ. Aptes à s'emparer, défendre et tenir des points particuliers, elles dominent l'ennemi, particulièrement dans le choc final des 50 derniers mètres, dans lesquels tout se joue « au contact ».

Bien sûr, ces opérations audacieuses ne se font pas toutes seules. Elles nécessitent l'appui de moyens venant d'autres armées, de l'Armée de l'air ou de la Marine, pour assurer la supériorité aérienne, apporter localement un surcroît de puissance ou stopper un ennemi qui voudrait contre-attaquer.

Il est réellement stérile de vouloir opposer les armées les unes aux autres en offrant un *satisfecit* à tel ou tel, alors qu'au combat, toutes les actions doivent se compléter dans l'espace, dans le temps et dans leurs effets.

(8) Un système de localisation *GPS* des forces amies.

Les moyens de combat sont cependant rares et souvent sur-employés. Il faudrait pouvoir les utiliser massivement un peu partout pour prendre l'ascendant sur un ennemi qui a justement cherché à les disperser, pour diluer nos efforts. Les armées ont alors besoin d'identifier les capacités qui permettront d'augmenter le rendement des unités clés, en développant de réels coefficients multiplicateurs de force. Ce sont ces capacités qui permettent d'ajuster les rapports de force, dont la rigueur mathématique structure pourtant la tactique. Globalement, pour attaquer, l'expérience montre qu'il faut être dans un rapport de 3 contre 1 pour espérer quelque succès. Mais si l'on est capable de déplacer très rapidement une partie de ses troupes pour être là où le front pourra être brisé, alors n'hésitons pas à attaquer localement à 10 contre 1 ! C'est ce que l'empereur Napoléon pratiquait sur les champs de bataille, remportant des victoires magistrales dans une infériorité numérique globale, en étant surpuissant là où il avait décidé de briser son ennemi. Le point clé réside dans la mobilité tactique qui permet d'esquiver le combat par endroits pour saturer l'ennemi là où il doit être défait. C'est encore plus vrai aujourd'hui avec des armées moins nombreuses réparties sur des champs de bataille beaucoup plus vastes. Par l'intermédiaire de *Scorpion*, l'Armée de terre fonde son avenir sur cette agilité tactique, convaincue cependant que d'excellents multiplicateurs de forces viendront des vecteurs aériens, qu'ils appartiennent à l'Armée de l'air ou à l'Armée de terre.

Des contraintes et des logiques différentes entre les armées

Les différences entre ces deux armées deviennent pourtant parfois sensibles, notamment quand elles se disputent des parts de budget sur des systèmes apparemment semblables, au moment des grands choix politiques. Or, avant de les opposer, il vaut mieux comprendre ce qui les distingue, pour évaluer ce qu'elles ont chacune de complémentaire et d'irremplaçable. Ces deux armées, liées dans la victoire, doivent s'imposer chacune dans un domaine différent. L'Armée de terre agit dans un espace-temps déterminé, là où le sort de la bataille va être tranché. En 1940, la bataille de France a été perdue à Sedan, entre le 10 et le 15 mai, lorsque la *Wehrmacht* a percé le front. Il n'a jamais été possible de rattraper ultérieurement la campagne, car lorsqu'une unité de combat exploite une percée, ce sont des moyens tout puissants qui se livrent à un carnage sur des objectifs très faiblement défendus. La destruction des postes de commandements et des dépôts logistiques, dont la perte tarit le flux vital qui alimente les unités de 1^{er} échelon, accroît le chaos et la désorganisation. Le destin de la guerre est donc lié pour une Armée de terre à un lieu et un endroit, non reportables. Elle ne peut de surcroît que très difficilement esquiver son ennemi dès qu'il s'est accroché à elle. Revenons en 1940. Quelques mois plus tard, la bataille d'Angleterre nous fournit un exemple de succès bien différent, puisque la *Royal Air Force (RAF)* encaisse trois mois de défaites tactiques, ne parvenant pas à empêcher la *Luftwaffe* de bombarder Londres et l'Angleterre. Or, au bout du compte, c'est elle qui remporte la victoire. Comme pour la guerre

navale, la guerre aérienne est avant tout une affaire de « flotte » et de préservation du potentiel de combat. Ces armées peuvent esquiver le combat, choisir leur moment et user leur adversaire dans un combat d'attrition. Pour ces armées, l'ennemi ne cesse d'être une menace qu'à partir du moment où son arsenal est détruit.

Il s'agit donc de deux façons très différentes d'atteindre la victoire ou d'encaisser une défaite, qui façonnent les mentalités de chaque armée. Ce sont pourtant deux facettes de la guerre qu'il faut gagner. Le plus facile est de le faire successivement, mais détruire les flottes ennemies avant d'engager le combat au sol est un préalable théorique que l'on trouve rarement dans l'histoire. Il faut le plus souvent tout faire en même temps au risque de se perdre dans les priorités que l'on fixe sur la manière de conduire les opérations. Pourtant, il ne faut pas opposer conduite aérienne et conduite terrestre des opérations ; elles alimentent toutes deux une même bataille. Il n'y a pas de guerre gagnée sans rupture et exploitation au sol, tout comme il n'y a pas de bataille gagnée au sol tant que l'Armée de l'air ennemie est encore capable de s'opposer à l'action au sol. Le même raisonnement est bien entendu vrai pour la Marine, où il n'y a pas de victoire terrestre, sans liberté d'action à la mer. L'important est de bien mettre chacun à sa place : la bataille aérienne doit être conduite selon une logique aérienne, tandis que celle qui est conduite au sol doit l'être selon une logique terrestre. Ce besoin de comprendre la particularité de l'autre a conduit à la création des structures de commandement interarmées, au sein desquelles chaque logique parvient le plus souvent à s'exprimer.

La complémentarité des approches

La façon d'imaginer le déroulement des opérations dépend également d'une culture particulière, façonnée par la confiance que l'on peut accorder à la technologie et à la façon d'appréhender le réel, de le mettre en équation et d'en tirer des successions d'actions. À l'heure des images satellites et aériennes de très grande qualité, des capacités d'écoutes, d'exploitation et de compréhension des réseaux humains et techniques, la tentation est grande de penser connaître une très grande partie du réel et de considérer que ce que l'on en connaît représente en fait la réalité. Mais c'est oublier que la dissimulation fait partie de la guerre ! Ce sont des opérations de déception, des stocks de chars en caoutchouc et des avions en bois, qui ont fait croire aux Allemands que le débarquement de Normandie n'était qu'une diversion. Aujourd'hui, la donnée, le *Big Data* et l'*IA* se prêtent parfaitement à des manœuvres modernes de déception de l'ennemi, en faussant les analyses par des données falsifiées. L'illusion fait partie de la guerre, ce qui doit conduire à recouper en permanence les informations par des moyens différents pour ne pas se laisser intoxiquer.

Une fois le « connu » maîtrisé, il est ensuite traduit en objectifs à détruire selon une campagne méthodique visant à casser ce qui permet à l'ennemi d'exister et bien souvent malheureusement également à la population de vivre. L'engrenage

de la planification s'enclenche, jusqu'à ce que l'attrition ait atteint le niveau requis. Dans une même action, on détruit la partie connue du dispositif de combat de l'ennemi, tout en s'offusquant des dommages collatéraux qu'il faut consentir sur la population civile. Mais comment fait-on pour détruire la partie inconnue et cachée par l'ennemi ? Comment fait-on pour ne pas dresser contre soi des générations de combattants révoltés par la déshumanisation de la guerre ? La brutalité ne pousse-t-elle pas à la résistance et à la révolte ?

Il faut savoir sortir de certaines impasses et donner un second souffle à la campagne, en allant débusquer l'ennemi là où il s'est terré, en le provoquant et en le poussant à la faute tactique. C'est ce qui a été décidé lors de la guerre de Libye de 2011, où après une campagne aérienne très efficace, le dispositif au sol s'est figé, mettant en danger les populations locales. Le déblocage fut obtenu par une succession de raids menés par l'Alat à partir de la mer. En rentrant dans un véritable jeu du chat et de la souris, les hélicoptères ont défié les forces fidèles à Kadhafi, les poussant à la faute et à s'exposer. Il a fallu rentrer dans la mentalité des combattants, accepter des risques très élevés, pour détruire pratiquement 400 véhicules, soit deux brigades, ce qui a conduit à la rupture du front et a précipité la fin du conflit.

La symphonie des feux

Lorsque le combattant est au contact de son ennemi au sol, il se trouve très rapidement fixé par les tirs de ce dernier. Incapable de manœuvrer, il doit attendre que le déblocage de la situation vienne d'ailleurs. Le salut peut provenir d'une autre unité, qui force l'ennemi à bouger. Bien souvent, il résulte des feux indirects qu'ils proviennent de l'artillerie ou des aéronefs. C'est un peu comme si une partition s'écrivait alors, donnant à chaque type d'arme quelque chose de particulier à produire, comme chaque instrument d'un orchestre doit jouer sa phrase musicale au bon moment, dans le bon registre. L'Armée de l'air délivre des feux particuliers, massifs, brutaux et puissants. L'artillerie est capable de produire des effets divers, faisant tomber les obus en grappe, sur une ligne, voire formant un périmètre autour d'une unité que l'on voudrait protéger. Les obus explosent à l'impact pour détruire ce qui est solide ou avant l'impact pour casser par des éclats ce qui est mal protégé. Ils peuvent être explosifs, fumigènes, éclairants, voire guidés pour plus de précision.

Chaque système peut donc produire un effet particulier dans le but d'ôter à l'ennemi toute volonté de combattre. Mais la question que l'on doit alors se poser est de savoir : qui est le compositeur de cette symphonie et qui en est le chef d'orchestre ? Les adeptes d'une planification à outrance attribueront ces rôles à des états-majors loin du contact, ne laissant qu'un rôle technique à ceux qui sont en première ligne. D'autres préféreront laisser celui qui est aux commandes de l'action en cours décider lui-même de la manœuvre des feux. Le débat est ouvert, sachant que la meilleure solution est celle qui produira les meilleurs effets, au moment

choisi. Lors des engagements en Libye, l'Alat a bénéficié du « *cockpit delegation* » autorisant les commandants de bord à décider eux-mêmes de leurs objectifs et de l'ouverture du feu, alors que d'autres composantes devaient obtenir une autorisation spécifique à chaque tir, laissant passer l'instant fugitif où l'ennemi s'était imprudemment dévoilé. La délégation de l'autorisation du tir et la conception de la manœuvre des feux sont un point essentiel de l'efficacité au combat.

Maîtriser l'interface entre deux milieux

Les unités déployées au sol tiennent le terrain, mais n'ont qu'une vue très partielle de la situation, du fait des masques du relief et des fumées qui surgissent rapidement au combat. Or, les avions ne peuvent rester trop longtemps dans ces zones dangereuses, où ils entrent dans le domaine de tir de l'ennemi. Il faut donc décrire au vecteur rapide l'objectif et la situation tactique pour faciliter son attaque ; il en va de même pour les tirs indirects qu'il faut constamment régler sur les objectifs qui peuvent se déplacer ou se dévoiler. Les cellules de guidage sont aujourd'hui préférentiellement au sol ; elles se heurtent alors aux mêmes limitations que les unités déployées. Dès qu'il est possible, il y a un intérêt très fort à voir « par le haut » pour guider les feux. Durant la guerre d'Indochine, c'est ce qui avait conduit à développer une aviation d'observation d'artillerie, responsable de « tenir le ciel » pour fournir aux artilleurs et aux aviateurs les yeux indispensables pour réussir leurs missions. Ce besoin est aujourd'hui partiellement couvert par les drones et par l'Alat. Il ne fera que croître dans les années à venir, conférant à ce monde d'interface entre deux milieux complémentaires un rôle essentiel. De sa qualité dépendra l'efficacité de l'ensemble de l'outil de combat.

**

La France est une nation militaire qui compte. Elle possède un modèle d'armée complet, capable de conduire des opérations autonomes et de peser sur la conduite des opérations en coalition. Alliée fidèle et membre permanent du Conseil de sécurité des Nations unies, elle tient son rang militaire et ne refuse pas de payer le prix du sang. Patrie des droits de l'homme, profondément humaniste, elle sait que la guerre est un dérèglement temporaire de la vie en société. Elle sait qu'il faut la faire quand c'est nécessaire ; qu'il faut la gagner si possible rapidement et la conduire avec humanité pour tenter de reconstruire tout aussi rapidement le « vivre ensemble ». C'est pourquoi l'Armée de terre française n'hésite pas à s'engager là où c'est difficile, quand il le faut pour préserver des vies et maîtriser la crise. Elle le fait avec l'appui entier des autres composantes de l'Armée française voire de ses alliés, en développant toutes les complémentarités et synergies possibles, notamment celles favorisées par les programmes développés en coopération multinationale. Armée moderne, totalement engagée dans l'emploi de la 3^e dimension, l'Armée de terre est donc un acteur tout naturel et structurel du Salon aéronautique du Bourget. ♦

L'air, l'Espace et l'action navale

Guillaume GOUTAY

Contre-amiral, Commandant la force de l'aéronautique navale.

« **L'**art de la guerre est en définitive l'art de garder sa liberté », selon les propos du général athénien Xénophon. Dit autrement, il s'agit pour toute force armée de connaître les mouvements de son adversaire, ce que les tacticiens dénomment la « sûreté », véritable âme de la manœuvre. Ce principe de la guerre, qui n'est évidemment pas unique pour l'action militaire, permet la préservation de l'initiative et explique que, très tôt, l'homme ait cherché à éclairer le champ de bataille. En mer, pour une force navale ou pour un bâtiment de combat, cette capacité à surveiller l'avant a été réalisée par de nombreux moyens dont l'efficacité s'est avérée variable tout au long des siècles et a connu des réussites contrastées. La prégnance du besoin aux différents niveaux de la conduite de la guerre ou de la bataille sur mer reste bien évidemment d'actualité.

C'est, quoi qu'il en soit, ce qui a poussé l'homme, dès la fin du XVIII^e siècle, à élever son champ d'observation le plus loin et le plus haut possible. En 1784, le comte d'Artois pressent d'ailleurs que l'usage des airs est un moyen sûr de contester l'usage des mers, en particulier lorsque la flotte nous est supérieure ⁽¹⁾.

Sur terre, les aéroliers, créés en 1794 par le comité de Salut public puis devenus hommes de l'arme du Génie dans leur versant militaire en 1866, peuvent être considérés comme les illustres précurseurs de l'observation aérienne française. Leurs faits d'armes au cours de la Grande Guerre ne lassent pas d'étonner. Ils sont dès lors rejoints par d'autres aventuriers comme Louis Blériot qui accomplit sa traversée de la Manche en 1909.

Rien d'anormal à ce que les esprits féconds de la Marine, ministre en tête, s'intéressent dès lors au volet naval de l'observation aérienne, en accordant très vite la primauté à l'aviation sur l'aérostation. Ce choix s'explique notamment par les développements rapides de la motorisation des voilures fixes. La première commission sur ce sujet est constituée en avril 1910, son rapport rendu le 1^{er} juillet de la même année est unanimement considéré comme l'acte fondateur de l'aviation maritime dont le service est créé par décret du 20 mars 1912. Le premier

(1) « Les Anglais, nation trop fière
S'arrogent l'empire des mers
Les Français, nation légère
S'emparent de celui des airs. »

conflit mondial donnera véritablement naissance à cette composante de la Marine, tant le besoin de surveillance et de contrôle de nos approches, infestées de sous-marins ennemis, se révélera d'une importance capitale pour le cours de la guerre.

107 ans d'histoire aéronavale ne pouvant se résumer si simplement, au risque de frustrer le lecteur, je le renverrai aux nombreux et passionnants ouvrages sur le sujet ⁽²⁾. Je mentionne ici que cette arme a perdu 1 600 des fils que la Nation lui avait confiés, morts en service aérien dans l'accomplissement de leur mission, au combat, en entraînement ou au cours de vols « d'essai ». Le premier d'entre eux, avant même la création de l'aviation maritime, est le matelot gabier Alexandre Prince, un Jurançonnais disparu héroïquement à bord de son ballon postal en 1870, engagé dans les missions de défense de Paris.

L'un des moments emblématiques de l'histoire de l'aéronautique navale est le lancement du premier porte-avions en 1920, le *Béarn*, et le premier appontage du lieutenant de vaisseau Teste à son bord le 20 octobre de la même année, véritable exploit accompli en rade de Toulon. Sans négliger ce que les avions au long rayon d'action basés à terre, puis les voilures tournantes, ont pu apporter au combat naval, il demeure que cette composante aéronavale structure magistralement les évolutions de l'aviation maritime au XX^e siècle. Cela sera, à n'en pas douter, encore le cas au cours du siècle qui s'ouvre, à l'heure où le monde connaît un attrait renouvelé pour des porte-avions puissamment armés, qui se traduit par une multiplication des mises en chantier. Les capacités et effets militaires de ces bâtiments semblent en effet promis à des développements nouveaux dans des champs d'action d'ores et déjà à l'étude.

Cette courte évocation historique nous permet de situer l'aéronautique navale contemporaine comme l'héritière d'un passé centenaire dont les valeurs humaines, technologiques et combattantes sont uniques dans nos armées. Elle a également pour vertu de nous rappeler l'inventivité et le génie français au service de l'arme aérienne, devenue de fait très vite consubstantielle de l'action navale, ce que souligne parfaitement la contraction « aéronavale ». Ce terme illustre à lui seul le *continuum* qui s'opère en mer, des profondeurs océaniques ⁽³⁾ à l'Espace, dans des champs matériels et immatériels aujourd'hui difficilement dissociables et dont la maîtrise, au moins partielle, est vitale pour les États et leur marine.



Quels avantages stratégiques tire ainsi cette composante aérienne de la Marine, les « ailes de la mer », de cet espace de manœuvre ?

(2) Dernier en date, *Vol au vent marin, un regard sur l'aéronautique navale*, Amiral Oudot de Dainville, 2017, Éditions de l'ARDHAN, 308 pages.

(3) En référence à l'action des aéronefs de la Marine dans le domaine de la lutte sous la mer, au moyen de sonars trem-pés ou de bouées acoustiques larguées.

Reprenons en premier lieu les derniers travaux prospectifs du ministère des Armées et la *Revue stratégique* publiée en 2017. Que ce soit par l'examen des principales menaces, réémergence assumée des États-puissances sur mer et terrorisme d'inspiration djihadiste, ou par le prisme de l'actualisation des grandes fonctions des *Livres blancs* successifs, l'engagement de l'arme aéronavale semble indissociable des missions de défense et de sécurité menées par la Marine au XXI^e siècle. Sur tout l'éventail de ces missions, de l'action de l'État en mer et ses opérations de « service public » sur nos 18 000 kilomètres de côtes ⁽⁴⁾, aux engagements durcis contre l'hydre djihadiste en passant par la dissuasion nucléaire et les mesures de sûreté qu'elle requiert, cette force tire profit de nombreux facteurs clés pour agir.

Le premier est sans conteste la liberté d'action que confère le statut des mers et océans, et leurs espaces surjacents. Sans occulter le constat de la volonté d'États de territorialiser des pans d'espaces maritimes, de contester des souverainetés fondées sur le droit international ou encore d'affirmer une présence renforcée dans l'Espace, ce qui rend d'autant plus impérieux le besoin d'en connaître, il est probable que cette liberté ne subira pas d'inflexion majeure à moyen terme. Des évolutions sont cependant prévisibles, dans les champs immatériels et dans l'utilisation de l'espace extra-atmosphérique par exemple ⁽⁵⁾ ; elles doivent retenir toute notre attention pour les travaux prospectifs menés par le ministère et l'Industrie.

Cette première qualité de l'espace de manœuvre aéromaritime est la clé de voûte indissociable des autres facteurs de succès. Si elle est précieuse pour l'aéronautique navale, elle l'est aussi pour l'ensemble des forces armées qui opèrent régulièrement à nos côtés en mer.

La mobilité stratégique et tactique qui en découle pour nos forces aéronavales apparaît dès lors clairement. Là encore, en écho aux conclusions de la *Revue stratégique*, l'évolution du contexte international et les visions mahaniennes de certains États doivent nous inciter à une réflexion approfondie. Il s'agira de conserver cet avantage avec la confirmation d'aptitudes futures qu'il nous appartient de définir dès à présent. À titre d'exemple, la prolifération sous-marine, les nouvelles capacités d'intervention dans l'Espace ou dans le champ cybernétique de certains États, les menaces que font peser en mer des groupes terroristes aguerris ou non, représentent quelques-uns des marquants pour la définition de nos capacités aéronavales futures.

À la mobilité répondent l'imprévisibilité et la souplesse d'emploi du potentiel militaire que représente l'aéronavale, notamment dans son volet embarqué constitué de voilures fixes et tournantes, habitées ou non. Gradué, autonome, agile, furtif à

(4) À titre d'exemple, les aéronefs de la Marine contribuent chaque année à secourir 300 personnes en mer.

(5) Comme de nombreux acteurs de nos armées, l'aéronautique navale est consommatrice de ressource spatiale, pour le positionnement de ses vecteurs, la délivrance d'armement de précision parfois bien au-delà de l'horizon ou à terre, les communications à haut débit, la surveillance satellitaire des espaces maritimes, domaine en croissance continue.

la limite de l'indétectable selon le contexte ⁽⁶⁾, il ouvre un large champ des possibles aux décideurs politiques et militaires pour renseigner, prévenir, dissuader, agir et neutraliser, parfois avec un effet de surprise associé. Intervient ici la somme des savoir-faire et des ressources, fruits des nombreux engagements au combat et de la volonté durable de notre pays de parvenir à un tel niveau de maîtrise de cet outil. Ce potentiel humain, technologique et cette énergie déployée depuis des décennies constituent un capital inestimable qu'il nous appartient de transmettre à nos successeurs ⁽⁷⁾. Il est partagé avec un très petit nombre de pays, à ce jour essentiellement occidentaux à ce niveau de souveraineté.

*

**

Emblème de ce patrimoine, le groupe aéronaval est unique en Europe. À bord du porte-avions *Charles-de-Gaulle*, son groupe aérien en est le bras armé : jusqu'à 30 *Rafale*, 2 *Hawkeye* et plusieurs hélicoptères de combat, combinés aux moyens du plot RESCO (Recherche et sauvetage de combat) de l'Armée de l'air et des vecteurs aériens de chacun des bâtiments du groupe. Autonome, mobile, polyvalent, il peut parfois être déployé selon le contexte de menaces avec le soutien et la protection des avions de patrouille maritime depuis la terre. Puissance de feu sur mer ⁽⁸⁾ ou en appui des forces terrestres ⁽⁹⁾, maîtrise des espaces aéromaritimes, formidable contributeur au renseignement sur un théâtre, apte au travail en coalition et en soutien de notre action diplomatique, sa modernisation récente constitue un atout majeur pour nos armées. Il inscrit régulièrement son action au côté d'une campagne aérienne depuis la terre. Soulignons enfin qu'il est aussi acteur de la dissuasion avec le triptyque porte-avions/*Rafale*/missile *ASMPA* ⁽¹⁰⁾. C'est donc un outil de combat de premier plan, adapté au temps de paix, de crise ou de guerre, réversible, potentiellement ostentatoire, souple, à la main du chef de l'État.

Autre déterminant, avantage majeur et historique de l'aéronautique navale, son intégration complète avec les autres forces de la Marine, la Force d'action navale (FAN) en premier lieu. Il s'agit ici de la mise en œuvre de la capacité aérienne depuis les bâtiments de combat comme les frégates, porte-hélicoptères amphibies ou le porte-avions. Les interactions sont dans ce domaine complètes et permanentes, l'aéronef étant l'un des systèmes d'armes du bâtiment, de sa phase de définition jusqu'à son emploi opérationnel. Aucun bâtiment de premier rang ne peut se concevoir sans cette capacité, aujourd'hui très majoritairement habitée, demain complétée et appuyée par des drones aériens. Mais les interactions sont

(6) Exemple de la mise en œuvre de vecteurs aériens de nuit à très basse hauteur depuis leur bâtiment au large ou de drones à la signature électromagnétique ou acoustique quasiment nulle.

(7) D'un point de vue humain, la modification de nos sociologies occidentales rend la préservation de ce capital plus délicate.

(8) Au profit notamment des actions de « *sea command* » ou « *sea control* », de combat en haute mer.

(9) Emploi très régulier des porte-avions, par exemple à Dien Bien Phu, en Afghanistan et aujourd'hui au Levant.

(10) *Air-sol moyenne portée améliorée*.

aussi déterminantes avec les forces sous-marines (Fost), dont l'aéronautique navale assure la sûreté avec ses hélicoptères et avions de patrouille maritime, au profit de notre dissuasion. Enfin, la coopération avec les forces spéciales de la Marine (Forfusco) est elle aussi très développée, ainsi que le démontrent des domaines d'emploi comme le contre-terrorisme maritime, la lutte contre les activités illicites nécessitant des actions de vive force en mer, ou encore la projection de ces forces depuis la mer vers la terre.

Cette force a également naturellement vocation à interagir avec l'arme aérienne dans son ensemble, nationale ou alliée. Ses capacités sont totalement interoperables avec l'ensemble des aéronautiques militaires de l'Otan et au-delà, par ses équipements, procédures et doctrines d'emploi. Elle mutualise d'ailleurs ses ressources dans des domaines organiques comme la formation ou le Maintien en condition opérationnelle (MCO).

Enfin, son système d'hommes est résolument et profondément enraciné dans la Marine. C'est un autre trait d'union entre l'action navale et l'action aérospatiale. Les femmes et les hommes de l'aéronautique navale sont avant tout des marins, au service d'une arme dont les codes, les valeurs et l'ADN sont spécifiques. Mais ils ont l'intime conviction que leur excellence et leur performance, atteintes au prix d'efforts parfois conséquents ⁽¹¹⁾, sont le fruit de cette culture maritime commune. Voler, dépanner, contrôler, combattre en mer, dans ce cadre espace-temps spécifique, sont des métiers de marin. Appréhender cet environnement, son hostilité et son exigence si caractéristiques, entretenir la nécessaire autonomie requise par les opérations en mer et compenser l'absence régulière à toute référence extérieure commune ⁽¹²⁾ sont des qualités dont l'apprentissage est singulier.

Voilà, brossés succinctement, quelques traits de notre aéronavale, totalement investie vers la conduite des missions aéro-maritimes et aéro-terrestres, ses deux milieux de prédilection.

*

**

L'air, l'Espace et l'action navale sont ainsi indissociables pour une marine de premier rang, ce à quoi aspirent de nombreuses puissances émergentes ou résurgentes. Comme pour une marine, une aéronautique navale complète se bâtit au long cours, elle est le fruit d'une volonté farouche de maîtriser un domaine par essence « extra-ordinaire » ♦

(11) Sept ans en moyenne pour un officier sous contrat pilote entre l'arrivée dans la Marine et la qualification « chef de patrouille » sur *Rafale*, apte à l'ensemble des missions de cet avion multirôles, dont la mise en œuvre de l'arme nucléaire ou l'appontage de nuit.

(12) Exemple de la perte fréquente du lien numérique avec « ceux de l'arrière », ou encore plus simplement d'un horizon naturel en vol dans une nuit d'encre.

Le cyber et l'action militaire dans l'air et l'Espace

Didier TISSEYRE

| Général de brigade aérienne, adjoint au commandant de la cyberdéfense.

La transformation numérique des sociétés et la mondialisation ont conduit à la création d'un véritable espace dans lequel presque toutes les activités humaines peuvent être appréhendées : le « cyberspace ». Du fait de ses caractéristiques, il est une chance, notamment économique, scientifique et culturelle, car il amplifie les échanges, ce qui favorise le progrès et la création de richesses. Cependant, parce qu'il permet potentiellement d'atteindre tous ceux qui s'y connectent et tous les systèmes déployés, c'est aussi un milieu qui attire les convoitises, propice à la criminalité, l'espionnage, l'influence, le sabotage et/ou la déstabilisation. C'est donc un milieu de conflictualités qui induit des enjeux de sécurité et de défense.

Les interactions entre l'espace cyber et les autres espaces (terrestre, maritime, aérien et spatial) sont multiples et à plusieurs niveaux. En effet, le cyber est un espace transverse qui permet d'atteindre tous les autres. Tout comme les espaces terrestre et maritime, l'air et le spatial bénéficient d'une forte numérisation qui concoure à l'efficacité de l'action militaire dans ces milieux. Cette numérisation devient donc une source nouvelle de vulnérabilités. Sommes-nous condamnés à subir face à des risques certains et des menaces avérées (le « *Winter is coming!* » de la série *Game of Thrones*), en espérant que nos protections tiennent ? N'y a-t-il pas une stratégie pour mieux maîtriser ces risques et contrer ces menaces ? Ne pourrions-nous pas retourner ces vulnérabilités à notre avantage pour préserver notre liberté d'action, notre souveraineté, mais également la contester à nos adversaires ?

Pour faire face aux risques induits par le cyberspace, qui pourraient limiter l'action militaire dans l'air et le spatial, il est nécessaire, d'une part, de disposer d'une véritable défense opérationnelle cyber de tous nos systèmes, qui s'appuie sur une posture permanente de cyberdéfense, et, d'autre part, d'avoir la capacité à planifier et conduire des opérations militaires défensives et offensives dans le cyberspace tant sur les théâtres d'opérations extérieures que pour la défense des systèmes numérisés des armées. Et, de façon paradoxale dans cet environnement hyper-technologique, ce sont les qualités intrinsèques de l'humain, mises en œuvre dans le cadre de nouveaux métiers, qui permettent de répondre aux enjeux.

Pour étayer ces analyses et propositions, nous nous intéresserons successivement aux caractéristiques du cyberspace et aux vulnérabilités induites sur l'action militaire dans l'air et le spatial, puis aux capacités qu'il faut développer pour se défendre et mener des opérations dans le cyberspace.

Bénéfices de la numérisation et dangers du cyberspace

La numérisation de masse de l'information, le développement exponentiel des puissances de calcul, l'interconnexion des réseaux et la baisse des coûts des technologies associées ont conduit à une transformation de toutes les activités humaines. L'informatisation des processus optimise les activités et de nouveaux usages voient le jour, permettant de s'affranchir des cadres normatifs et réglementaires traditionnels. Ainsi, États, administrations ou acteurs historiques de secteurs disparaissent au profit d'une relation directe entre utilisateur et fournisseur de service. La numérisation est un multiplicateur d'opportunités et contribue au développement du progrès. Le réseau *Internet* est l'exemple emblématique de cette toile mondiale, connectée par câble ou onde, sur laquelle se branchent de nombreux réseaux privés ou publics. Initialement limitée aux systèmes d'information et de communication, la numérisation s'est également largement étendue aux systèmes de contrôle à distance d'automatismes (*Supervisory Control And Data Acquisition – SCADA*) et, dans le domaine de la défense, aux systèmes de commandement et de conduite (C2) ainsi qu'à presque tous les systèmes d'armes.

L'interconnexion mondiale des systèmes numérisés a créé un espace complètement artificiel, le « cyber », où chacun peut potentiellement interagir avec tous. Au vu de la transformation profonde des sociétés qui accompagne son déploiement, nous pourrions dire qu'il est l'émergence de la numérisation des espaces physiques (terrestre, maritime, aérien et spatial), dans le sens du concept philosophique. Car c'est un espace d'un niveau supérieur puisqu'il interpénètre tous les autres et permet d'y agir. Dans un autre univers (Tolkien), nous invoquerions que c'est un espace « pour les gouverner tous ». Parfois vu comme un tout, le cyberspace n'est pas homogène et est souvent décrit selon 3 couches superposées : physique, logique et sémantique (ou cognitive/sociale). La première est constituée des matériels et composants informatiques ainsi que les réseaux qui les relient qui peuvent être des câbles, fibres ou ondes électromagnétiques. La deuxième est constituée de l'ensemble des données numériques, des processus de traitement et flux d'échange qui sont activés dans la couche physique. La troisième rassemble ce qui est échangé entre les humains (idées, sentiments...) dans le cyberspace notamment par l'intermédiaire d'identités numériques (avatars) animées par ses utilisateurs. Ces trois couches sont interdépendantes et agir sur l'une peut avoir également des conséquences sur les autres. Il est possible de masquer son identité réelle et ses traces pour rester anonyme et/ou furtif.

Nos sociétés et administrations utilisent massivement le cyberspace pour soutenir leurs activités et en deviennent dépendantes. Or, ses contours et sa structure ne cessent d'évoluer. À part sa couche physique, il ne connaît pas de véritables limites, caractéristiques géographiques ou frontières politiques/juridiques qui permettraient de le rattacher à des États et de décliner les notions de territorialité ou de souveraineté. Peu présents, il est difficile à ces derniers d'y jouer leur rôle de stabilisateur. Ce sont les grandes entreprises associées au numérique (Gafam ⁽¹⁾, BATX ⁽²⁾, NATU ⁽³⁾) qui y sont réellement influentes tant au niveau économique que social. Certains révolutionnent des domaines entiers, comme Elon Musk, à l'origine du *New Space* avec SpaceX. De fait, ce ne sont plus les États qui initient ou soutiennent le développement des technologies dont celles essentielles aux activités aériennes et spatiales, et régulent leur diffusion, mais des intérêts privés.

Sur *Internet*, chacun, quelles que soient ses motivations, peut potentiellement diffuser une information ou un logiciel, de façon quasi instantanée, à des destinataires en masse ou de façon très ciblée. Il existe des outils pour se protéger contre les logiciels malveillants mais peu de protection contre la diffusion de fausses informations (*fake news* ou « infox ») qui visent à manipuler les opinions.

Vulnérabilités induites sur l'action militaire dans l'air et l'Espace

La mise à niveau fréquente des composants matériels et logiciels, pour des raisons d'obsolescence rapide, est une contrainte forte du cyberspace. S'appuyant sur des architectures ouvertes, il faut rajouter des mécanismes pour la confidentialité, la disponibilité, l'intégrité et la traçabilité des données et traitements. Du fait de la complexité du développement et du paramétrage des composants matériels et logiciels associés à ces mécanismes, des vulnérabilités peuvent être découvertes. Rendues publiques, elles donnent lieu à la diffusion de correctifs qui ne sont pas toujours installés aussi rapidement que nécessaire. Ainsi, il existe des opportunités pour les attaquants ; certains piègent même des correctifs pour infecter des machines. Par ailleurs, certains fabricants sont accusés de piéger les équipements ou logiciels qu'ils vendent au bénéfice de leur État d'appartenance (cf. les polémiques autour de Kaspersky ou de Huawei).

Les pires scénarios imaginent l'attaque des systèmes numérisés de mobiles aériens (avion, hélicoptère, drone, missile...) ou spatiaux (satellite, fusée...) civils ou militaires. Sans avoir besoin de pirates à bord, il serait possible de les prendre en main à distance pour les faire s'écraser, se percuter en vol ou être utilisés comme projectile volant, dans une déclinaison des attentats terroristes du 11 septembre 2001. D'autres scénarios imaginent l'intrusion dans un système de contrôle aérien pour

(1) Google, Amazon, Facebook, Apple, Microsoft.

(2) Baidu, Alibaba, Tencent et Xiaomi.

(3) Netflix, Airbnb, Tesla et Uber.

le leurrer en masquant/ajoutant/déplaçant des pistes. À ce jour, les quelques attaques réussies rendues publiques concernent les systèmes de réservations de vol ou de gestion des comptes voyageurs qui n'ont eu que des impacts financiers et sur l'image des compagnies.

Du fait des interopérabilités et interdépendances, les risques qui pèsent sur les activités civiles pèsent également sur les activités militaires. Tout ce qui est connecté à (ou dans) l'avion, *via* lien physique ou radio et même de façon asynchrone *via* support amovible, peut être utilisé comme canal d'entrée pour une cyberattaque. Ainsi, les systèmes de nouvelle génération pour la gestion du trafic aérien dans le cadre du ciel unique européen ou américain, qui se fonde sur des liens satellitaires et l'interconnexion des systèmes avec le regroupement des informations liées à l'avion et à son environnement, représentent une plus grande source de vulnérabilités cyber. La robustesse et la résilience face à un risque d'attaque systémique sont des enjeux majeurs pour toutes les organisations publiques et privées comme les compagnies aériennes, les aéroports, les armées de l'air, le secteur des missiles et lanceurs ainsi que celui des satellites.

Les cyberattaques concernent doublement l'action militaire dans l'air et l'Espace. D'une part, au titre des missions de l'Armée de l'air de défense de l'espace aérien et de la surveillance de l'espace exo-atmosphérique. D'autre part, au titre de la défense de ses propres capacités aériennes et spatiales. Il est donc indispensable de bien analyser ces risques et menaces, notamment pour évaluer leurs impacts possibles contre nos systèmes car, aujourd'hui, ce sont des « systèmes de systèmes » qui reposent sur des architectures complexes. Ils intègrent de nombreux constituants numérisés, aéroportés ou au sol, des liaisons de données et différents capteurs. Le concept de *C4ISTAR* (*Command, Control, Communications, Computers, Intelligence, Surveillance, Target Acquisition*) illustre bien les gains opérationnels offerts par le numérique qui permettent l'intégration de ces différentes fonctions, inimaginable à l'époque du traitement manuel et analogique. Les liaisons de données tactiques sont également une avancée majeure pour la coordination du combat et l'affectation optimale des cibles.

Pour la France, ces avancées se concrétisent par le « combat collaboratif » ou « combat connecté » avec le projet majeur du *Système de combat aérien du futur* (*Scaf*) qui regroupe avion de combat de 6^e génération et un large éventail d'éléments interconnectés et interopérables comme des drones. Cette interconnexion facilite la pénétration par un attaquant. Il en est de même pour toute la gamme des systèmes satellitaires utilisés par les militaires (observation, écoute, communications, positionnement-navigation) qui est potentiellement vulnérable dans tous ses composants et fonctions (charge utile, maintien à poste...), y compris *via* ses segments sol. Leur cybersécurité est un enjeu fort car il n'y a pas aujourd'hui d'opération militaire pour laquelle l'Espace n'est pas en soutien.

Opérations de cyberdéfense et action militaire dans l'air et l'Espace

Sans révolutionner les principes de la guerre (concentration des efforts, économie des moyens...), les armes cyber ouvrent de nouvelles perspectives aux États et groupes armés par leur caractère d'irrégularité et d'emploi hybride en complément des armes et actions traditionnelles. *Internet* permet de s'affranchir du temps, des distances et des frontières en diffusant de façon très ciblée ou plus large, une information ou un logiciel malveillant pour déstabiliser un État. La dépendance aux technologies de l'information des sociétés occidentales et la mondialisation (qui rend plus facilement accessible les hautes technologies) permettent de produire des effets contre elles dans le cyberspace. L'utilisation du cyberspace ajoute à la difficulté des États d'apporter la réponse adaptée dans un contexte où les frontières entre paix, crise et guerre ne sont plus autant marquées qu'auparavant. Il n'y a pas de définition internationale reconnue pour dire si une attaque cyber peut être considérée comme une agression armée, ouvrant le droit à la légitime défense au sens de l'article 51 de la Charte des Nations unies, voire au déclenchement d'une défense collective au sens de l'article 5 du Traité de l'Atlantique Nord. Les cyberattaques et les stratégies d'influence sur les réseaux sociaux apportent donc une asymétrie qui modifie profondément le cadre des rapports interétatiques.

Au-delà des impacts techniques, la prolifération de la menace, la variété des modes d'action souvent furtifs et difficilement attribuables, la multitude des cibles possibles, la capacité des cyberattaques à produire des effets globaux avec des ressources limitées induisent des enjeux opérationnels forts. Ils engagent la liberté d'action des forces armées et la souveraineté nationale. Nos adversaires sont en mesure de dérouler de véritables stratégies d'attaque contre les armées ou les industriels de défense. Les mesures organisationnelles et techniques de protection locales ne sont plus suffisantes et doivent être complétées par une défense cyber globale, réactive et dynamique, structurée dans le cadre d'une posture permanente de cyberdéfense. Elle s'articule autour d'une chaîne de commandement opérationnelle et de moyens humains et techniques spécialisés. Il faut anticiper les modes d'action adverses, les détecter, les caractériser, visualiser leurs impacts prévisibles et réagir afin de préserver au mieux notre activité opérationnelle. C'est une séquence comparable à celle de la défense aérienne, adaptée au cyberspace. Une attaque cyber pouvant être globale ou arriver par des chemins indirects, il est indispensable de partager entre tous les acteurs la même situation opérationnelle cyber afin de répondre collectivement aux crises.

Au sein du ministère des Armées, le commandement de la cyberdéfense (Comcyber) est responsable de la conduite des opérations de Lutte informatique défensive (LID) selon une politique de coordination de bout en bout autour d'un principe de subsidiarité. Chaque grande entité du ministère (armée, direction, service...) met en place les moyens de LID sur son périmètre de responsabilité supervisé par une structure technico-opérationnelle (un *Security Operations Center – SOC*). Le Centre d'analyse en LID (Calid), unité du Comcyber, assure

une « hypervision » technique d'ensemble, qui synthétise et partage l'information des situations cyber produites par l'ensemble des SOC ou par ses moyens propres. Au sommet de la chaîne de LID, le Comcyber dispose d'un centre d'opérations pour orienter le travail du Calid et des SOC et assurer la fonction d'« hypervision » opérationnelle. Complété par des informations en provenance des partenaires nationaux et internationaux de cybersécurité, de cyberdéfense et du renseignement, le Comcyber partage l'état de la menace cyber et des nouvelles vulnérabilités découvertes afin d'optimiser l'efficacité de la chaîne.

Les actions dans le cyberspace sont à considérer aujourd'hui comme de véritables opérations, leur conception et leur conduite doivent suivre le même type de processus que les opérations militaires traditionnelles. Elles s'appuient sur des moyens de C2 garants de la cohérence et de l'efficacité de la manœuvre. Bien qu'elles puissent être menées en autonome avec des objectifs propres, l'apport des opérations cyber-offensives est souvent plus important quand elles sont combinées avec des opérations traditionnelles, comme au bénéfice d'une attaque aérienne en profondeur pour la masquer aux radars, de façon plus discrète qu'avec un brouillage de guerre électronique.

Les opérations offensives permettent aussi de paralyser l'adversaire, ce qui évite ou limite les combats. La théorie de l'Américain John A. Warden, qui pense l'ennemi comme un système décliné en cinq cercles ⁽⁴⁾, bien connue des aviateurs, illustre cette possibilité. Les cercles (forces déployées, population, infrastructures, fonctions organiques essentielles, direction) peuvent être atteints individuellement ou collectivement par le cyberspace. Par ailleurs, avec les opérations d'influence sur les réseaux sociaux, la couche « population » redevient une cible de choix pour agir indirectement contre la couche « direction ».

La France considère que la Lutte information offensive (LIO) militaire élargit la palette des options militaires. Elle peut se combiner ou se substituer aux autres capacités militaires et contribue à acquérir et conserver la supériorité militaire pour la défense de nos intérêts et la préservation de notre souveraineté. Toutefois, sa spécificité crée des contraintes pour son emploi. Celui-ci doit être encadré et exige une maîtrise des risques politique, juridique et militaire. Comme toute autre arme de guerre, la LIO est soumise aux principes et règles du droit international, notamment humanitaire (proportionnalité, distinction, discrimination...), ainsi qu'aux lois et règlements nationaux. Elle n'est donc utilisée que dans le respect de règles d'engagement (ROE) très restrictives. Il faut éviter par ailleurs tout risque de compromission, de détournement ou de dommage collatéral ou fratricide.

(4) Warden JOHN, « Air Theory for the 21st century » in SCHNEIDER Barry R. et GRINTER Lawrence E., *Battlefield of the Future, 21st Century Warfare Issues*, Air War College, *Studies in National Security* n° 3, p. 103-124 (www.airuniversity.af.edu/Portals/10/CSDS/Books/battlefield_future2.pdf).

Le développement de la cyberdéfense militaire s'accompagne de nouvelles expertises spécifiques au cyber, par exemple : analyse de la menace (« *Threat Intel* »), stratégie de détection d'attaques informatiques, patrouille et chasse sur les réseaux (« *cyber patrol* », « *Hunting* »), investigation numérique (« *Forensic* »), rétro-ingénierie de code, gestion de crise cyber, traitement de données en masse (« *data analyst* »), droit des conflits armés et du numérique. Un cyber-combattant n'est pas un spécialiste des systèmes d'information et de communications, ou du renseignement, ou de l'ingénierie sociale, ou un « pur » opérationnel. C'est un « combiné » de ces différents métiers. Cela nécessite des formations de plus en plus individualisées, en continu, modulaires, en alternance, en partenariat avec le monde académique civil ou industriel pour faire monter en compétence ou les adapter aux métiers. Mais, au-delà des savoirs et savoir-faire, il faut aussi rechercher un savoir être adapté au cyberspace. Il faut donc plutôt des personnes nées avec le numérique (« *digital native* ») avec un état d'esprit de « *hacker* » (forcément « éthique » !), au sens premier de « bidouilleur » qui relève tous les défis, avec une passion et une capacité d'auto-apprentissage importante. Certains autodidactes sont parmi les plus performants. Le recrutement et la fidélisation d'une ressource humaine qualifiée sont des éléments essentiels pour la performance de la cyberdéfense militaire.



Comme les autres espaces, l'aérien et le spatial bénéficient des apports de la numérisation mais subissent également les vulnérabilités associées au cyber. Pour maîtriser les risques importants et contrer les menaces avérées, il est indispensable d'avoir une approche résolument opérationnelle du cyberspace et de mettre en œuvre une posture permanente de cyberdéfense pour défendre nos systèmes d'armes et d'information. Il faut également savoir saisir les opportunités offertes par le cyberspace, dans un cadre strict et contrôlé, pour pouvoir mener des opérations offensives, seules ou combinées avec d'autres formes d'actions, car elles apportent un avantage opérationnel significatif aux niveaux stratégique et tactique qui permet de faire basculer les rapports de force et de pouvoir paralyser l'adversaire. L'humain est bien au centre du dispositif car ce sont ses capacités d'adaptation et d'apprentissage, sa réactivité, sa diversité et son sens de l'engagement qui feront la différence pour faire face à la forte évolutivité du cyberspace. ♦

Des opérations multidomaines

Olivier JEAN-LOUIS

Coordinateur de projet (*Joint & Multi-domain C2*),
Supreme Allied Commander Transformation (ACT, Otan).

L'avenir : un environnement complexe et en constante évolution

Au cours des deux dernières décennies, les adversaires des pays occidentaux ont pu étudier leurs stratégies opérationnelles alors qu'ils étaient engagés dans diverses opérations militaires. Interventions nationales, en coalition ou sous l'égide d'organisations internationales (Otan, Union européenne ou Nations unies), les opérations (*Finul* ⁽¹⁾, *Atalante* ⁽²⁾, *Eufor Tchad-RCA* ⁽³⁾, *KFOR* ⁽⁴⁾, *Fias* ⁽⁵⁾, *Enduring Freedom* ⁽⁶⁾, *NATO Training Mission-Irak* ⁽⁷⁾, *Unified Protector* ⁽⁸⁾, etc.), elles ont permis de mieux appréhender les modes opératoires et les clés des succès en opérations. Qu'elles soient étatiques ou non, les organisations rivales ont pu observer les concepts qui mettent l'accent sur les opérations interarmées et interalliées, la domination technologique, la projection de puissance, les manœuvres stratégique, opérationnelle et tactique, les frappes interarmées efficaces, le soutien adapté et les initiatives laissées au commandement en opération. C'est dans le but de réduire leurs désavantages dans tous les domaines que ces opposants ont cherché à analyser les systèmes, les capacités ainsi que les tactiques des pays évoqués ci-dessus.

Dans le même temps, les technologies émergentes telles que l'Intelligence artificielle (IA), l'apprentissage automatique (*machine learning*), les nanotechnologies, la robotique et l'informatique quantique se sont avérés être les causes des profondes évolutions des guerres modernes. Ces mutations fondamentales se poursuivent encore. Ces technologies avancées et leurs applications militaires sont de mieux en

Note préliminaire : Les opinions évoquées dans cet article se veulent indépendantes. L'article ne reflète pas nécessairement les avis ou les politiques des organisations internationales et nations qui y sont citées.

(1) Force intérimaire des Nations unies au Liban, depuis 1978.

(2) Mission de la force navale européenne au large de la Somalie, depuis 2008.

(3) Force européenne multinationale au Tchad et en République centrafricaine (2007-2009) visant la protection des camps de réfugiés des deux pays et facilitant l'acheminement et le déploiement de l'aide humanitaire.

(4) Force de l'Otan pour le Kosovo, depuis juin 1999.

(5) Force internationale d'assistance et de sécurité (Fias) de l'Otan en Afghanistan (2001-2014).

(6) Opération *Liberté immuable* conduite par les États-Unis suite aux attentats du 11 septembre 2001.

(7) Mission de formation des forces de sécurité de l'Irak par l'Otan sur résolution de l'ONU (1546) à la demande du gouvernement intérimaire irakien (2004-2011).

(8) Mission de l'Otan sur résolution de l'ONU (1970 et 1973) en Libye en 2011.

mieux définies et les évolutions qu'elles engendrent sont de nature à révolutionner les champs de bataille, à l'instar de l'intégration de l'aviation qui a marqué un véritable tournant dans l'histoire de la guerre interarmées. Pour mener son action, l'adversaire s'appuie sur ces technologies émergentes pour développer des capacités de combat dans tous les domaines – terre, air, mer, espace et cyberspace. Dans ce nouveau paradigme, le défi militaire actuel pourrait résider, entre autres, dans la capacité à conserver l'avantage dans plusieurs domaines opérationnels et maintenir ainsi la cohérence des opérations.

« L'étude prospective » établie par l'Otan (rapport publié par *ACT* en 2017) et le récent « Cadre pour les futures opérations de l'Alliance » (*FFAO*, 2018) décrivent un futur incertain et communément accepté de tous. On note en particulier que l'environnement des opérations sera complexe, en constante évolution et propice à un large éventail de nouvelles menaces. Elles proviendront de technologies émergentes, de nouvelles tactiques, techniques, procédures, capacités ou doctrines, créatives et innovantes. Sans consentir à des efforts coûteux en matière de recherche et de développement (R&D), des acteurs hostiles peuvent capitaliser sur les avancées technologiques et les traduire en capacités générant des menaces pour d'autres. Les domaines dans lesquels la technologie pourrait révolutionner la guerre sont par exemple les opérations sous-marines et souterraines, les techniques d'attaque en essaim, les armes spatiales ou à énergies dirigées, les systèmes et capteurs autonomes, l'informatique quantique, les systèmes sans pilote, les projectiles à lancement électromagnétique, les énergies renouvelables, l'IA, la biotechnologie et la nanotechnologie. La technologie modifiera également la manière dont l'information sera diffusée et impliquera très probablement des bouleversements dans la gestion et les structures des organisations militaires. Les processus décisionnels seront tout aussi affectés par ces mutations. Les capacités techniques permettant le suivi d'actions, presque sans limites géographiques offrent un accès, quasi-planétaire, aux gigantesques flux d'information liés à un conflit. Il en ressort que la lutte pour la création de perceptions devient un élément essentiel des conflits futurs. Au regard de ces divers éléments, il apparaît juste de conclure qu'à l'avenir, la nature de la guerre et des conflits sera de plus en plus complexe et évoluera encore plus rapidement qu'aujourd'hui.

Un pas de plus dans la conjugaison des effets en opérations

Les effets cinétiques en opération prévaudront toujours là où les objectifs traditionnels demeurent la neutralisation et la destruction de cibles définies. Cependant, les capacités émergentes et visant à agir dans de nouveaux domaines impliqueront des modifications des modes opératoires actuelles.

Par exemple, le cyberspace (désormais relativement familier, même s'il doit encore mûrir), constitue un catalyseur essentiel pour les capacités du « champ » cinétique. Le commandement et contrôle (*C2*) des forces militaires demeure encore

conçu principalement pour produire des effets cinétiques. De ce fait, pour être en mesure d'atteindre tous les objectifs identifiés selon une approche multidomaine, le C2 devra évoluer pour pleinement intégrer le cyberspace et les nouveaux outils y afférents. Parallèlement, les forces capables de produire des effets cinétiques devront aussi se transformer pour garantir leur aptitude à agir en soutien d'opérations avec des capacités conçues pour opérer principalement dans le cyberspace.

Dans ce contexte nouveau, l'approche actuelle du C2 ne nécessitera vraisemblablement pas de changements radicaux, mais elle requerra très probablement des ajustements. Ces adaptations pourraient inclure des modifications de processus pour tirer parti de toutes les fonctionnalités offertes par une technologie de pointe, la génération de personnel compétent ainsi que le développement d'outils et de techniques pour opérer dans tous les domaines.

Pour les opérations futures, la supériorité militaire s'acquerra probablement par une force interarmées capable de remplir des missions visant à affecter la volonté d'un adversaire par une combinaison d'effets dit multidomaines. Ces opérations multidomaines ne sont pas simplement des manœuvres conduites dans un domaine avec le soutien de capacités dédiées à l'action dans un autre domaine (par exemple, une campagne aérienne appuyée par des moyens au sol, en mer ou dans l'Espace et le cyber). Elles doivent générer des actes offensifs et défensifs de tous les domaines et créer des dilemmes complexes et à un tempo auquel un adversaire ne peut pas répondre. Par exemple, pour supprimer les défenses aériennes d'un ennemi, une opération multidomaine consisterait en l'emploi d'une force interarmées qui serait en mesure de conduire cette mission à partir de plateformes situées à terre, en mer, dans les airs, dans l'Espace et dans le cyberspace. Ainsi, elle pourrait générer des effets indépendants dans ces cinq domaines et causer un maximum de difficultés à l'adversaire.

Le C2 en opération : vers quel avenir ?

La transition vers les opérations multidomaines prendra du temps car certains aspects doivent encore être pensés. En particulier, la structure de C2 de telles opérations constituera un élément primordial. Si elle ne s'appuie pas sur des fondements des plus solides, les solutions d'architecture C2 seront vouées à l'échec. Ces fondements devraient inclure des éléments tels que les concepts d'opérations multidomaines, les experts du C2 et des opérations multidomaines ainsi que les outils C2 afférents à ces dernières.

Ce nouveau cadre d'action offrira au commandant d'une force interarmées la capacité à faire face à ses nouveaux défis. Toutefois, il conviendra de pousser plus en avant le partage des informations relevant des cinq domaines (air, terre, mer, espace et cyberspace). Si cet élément clé n'était pas pris en compte (par exemple en persistant dans le maintien de centres d'opérations distincts), il interviendrait

comme un facteur limitant considérablement les capacités à agir avec pertinence lors des guerres à venir. Il apparaît donc indispensable de développer des capacités de *C2* multidomaines qui faciliteront parfaitement l'analyse, la fusion et le partage d'informations au profit de tous les domaines d'opération. Pour employer des capacités dans tous les domaines, une structure de *C2* devra impérativement être capable de délivrer des armements appropriés et en toute fluidité. Pour y parvenir, les interfaces des systèmes *C2* doivent évoluer au-delà de leurs capacités actuelles et les obstacles au partage de l'information doivent être supprimés. Pour créer ce réseau unique reliant les secteurs aérien, maritime, terrestre, spatial et le cyber-spatial, il faudra en particulier continuer à progresser en matière de partage des données dites « propriétaires » et supprimer les obstacles à la diffusion de celle-ci entre les composantes. Une fois que ce jalon clairement franchi, il sera alors possible de commencer l'intégration de solution *C2* multidomaines. Et ce n'est seulement qu'à ce stade, lorsque des capacités *C2* multidomaines existeront, que les opérations multidomaines deviendront réalisables.

Dans ce contexte nouveau, l'IA constituera une brique fondamentale qui facilitera la convergence des composantes vers le multidomaine. Il sera important pour les commandants militaires d'intégrer l'emploi de systèmes d'aide à la décision, capables d'auto-apprentissage. Les recherches en cours visent à permettre à l'IA d'expliquer une situation ou une décision. Justifier le « pourquoi » de la décision d'aucun est déjà important aujourd'hui et devrait l'être encore plus avec l'avènement des applications faisant appel à l'IA. Que ceux-ci s'appuient sur une chaîne humaine ou un niveau donné d'intelligence artificielle, la confiance dans les systèmes d'aide à la décision est essentielle pour le commandement. L'avènement de l'IA aura donc également des incidences sur la délégation de pouvoirs et l'attribution de tâches aux différents échelons d'une organisation de commandement et de contrôle. Les opportunités technologiques iront bien au-delà de ce que la société est en mesure d'accepter en matière « d'autorité IA ». C'est en particulier pour cette raison que les commandants d'opérations du futur devront d'une part, sagement mesurer toute délégation de tâches ou d'autorité à une IA et d'autre part, être en mesure de contrôler étroitement les « agissements » de celle-ci.

Capital humain : la pièce maîtresse

Au sein du binôme homme-machine, le facteur humain occupera toujours une position centrale. La génération d'une force interarmées en mesure de conduire des opérations multidomaines s'appuiera en particulier sur un vivier formé au *C2* multidomaines. Cette ressource devra être puisée sein du personnel de tous milieux (terre, air, mer, Espace, cyberspace). La constitution de ce vivier *C2* (officiers, sous-officiers et militaires du rang) sera primordiale. Le développement de leurs compétences et expertises devra s'inscrire dans un parcours de carrière complet (par opposition au système actuel qui repose sur des va-et-vient de personnel aux niveaux de compétence disparates). Combiner des effets dans des milieux différents

impliquera de comprendre les caractéristiques de chaque domaine et d'acquérir la capacité à décider pour agir de manière adéquate (en fonction de l'objectif recherché). Par exemple, l'aptitude à gérer une situation en temps réel sera probablement cruciale lors d'opérations dans l'Espace, le cyberspace ou l'air. Toute avancée vers le multidomaine doit donc être établie en corrélation avec la formation *ad hoc* du personnel. Le succès d'un parcours professionnel dans le « C2 multidomaines » reposera sur du personnel disposant à la fois d'une incontestable culture de l'interarmées et de l'expertise relative aux capacités de leurs armées d'appartenance. Cette culture transverse (multidomaine) présuppose des immersions dans le vaste champ des capacités interarmées (que ce soit par la formation ou la conduite d'opérations) et des expériences dans le futur environnement du C2 multidomaines.

**

Pour parer aux lacunes latentes en matière de « cohésion interarmées », les forces aériennes du Groupe trilatéral de réflexion stratégique (France, Royaume-Uni et États-Unis) ont proposé la mise en œuvre d'un parcours professionnel consacré au développement des compétences du personnel opérationnel. Cette population serait capable de combattre en environnement interarmées en mettant en œuvre des capacités dans divers domaines. Selon cette même logique, l'*US Air Force* s'emploie à créer un vivier C2 qui permettra de mieux ancrer le savoir-faire multidomaine dans les parcours professionnels. Bien qu'il soit (pour le moins) intéressant, ce concept est encore loin de susciter l'adhésion de tous les grands décideurs. Selon certains, « le futur état-major de niveau opératif (interarmées) doit être composé d'experts de chacune des composantes ; le savoir-faire requis ne s'apprendra pas sur les bancs de l'école, ce sont plutôt des années d'expérience aux niveaux tactique ou opératif qui permettent de développer les compétences ». Alors, quelle solution adopter pour générer des officiers encore plus compétents en environnement interarmées et experts des capacités de leur composant d'origine ?

La réponse à cette question permettra de consolider la culture interarmées et d'améliorer l'emploi de l'arme aérienne en interarmées en guise de premier pas vers le multidomaine. Mais avant, les pays concernés devront être en mesure de répondre à ces deux autres questions :

- Comment forment-ils les commandeurs-Air à la planification des campagnes aériennes et aux contributions de celle-ci à une campagne interarmées ?
- Comment faut-il adapter les formations et exercices actuels afin de mieux préparer les commandeurs-Air à planification et à l'emploi de la puissance aérienne lors d'une campagne interarmées ?

Ce questionnement sur l'avenir des forces aériennes semble tout aussi pertinent pour les autres composantes. Une campagne multidomaine ne sera réalisable que lorsqu'un vivier interarmées sera formé de manière efficace aux opérations

multidomaines et qu'il sera équipé des capacités C2 multidomaines suffisantes. Outre ces experts et ces outils C2 du multidomaine, l'établissement socle comprenant des éléments fondamentaux tels que les concepts d'opérations multidomaines sera essentiel.

« Nous savons que notre objectif est juste et moral, car nous ne cherchons que paix et liberté et nous ne pourrions réussir dans cette grande entreprise que si chacun de nous a la volonté de donner sa pleine mesure de courage, de sacrifice, de travail et de vision, non pas dans un effort dispersé, mais en œuvrant tous ensemble à la poursuite de notre objectif commun. » (Dwight David EISENHOWER)

Éléments de bibliographie

ACT, *Strategic Foresight Analysis (SFA)*, 2017 report, 87 pages (www.act.nato.int/).

ACT, *Framework for future Alliance operations*, 2018 (www.act.nato.int/).

ZADALIS Tim, *Multi-Domain Command and Control, Maintaining Our Asymmetric Advantage*, Joint Air Power Competence Center, 2018 (www.japcc.org/multi-domain-command-and-control/).

US ARMY TRAINING AND DOCUMENTATION COMMAND (TRADoc), *The U.S. Army in Multi-Domain Operations 2028* (Pamphlet, 525-3-1), 2018, 102 pages (www.tradoc.army.mil/).

Tri-lateral Strategic Steering Group (US, UK, France), studies on concept of multi-domain warfare.

Cinq mythes du déni d'accès

Corentin BRUSTLEIN

Directeur du Centre des études de sécurité, Institut français des relations internationales (Ifri).

En quelques années, la problématique du déni d'accès a fait irruption dans le débat stratégique francophone. Le concept de déni d'accès (*antiaccess*) est apparu pour la première fois aux États-Unis dans la décennie ayant suivi l'opération *Tempête du désert* contre l'Irak en 1991, rapidement accolé au concept d'interdiction de zone (*area denial*). Là où le déni d'accès consiste à contraindre l'aptitude de forces projetées à pénétrer dans un théâtre d'opérations, l'interdiction de zone vise, quant à elle, à limiter la liberté d'action de ces forces une fois présentes sur un théâtre. Les deux problématiques se distinguent en termes conceptuels, capacitaires ou opérationnels, mais elles se rejoignent autour d'une même idée : un nombre d'États grandissant cherche actuellement à entraver la liberté d'action des puissances expéditionnaires sur des théâtres extérieurs.

Le développement et la diffusion depuis deux décennies de capacités de contestation aérienne, navale, terrestre et spatiale concrétisent cette stratégie. Systèmes sol-air et anti-navires, mines sous-marines, missiles de croisière et balistiques sol-sol, capacités de guerre électronique et autres moyens antisatellites comptent ainsi parmi la panoplie des options dans lesquelles puisent les acteurs désireux d'entraver les puissances expéditionnaires. En ce sens, le renforcement des capacités de déni d'accès et d'interdiction reflète les progrès que l'informatique et la miniaturisation de l'électronique ont permis dans le domaine des armements conventionnels, ouvrant une ère dans laquelle les grandes puissances ont perdu le monopole des capacités de frappe conventionnelle de précision à longue distance.

Tant la *Revue stratégique de défense et de sécurité nationale* de 2017 que la Loi de programmation militaire (LPM) 2019-2025 identifient le déni d'accès comme une menace pour la France ⁽¹⁾, et le nombre d'études consacrées à cette problématique a sensiblement augmenté au cours des dernières années, en parallèle avec le renouveau de la compétition stratégique entre grandes puissances, que ce soit dans la Baltique, en mer de Chine méridionale ou en Méditerranée orientale.

(1) MINISTÈRE DES ARMÉES, *Revue stratégique de défense et de sécurité nationale*, 2017 (www.defense.gouv.fr/). Rapport annexé à la loi n° 2018-607 relative à la programmation militaire pour les années 2019 à 2025, 13 juillet 2018 ([www2.assemblee-nationale.fr/documents/notice/15/projets/pl1013/\(index\)/projets-loi](http://www2.assemblee-nationale.fr/documents/notice/15/projets/pl1013/(index)/projets-loi)).

Toutefois, cette attention grandissante n'a pas permis à ce jour de dissiper un certain nombre de mythes ou de points d'incompréhension autour de cette problématique. Cet article revient donc sur cinq mythes entourant le déni d'accès afin d'encourager un débat plus approfondi encore autour d'une menace appelée à peser durablement sur notre stratégie de défense.

Le déni d'accès est une obsession américaine de plus qui ne devrait pas préoccuper la France

La communauté stratégique américaine produit nombre de concepts dont la pertinence vue de France apparaît parfois très relative. Plusieurs explications peuvent rendre compte de ce décalage. D'abord, le système stratégique américain repose sur un renouvellement conceptuel permanent, par contraste avec un système français marqué par une grande continuité des principes. Ensuite, les concepts américains sont, d'une part, marqués par une culture stratégique très centrée sur la technologie et sont, d'autre part, régulièrement employés par Washington comme vecteur d'influence auprès des alliés des États-Unis, en particulier au sein de l'Otan, où ils participent ensuite à l'identification de besoins auxquels l'acquisition d'équipements américains doit permettre de répondre. Ils sont, pour cette raison, souvent considérés avec scepticisme par la communauté de défense française. Enfin, les problèmes d'une superpuissance militaire engagée en permanence à l'échelle du globe diffèrent, sans surprise, des difficultés auxquelles se heurte la France, dont les responsabilités et les moyens sont bien moindres. La montée en puissance du déni d'accès reflète parfaitement certains de ces travers. Pour autant, il serait erroné d'en déduire que la diffusion de capacités d'interdiction ne devrait pas préoccuper la France ou l'Europe.

Le déni d'accès a beau être une préoccupation d'origine américaine, il devrait concerner toutes les puissances préoccupées par leur liberté d'action extérieure au plan militaire. Nombre d'États du monde – la plupart en réalité – ne sont pas des puissances militaires expéditionnaires et focalisent leurs stratégies de défense sur les besoins liés à la protection de leur propre territoire. À l'inverse, un nombre limité d'États a fait le choix de développer et de maintenir des capacités d'intervention sur des théâtres d'opérations extérieures. La France possède des intérêts extérieurs nombreux (pays alliés et amis, ressortissants, approvisionnements, etc.) et fait ainsi partie, à l'instar des États-Unis mais aussi du Royaume-Uni, de la Russie ou, plus récemment, de la Chine, des États ayant investi substantiellement afin d'être en mesure de se déployer outre-mer de manière autonome et dans des délais contraints, y compris dans des environnements non-permissifs. Elle est l'un des rares pays européens disposant de moyens d'« entrer en premier »⁽²⁾ et verrait

(2) Voir sur ce point Corentin BRUSTLEIN, « L'entrée en premier et l'avenir de l'autonomie stratégique », *Focus stratégique*, n° 70, Ifri, novembre 2016 (www.ifri.org/).

sa sécurité lourdement affectée si un renforcement des capacités de contestation navale et aérienne élevait sensiblement les coûts de son action militaire extérieure. La France devrait d'autant plus se préoccuper de la montée du déni d'accès que son modèle d'armée a été maintes fois retaillé au plus juste au plan quantitatif, ne lui permettant pas de répondre par la supériorité du nombre aux défis posés par ce type de menaces.

Le déni d'accès permet de créer des zones infranchissables

Le déni d'accès s'appuie sur un certain nombre de systèmes d'armes conçus depuis les années 1980 auxquels une portée et une précision grandissantes offrent une capacité de nuisance inégalée dans l'histoire en termes d'aires affectées. Comment évaluer l'ampleur de la menace posée par de tels systèmes à l'encontre des forces expéditionnaires ? Le choix par défaut a été de postuler une efficacité parfaite des systèmes et d'estimer les dimensions de leurs zones d'effets en prenant comme donnée de référence la portée maximale théorique de leurs missiles, qu'il s'agisse de missiles sol-air, anti-navire ou sol-sol. Pour un système sol-air russe *S-400*, la zone d'effet s'étirerait ainsi à 400 km des frontières de tout pays possesseur, soit la portée maximale théorique de l'un des missiles pouvant être tirés par ce système. Une fois la même logique appliquée aux missiles anti-navires et sol-sol, d'immenses zones apparaissent infranchissables, une impression accrue par le choix de représenter graphiquement ces zones sous la forme de cercles et autres périmètres aux limites nettes.

Cette représentation de la menace du déni d'accès fausse les perceptions à plus d'un titre. D'abord, dans des situations opérationnelles réelles, un missile quel qu'il soit ne sera que très rarement en mesure de frapper une cible en volant à sa portée maximale ⁽³⁾, et ne pourra être déployé à proximité immédiate de la frontière sans s'exposer en retour. De plus, bien que les capacités de reconnaissance et de surveillance aient bénéficié d'avancées majeures depuis trois décennies, elles ne permettent pas pour autant de rendre transparentes les approches maritimes et aériennes d'un territoire : les cibles mobiles restent difficiles à suivre en temps réel, les faisceaux des radars ne peuvent s'affranchir du relief et peuvent être contrés par des capacités de guerre électronique, etc.

Par conséquent, si le déploiement de systèmes de déni d'accès permet bien la création de « zones contestées », celles-ci ne sont nullement homogènes dans l'espace et le temps, ni impénétrables. Le degré de menace peut certes être très élevé à proximité immédiate du territoire adverse, mais il sera décroissant avec l'éloignement, et demeurera limité par la géographie du théâtre et la disponibilité de systèmes longue portée onéreux, et par conséquent peu nombreux.

(3) Les raisons sont nombreuses : il est très difficile de détecter, d'identifier et de suivre des cibles à longue distance, et plus une cible sera engagée à longue distance, plus elle disposera de temps et d'options pour réagir, par exemple en ressortant de la zone exposée aux missiles du défenseur.

La pénétration d'une zone protégée par le déploiement des capacités de déni d'accès n'a donc rien d'impossible dans l'absolu, mais implique une prise de risque, qui sera plus ou moins acceptable selon les conflits. Le caractère « franchissable » d'une posture de déni d'accès est ainsi fonction non seulement de l'équilibre des forces et de la géographie, mais aussi et surtout de l'importance des intérêts en jeu de part et d'autre. Certes, même une posture de déni d'accès peu robuste pourrait contribuer à décourager des décideurs politiques de commencer des opérations lorsque les buts paraîtront insuffisamment importants. En revanche, dans un contexte où les intérêts majeurs – *a fortiori* vitaux – de la France seraient menacés, l'enjeu de la guerre justifierait d'accepter les risques et les pertes allant de pair avec les opérations en environnement lourdement contesté, que ce soit pour neutraliser les défenses et les moyens de détection et de frappe à longue portée adverses ou, en ultime recours, pour réaliser une frappe nucléaire.

Le déni d'accès introduit une rupture dans l'art de la guerre / Le déni d'accès a toujours existé

Deux excès doivent être évités dans l'étude des conséquences de l'émergence des stratégies et capacités de déni d'accès : d'une part y voir une rupture fondamentale dans l'art de la guerre et d'autre part, relativiser à outrance la portée du phénomène. L'un comme l'autre serait dangereux puisqu'il conduirait soit à mobiliser trop d'attention et de ressources en réponse à un défi ne représentant qu'une partie du spectre des menaces futures, soit à négliger une tendance lourde susceptible d'affecter sensiblement notre liberté d'action extérieure.

Le premier excès consiste à rejeter tout élément de nouveauté dans le défi posé par le déni d'accès. Il est incontestable que des éléments de continuité existent entre la menace du déni d'accès et l'histoire, et sur le temps long ceux-ci sont sans doute majoritaires. De fait, certains milieux ont toujours été plus contestés que d'autres, à commencer par le milieu terrestre. Pour autant, le déni d'accès n'est-il qu'une étape de plus dans la dialectique de l'épée et du bouclier ? Si la métaphore du duel entre systèmes d'armes offensifs et défensifs reflète une partie de la problématique, elle ne permet pas d'en appréhender les dimensions non-technologiques, et donc la portée véritable. Or, le déni d'accès est devenu une préoccupation partagée tant en France qu'aux États-Unis non seulement parce que l'évolution technologique pourrait ouvrir une ère caractérisée par un avantage à la forme défensive de guerre, mais surtout car les effets combinés de la diffusion des systèmes d'armes avancés et du rééquilibrage des rapports de force à l'échelle du globe affecteront plus que nos capacités d'action au niveau tactique, mais pèseront également au niveau stratégique, sur nos décisions de recourir ou non à la force armée pour protéger des intérêts situés en dehors du territoire national. Au sortir de trois décennies d'interventions extérieures n'ayant pu être si nombreuses qu'en raison de la marge de supériorité technologique et opérationnelle dont disposait l'Occident sur ses adversaires, on ne saurait prétendre qu'une perte, même relative, de la

liberté d'action extérieure serait sans incidence pour la conduite de notre politique étrangère.

L'émergence du déni d'accès n'est pas, à l'inverse, révolutionnaire en tout point. Par-delà même le seul milieu terrestre, le fait d'avoir une liberté d'action contestée n'est pas nouveau, et constitue pour tout dire la norme à l'échelle de l'histoire des guerres passées. Le nombre de plus en plus réduit d'affrontements conventionnels symétriques à partir du milieu des années 1970, puis la faiblesse des adversaires contre lesquels les puissances expéditionnaires occidentales ont opéré entre 1990 et aujourd'hui ont faussé les perceptions, en laissant se développer l'impression que l'emploi de la force sans risque de pertes importantes était normal. En réalité, c'est l'ère *post*-guerre froide qui constitue, à l'échelle des siècles passés, une parenthèse exceptionnelle au cours de laquelle la liberté d'action extérieure d'un petit nombre d'États était à la fois incontestée et difficilement contestable. Le déni d'accès représente donc moins une révolution dans l'art de la guerre qu'un retour à la normale, ce qui n'est pas sans conséquence sur la préparation de l'avenir : si les capacités modernes posent certains défis inédits, les armées ne partent pas de rien pour y faire face, et les générations d'officiers occupant actuellement les plus hautes fonctions ont entamé leur carrière en se préparant à la guerre conventionnelle majeure en Europe centrale. Innover pour faire face au déni d'accès implique à la fois de concevoir des systèmes, modes d'organisation et concepts opérationnels permettant de prendre l'ascendant sur l'adversaire dans des conditions technologiques et socio-politiques actuelles et futures, mais aussi de savoir redécouvrir les enseignements du passé. Le renouveau des rivalités entre grandes puissances et la diffusion des technologies devraient ainsi nous inciter à réexaminer les taux de pertes et les dynamiques des combats de haute intensité au cours des guerres du Vietnam, des Malouines ou entre Israël et ses voisins.

Le déni d'accès est un monopole naturel de nos adversaires potentiels

Les États le plus souvent identifiés comme incarnant la menace posée par les capacités et stratégies de déni d'accès sont la Chine, la Russie et, dans une moindre mesure, l'Iran ou la Corée du Nord. Les États-Unis et leurs alliés de l'Otan seraient-ils incapables de mettre en œuvre une telle stratégie d'interdiction régionale ? De fait, les capacités associées au déni d'accès ont été développées en réponse à la supériorité occidentale dans les milieux aériens et navals, particulièrement visible et crainte depuis Moscou dans la seconde moitié de la guerre froide. La guerre du Golfe, les opérations aériennes dans les Balkans en 1995 (*Deliberate Force*) et 1999 (*Allied Force*) ou encore l'opération *Enduring Freedom* en Afghanistan en 2001, par-delà les spécificités de chacune, ont envoyé un message clair : sans contestation de la supériorité aérienne américaine, la défaite est certaine. La stratégie étant une dialectique, toute démonstration de force est également pour l'adversaire un pas vers une adaptation efficace. Là où *Desert Storm* a appelé la

nécessité d'entraver le déploiement d'une coalition sur un théâtre d'opération, *Allied Force* a souligné l'existence d'options permettant de réduire l'efficacité de la puissance aérienne à l'aide de systèmes sol-air rustiques et de parades tactiques habiles. En résumé, c'est bien la concentration de la puissance militaire et des capacités expéditionnaires dans les mains de l'Occident qui explique l'intérêt grandissant pour le déni d'accès à partir des années 1990, et ce même héritage historique a fait que les armées occidentales ont cherché à préserver leur liberté d'action extérieure plutôt qu'à entraver celle de leurs adversaires potentiels en adoptant des stratégies d'interdiction.

Le rééquilibrage en cours des rapports de force militaires, aux échelles globales et régionales, devrait nous amener à reconsidérer ces choix et à réinvestir dans des postures opérationnelles défensives, longtemps négligées dans nos plans de développement capacitaire. Réinvestir la défense apparaît doublement intéressant. D'une part, l'intérêt que la Russie et la Chine portent aux stratégies de fait accompli territorial s'appuie sur leur aptitude à créer un rapport de force favorable au niveau régional, notamment grâce à la proximité de leur territoire national. S'approprier le déni d'accès permettrait d'améliorer l'aptitude défensive des pays les plus proches des territoires russe et chinois, et donc les plus directement exposés, augmentant les coûts d'une agression directe. Ensuite, la résurgence stratégique russe et la montée en puissance chinoise s'accompagnent d'un renforcement de leurs capacités expéditionnaires, comme démontré par Moscou en Syrie et par Pékin sous la forme d'une présence navale grandissante dans l'océan Indien et en Méditerranée. Un effort renouvelé en faveur du développement des capacités d'interdiction occidentales offrirait de meilleures possibilités en vue d'entraver la liberté d'action extérieure de Moscou et Pékin. En résumé, il n'y a aucun mystère derrière l'efficacité estimée des stratégies d'interdiction russe et chinoise : elles sont le produit d'investissements ciblés et lourds dans des domaines critiques (missiles sol-air et anti-navire, frappes dans la profondeur, dispositifs de détection et surveillance à longue portée, guerre électronique) et d'avantages liés à la forme défensive de guerre. Rien n'interdit de renverser le problème afin de contraindre la liberté d'action de ces puissances, il convient seulement de le faire en conciliant investissements capacitaires ciblés, adaptation stratégique et préservation des normes destinées à limiter la diffusion des systèmes d'armes avancés.

L'Europe n'a aucun rôle à jouer face au déni d'accès

L'Otan, du fait de l'influence des États-Unis et de son positionnement historique face à la Russie, s'est sans surprise emparée de la problématique du déni d'accès depuis 2014 et l'annexion de la Crimée. La réflexion dans ce domaine reste largement guidée par les États-Unis, et demeure quasi absente du débat européen sur la défense. Cette situation s'explique de multiples manières, les opérations militaires européennes ayant été tournées vers le « bas du spectre » des conflits, soit par réticence européenne, soit par crainte d'une duplication avec l'Otan. Pour autant,

plusieurs facteurs devraient inciter l'Europe à s'emparer de la problématique du déni d'accès.

La première raison réside dans le fait que la diffusion des systèmes d'armes rendant possibles des stratégies d'interdiction (défense sol-air, missiles sol-sol et anti-navire, etc.) est loin de se limiter aux seuls pays déjà évoqués : la tendance est générale, non seulement parce que nombre d'États désirent se prémunir contre une intervention militaire occidentale, mais surtout parce que l'amélioration générale de la portée des systèmes d'armes modernes confère *de facto* des capacités d'interdiction à ceux qui s'en dotent. La conséquence directe est que le voisinage direct de l'Europe va devenir un espace de plus en plus contesté militairement.

La seconde raison est que les Européens dépendent encore massivement des États-Unis pour pouvoir préserver des capacités d'action dans ces espaces de plus en plus contestés. Que ce soit dans le domaine de la frappe de la profondeur, de la neutralisation des défenses aériennes, de la supériorité informationnelle à l'échelle du théâtre ou de la surveillance spatiale, les armées européennes sont soit entièrement démunies, soit insuffisamment dotées. Or, sans même imaginer une rupture du lien transatlantique aboutissant à une disparition de l'Alliance, les tensions grandissantes entre la Chine et les États-Unis pourraient empêcher ces derniers d'être aussi présents aux côtés des Européens qu'ils l'ont été dans un passé récent afin de répondre aux défis sécuritaires qui apparaîtront.

Si la France, puissance expéditionnaire la plus capable et la plus autonome d'Europe, dépend toujours de l'appui renseignement et logistique américain pour ses opérations d'entrée en premier, qu'en déduire de l'aptitude des Européens à agir efficacement en l'absence d'un *leadership* américain ? Il est donc crucial que l'Europe se saisisse de la problématique de l'entrée en premier dans des environnements contestés, en exploitant pour ce faire les nouveaux instruments en cours de constitution et destinés à accompagner l'ambition grandissante des Européens sur la défense : Fonds européen de défense, Coopérations structurées permanentes, Revue annuelle coordonnée de défense et Initiative européenne d'intervention (IEI) constituent des opportunités afin de favoriser une meilleure prise en compte au niveau européen du problème posé par le déni d'accès et, ce faisant, contribuer à l'émergence d'une autonomie stratégique européenne. ♦

L'Air Surface Integration, socle du combat aéro-surface

Thierry SUTTER

| Colonel, État-major de l'Armée de l'air.

« *If you can knit up the power of the Army on the land and the power of the air in the sky then nothing will stand against you and you will never lose a battle* »
(Field Marshal Bernard Montgomery)

Apparue il y a une dizaine d'années dans le cadre des opérations interarmées, la notion d'*Air Surface Integration* dispose depuis 2017 d'une doctrine qui en clarifie les contours : « l'intégration air surface (ASI) est l'ensemble des processus mis en œuvre par plusieurs composantes, en planification et en conduite des opérations, pour combiner les activités opérationnelles de moyens aériens et de moyens terrestres et/ou maritimes, dans le but d'exploiter pleinement les complémentarités entre composantes et de permettre de cumuler et de conjuguer les effets produits par chacune d'elles, afin d'améliorer l'efficacité des manœuvres au niveau tactique et l'efficacité globale de la force interarmées. »⁽¹⁾. L'ASI se décompose en *Air Land Integration* (ALI : aérien et terrestre) et *Air Maritime Integration* (AMI : aérien et maritime).

Bien qu'encore trop peu exploité en opération, en général par manque de connaissances, voire considéré comme trop novateur par certains, le concept d'ASI n'est pas en réalité une nouveauté puisqu'il remonte aux débuts de l'exploitation de l'espace aérien en temps de guerre et de la montée en puissance de la composante aérienne comme troisième armée. Quelques événements significatifs illustrent ses origines :

- La réussite de l'opération *Overlord* en juin 1944, avec 11 000 sorties aériennes le Jour J en appui direct des forces (Close Air Support ou CAS) et sur les lignes arrières (Air Interdiction ou AI) pour permettre la consolidation de la tête de pont en retardant l'arrivée des forces allemandes, fut pour partie la conséquence de leçons tirées dès 1943 : « *Army and Air Force commanders must work in closest consultation throughout all stages of the formulation and execution of the plan, to ensure*

Note préliminaire : Cet article s'appuie en partie sur les réflexions d'experts du domaine ASI en particulier les généraux Laurent AUBIGNY et Laurent LHERBETTE ainsi que le lieutenant-colonel Pierre BASSET.

(1) CENTRE INTERARMÉES DE CONCEPTS, DE DOCTRINES ET D'EXPÉRIMENTATIONS (CICDE), *Intégration Air-Surface / Air-Surface Integration (ASI)*, Doctrine interarmées DIA-3.0.3_ASI(2017) n° 134/ARM/CICDE/NP du 7 juillet 2017 (www.irsem.fr/).

that the land and Air operations interact to the best advantage » (Général Ira EAKER, *United States Army Air Force*, 1943).

- Fort de l'expérience acquise lors des conflits *post*-Seconde Guerre mondiale et du souci de renforcer la coordination des actions interarmées, l'Armée de l'air créera dès 1956 des unités spécialisées, les Commandos parachutistes de l'air (CPA), pour faciliter l'interface air-sol dans le cadre des actions de feux et de renseignement.

Le contexte de la guerre froide place cependant ce concept en sommeil durant quelques décennies. Aujourd'hui, l'intérêt renouvelé pour l'ASI et son inscription dans le référentiel doctrinal est avant tout le fruit du retour d'expérience (Retex) d'opérations menées dans un contexte qui a fortement évolué :

- Dans leur Retex sur l'opération *Anaconda* en Afghanistan ⁽²⁾, les forces armées américaines firent le constat dès 2002 que l'insuffisance de coordination entre les composantes terrestres et aériennes posait problème, en raison essentiellement du manque de contacts fréquents et formalisés entre les spécialistes des états-majors des deux composantes.

- Pour les forces armées britanniques après les opérations en Irak (*Operation Telic*) puis en Afghanistan, la prise de conscience d'une perte de capacité à mener des opérations Air/Terre intégrées, conduit au programme Coningham-Keyes, visant à développer l'interopérabilité Terre-Air-Mer, par la mise en œuvre d'outils, de procédures et de formations ⁽³⁾.

- En Afghanistan, les Forces spéciales françaises ont toujours privilégié un haut niveau d'ASI, pour, à la fois, atteindre les effets demandés dans leurs actions de combat ou de renseignement et optimiser l'utilisation des moyens aériens disponibles, raison notamment pour laquelle le Commandement des opérations spéciales est aujourd'hui à la pointe des expérimentations et des progrès réalisés dans ce domaine, aussi bien sur le plan tactique que technique.

- Plus proche de nous, dans le cadre d'*Operation Inherent Resolve (OIR)* au Levant, les forces de la coalition contre *Daech* ont pleinement pris en compte le retour d'expérience des opérations passées avec la mise en œuvre d'une véritable chaîne ASI permettant de gérer avec efficacité les moyens disponibles (aviation, artillerie, forces spéciales).

Des expériences opérationnelles récentes émergent plusieurs constats. Le premier est qu'aujourd'hui aucune opération ne peut être réalisée sans usage du

(2) HEADQUARTERS UNITED STATES AIR FORCE, *Operation Anaconda, An Airpower Perspective*, 7 février 2005 (<https://apps.dtic.mil/dtic/tr/fulltext/u2/a495248.pdf>).

(3) Voir notamment *Wing commander S. P. KILVINGTON, Delivering effective Air-Land Integration (ALI) in the next war: what enduring lessons can UK Defence draw from historical and contemporary operations to generate and maintain an efficient, joint ALI capability that is fit for future conflict?*, 2003 (www.raf.mod.uk/).

domaine aérien. Le deuxième est que ce domaine est un espace uniforme et continu mais aussi complexe offrant toutefois une flexibilité propice à la combinaison d'activités militaires. Le troisième est qu'il est le seul à garantir la réactivité pour des actions dans la profondeur. Enfin, il nécessite une gestion particulière tant en planification qu'en conduite des opérations avec de véritables experts du domaine.

Que recouvre véritablement l'Air Surface Integration ?

Le Retex issu des exemples précédents démontre qu'afin d'optimiser l'emploi des effecteurs et capteurs, et d'exploiter pleinement les complémentarités entre composantes, une opération interarmées ne peut se concevoir aujourd'hui sans une intégration poussée des actions de feu, de renseignement ou de mobilité des différentes composantes, tant en phases de planification que de conduite. Ce constat repose sur plusieurs facteurs déterminants.

Tout d'abord, il s'agit de **répondre à l'évolution des menaces et de l'environnement opérationnel actuel** (opérations asymétriques, guerres hybrides, déni d'accès, actions dans la profondeur) en maîtrisant l'ensemble de l'espace de combat. Pour le domaine aérien, il s'agit de garantir aux forces aériennes la capacité de réaliser l'ensemble des missions, dont celles nécessitant des interactions avec les forces au sol (évolution du rapport des missions aériennes entre *CAS/AI*, entre *Deliberate/Dynamic*⁽⁴⁾, gestion des feux). La réactivité et la capacité à concentrer les actions dans l'espace et dans le temps, dimensions où la combinaison des capacités des forces aériennes avec celles des forces terrestres s'avère souvent décisive, doivent permettre la couverture de larges espaces d'opération mais aussi garantir la gestion de fortes imbrications au sol, éviter des actions contre-productives voire fratricides et pouvoir répondre enfin à une menace fugace.

Il s'agit ensuite de pleinement **prendre en compte les capacités nouvelles** (drones, missiles), **la polyvalence des nouveaux vecteurs** comme le Rafale et **des nouveaux équipements** qui améliorent indéniablement les effets. Il s'agit surtout de préparer l'arrivée de la prochaine génération avec le *Système de combat aérien futur (Scaf)*. La polyvalence des vecteurs aériens modernes permet en effet de remplir successivement plusieurs tâches au cours d'une même mission en fonction du besoin exprimé en temps réel (enchaînement d'actions de *CAS*, d'*AI*, d'offensive counter air, de démonstration de force (*Show of Force*) et d'*ISR*⁽⁵⁾). Il en est de même pour les plateformes *ROEM/ROIM*⁽⁶⁾, *Airborne C2*⁽⁷⁾, *Electronic Warfare*⁽⁸⁾ ou de transport, de plus en plus multimitations. Les équipements les plus récents

(4) Termes otaniens standards pour parler de missions ordonnées suite à une planification ou en conduite.

(5) *Intelligence, Survey and Reconnaissance*.

(6) Renseignement d'origine électromagnétique/d'origine image.

(7) *Command and Control*.

(8) Guerre électronique.

permettent aussi le partage d'une situation tactique commune en facilitant les échanges entre les composantes ainsi qu'entre les vecteurs aéroportés et le segment sol : nacelles de désignation laser autorisant la réalisation de tâches de *Non Traditional ISR (NTISR)* ⁽⁹⁾ et la retransmission des flux vidéo en temps réel vers les forces au sol, évolution des systèmes d'information et de communication, en général et généralisation des liaisons de données tactiques, en particulier. Ils améliorent aussi les effets apportés par la composante aérienne dans les opérations dites « asymétriques » : adaptation et précision des équipements de mission et des capteurs aéroportés, amélioration des largages de personnel ou matériel à haute altitude, amélioration des plateformes (drones armés, *C3ISTAR* ⁽¹⁰⁾, *ALSR* ⁽¹¹⁾, *C-160G/Cuge* ⁽¹²⁾) et de leur persistance.

Il s'agit enfin d'une **indispensable optimisation du C2 et des segments aériens et terrestres afin de démultiplier les effets**. Optimisation impérative pour plus d'efficacité avec des moyens certes plus performants, plus diversifiés (missiles, drones) mais aussi plus comptés et un cadre d'intervention plus complexe. Optimisation nécessaire du C2 et des méthodes de travail pour aboutir à des processus flexibles et ainsi garantir la liberté d'action des acteurs. Enfin, véritable besoin d'outils d'aide à la décision pour absorber la multiplicité des informations, permettre leur fusionnement et leur diffusion sécurisée et continue vers les organismes décisionnels.

L'ASI répond donc au double objectif de conceptualiser la manœuvre de façon globale et d'utiliser de manière plus rationnelle les effecteurs aériens disponibles pour atteindre les objectifs qu'ils soient stratégiques, opératifs ou tactiques. Si cela concerne de prime abord l'engagement au feu, cela concerne tout autant les actions de renseignement ou de mobilité. Sa finalité étant l'efficacité de la force interarmées et la garantie de son unité d'action, elle surpasse ainsi la vision assez réductrice de « bulle aéroterrestre » restreignant la composante aérienne au simple appui.

Quelques principes fondamentaux

L'ASI s'inscrit clairement dans une démarche holistique privilégiant les synergies entre effecteurs et l'exploitation des complémentarités entre composantes au profit de l'efficacité de la manœuvre, en plaçant avant tout les effets militaires au centre des priorités. Elle nécessite un dialogue entre les composantes mais, par-dessus tout, une connaissance et une confiance mutuelle entre les acteurs. Elle ne s'applique pas exclusivement au niveau tactique même si c'est à ce niveau que

(9) Moyens ISR non conventionnels, c'est le cas pour des capacités atypiques montées sur certains aéronefs du Commandement des opérations spéciales (COS).

(10) *Command, Control, Communications, Intelligence, Surveillance, Target acquisition and Reconnaissance*.

(11) Avion léger de surveillance et reconnaissance.

(12) *Charge utile de guerre électronique*, futur système qui remplacera les Transall C-160 Gabriel.

son application donne les résultats les plus probants. En revanche, elle s'inscrit pleinement dans une approche multidomaines des opérations. Enfin, le développement de l'interopérabilité technique, organisationnelle et des processus conjoints est primordial.

Techniquement, elle s'appuie sur une planification et une conduite synchronisées et coordonnées des opérations de l'ensemble des composantes. L'objectif est ainsi d'optimiser la contribution des moyens aériens et de surface (artillerie, missiles), par une meilleure compréhension mutuelle entre les différents acteurs, dans le but d'intégrer pleinement la manœuvre air dans la manœuvre globale interarmées. Cela nécessite notamment une approche tactique intégrée et un état d'esprit « *ASI minded* » reposant sur :

- Des processus opérationnels de planification et d'exécution conjoints afin d'être en mesure d'optimiser l'emploi des capacités des différents acteurs et leurs effets et d'identifier de nouveaux modes d'action jusque-là écartés en raison d'un recours systématique aux moyens organiques pour produire *in fine* les effets attendus au bon endroit et au bon moment.

- Une synchronisation des processus de conduite des différentes forces pour adapter dynamiquement leurs manœuvres au niveau tactique lorsque la situation l'exige.

- Une situation tactique partagée en particulier lorsqu'il s'agit de délivrer des feux en situation de forte imbrication des forces. La perception du besoin doit ainsi faire l'objet d'une priorisation conjointe et réactive. À cet effet, la numérisation de l'espace de bataille est ici fondamentale tout comme les liaisons de données tactiques.

L'ASI doit enfin reposer sur une communauté reconnue d'experts de la troisième dimension intégrée dans le dispositif opérationnel, à travers une chaîne de commandement adaptée à chaque théâtre, en mesure par exemple de permettre des liens du *Combined Air Operations Centre (CAOC)* jusqu'aux *Joint Tactical Air Controller (JTAC)* sur le terrain.

Ces principes fondamentaux, s'ils sont indispensables des opérations actuelles, devront surtout être pleinement pris en compte dans le développement des futures capacités autour du *Scaf*, de *Scorpion*⁽¹³⁾ ou de l'*Appui feux interarmées (Afa)*⁽¹⁴⁾. Particulièrement adaptés aux opérations militaires, ils n'en sont pas moins transposables à d'autres milieux et notamment ceux de la sécurité civile et des forces de sécurité.

(13) *Synergie du COntact Renforcé par la Polyvalence et l'InfovalorisatiON* : ce programme vise à créer un système de combat tactique évolutif et flexible, à même de remplir toutes les missions opérationnelles présentes et futures de l'Armée de terre.

(14) Futur successeur de l'*Automatisation des tirs et liaisons de l'artillerie sol/sol (Atlas)* de l'Armée de terre.

Des défis à surmonter

Parfaitement cohérent de l'environnement opérationnel et technologique actuel, l'ASI doit cependant encore surmonter un certain nombre de défis pour s'imposer.

Le principal défi est avant tout l'**adaptation des structures C2 actuelles**. Les forces de la coalition OIR opérant actuellement au Levant ont adopté une organisation de C2 interarmées proche du concept de *Joint Battlespace Management (JBM)* ⁽¹⁵⁾ qui privilégie avant tout le choix de l'effecteur le plus efficace pour atteindre l'objectif. Ce principe n'est cependant pas encore systématique au sein des forces françaises engagées au Sahel, excepté au sein des forces spéciales qui intègrent déjà des experts ASI dans leurs structures de commandement de *Task force (TF)*. Les conflits les plus récents aussi bien au Levant qu'en Ukraine démontrent la pertinence de gérer les effecteurs avec la plus grande efficacité face à des situations de déni d'accès qui concernent toutes les composantes ou des environnements de guerre hybride où la solution réside, pour partie, dans la réactivité du transfert d'effort d'un effecteur à l'autre. L'ASI s'inscrit pleinement dans cette logique car, outre qu'elle facilite la coordination des effecteurs pour une plus grande efficacité tactique, elle optimise le choix de l'effecteur principal dès la phase de planification. En revanche, il est primordial que chaque composante reste légitime dans son pilotage et dispose de son « autorité d'action » pour optimiser les effets de la manœuvre qui lui est confiée. Ceci implique aussi de conforter chaque composante dans ses responsabilités de commandement par la tutelle de l'intégration de ses effets au profit de la manœuvre interarmées jusqu'au plus bas niveau tactique. Cela impose enfin une présence d'experts de chaque composante dans les structures C2 à tous les niveaux pour fournir une véritable aptitude ASI. Forte de son expertise dans le domaine aérien, l'Armée de l'air a naturellement une forte légitimité pour se positionner comme l'intégratrice des effets issus de la troisième dimension.

Le deuxième défi est l'**acculturation de l'ensemble de la chaîne opérationnelle** encore très marquée par une logique organique. Fruit de l'histoire, cette situation est aujourd'hui un réel frein pour l'ASI. Il apparaît dès lors primordial d'acculturer le personnel dès les tous premiers cycles de formation afin qu'il raisonne plus en termes d'effets globaux que d'effets tactiques voire locaux. Il s'agit d'inculquer un véritable état d'esprit « *ASI minded* ». Consciente de cette nécessaire évolution, l'Armée de l'air s'est engagée dans une acculturation de ses cadres à l'ASI dans ses écoles de formation initiale mais aussi tout au long de leur carrière.

(15) La gestion interarmées de l'espace de manœuvre ou *Joint Battlespace Management* est un concept novateur d'origine anglo-saxonne qui privilégie une meilleure valorisation de l'ensemble des moyens engagés et leur intégration cohérente, efficace et réaliste dès la conception des opérations.

Le troisième défi réside dans la constitution et l'entretien d'un **vivier de véritables experts du domaine**. Il s'agit non seulement de garantir l'expertise dans les structures C2 mais aussi au contact des troupes engagées. Si c'est déjà le cas pour l'appui-feu avec les contrôleurs tactiques avancés (CTA) et JTAC, c'est moins le cas pour les autres segments de l'ASI (mobilité, renseignement). Aujourd'hui, seules les forces spéciales peuvent garantir en permanence une telle expertise, à l'instar des *Combat Control Teams* des forces américaines. Si les forces spéciales air disposent déjà de formations spécifiques ASI, au regard du besoin général il convient aujourd'hui de générer un réservoir plus large de spécialistes qualifiés, entraînés et suivis. Pour cela, il est primordial de disposer de formations qualifiantes réalisées au sein de centres experts à l'instar du Centre de formation à l'appui aérien (CFAA) pour les JTAC. Avec son expertise du domaine aérien, l'Armée de l'air a, là aussi, une véritable légitimité pour garantir des formations adaptées.

Le dernier défi n'est pas le moindre : il s'agit de **disposer d'équipements optimisés pour l'ASI**. Garantir une ASI performante nécessite en effet un dialogue en temps quasi réel entre les différents acteurs au sol ou en l'air avec une forte contrainte de discrimination et de sécurité. Ceci implique de disposer d'un outil permettant d'optimiser l'emploi des effecteurs et capteurs aériens et d'exploiter en temps quasi réel les complémentarités offertes par les composantes dans le cadre des opérations interarmées, du niveau tactique jusqu'au niveau stratégique et tout particulièrement en environnement contesté. Au final, il s'agit de fournir une aide au commandement réactive et permanente malgré la multiplicité des données.

Bien qu'encore trop limitée aujourd'hui, la connectivité est la pierre angulaire de l'ASI. Elle est destinée à faciliter la collecte et la fusion des bases de données (vecteurs terrestres, aériens ou spatiaux, cartographie, altimétrie...), le suivi en temps quasi réel de l'ensemble des informations (positions des amis et de l'adversaire, données des capteurs) afin d'élaborer un suivi de situation et garantir le lien entre l'information collectée et les systèmes de communication pour la diffusion à la communauté. Techniquement, ceci impose des capteurs performants, la normalisation, la sécurisation, la permanence et la fluidité des données échangées entre systèmes d'information ainsi que la transmission quasi directe de la source au destinataire. En outre, si l'autonomie nationale reste un gage de sécurité, un système « autarcique » est aujourd'hui impensable et l'interopérabilité avec nos alliés reste incontournable, *a minima* par l'intermédiaire de passerelles techniques. *In fine*, il s'agit tout simplement de faire échanger des domaines ayant leurs propres codes, normes, logiques, technologies, procédures et restrictions, dans un contexte opérationnel interarmées voire multinational, autant dire que le défi est complexe. Il sera également nécessaire d'assurer l'interopérabilité entre les différentes générations de matériels afin de ne pas créer un « ASI à deux vitesses ». Si des briques existent déjà pour garantir des capacités minimales, l'essentiel reste à développer en partenariat avec le monde universitaire et industriel. L'ouverture affichée du ministère des Armées et particulièrement du Commandement des opérations spéciales et de

l'Armée de l'air sur l'innovation est un atout pour construire un outil optimisé pour l'*ASI* et préparer l'avenir. L'Intelligence artificielle (IA), le *Big Data* et la réalité augmentée sont d'ores et déjà des domaines prometteurs. Enfin, le développement de structures mixtes dédiées à l'*ASI* à l'instar du Laboratoire opérationnel de recherche sur l'interface air-sol (Lorias) du LAB'O d'Orléans ⁽¹⁶⁾ à la croisée des mondes universitaires, industriels et opérationnels est une avancée significative en matière de recherche et développement spécialisés, gage d'une prise en compte adaptée du besoin.

*
**

Fruit du retour d'expérience et parfaitement adaptée aux conflits actuels, l'*Air Surface Integration* est ainsi un véritable démultiplicateur d'effets qui optimise la manœuvre générale. Sa mise en application appelle aujourd'hui à une meilleure prise en compte de son rôle prépondérant pour répondre à l'environnement opérationnel actuel mais aussi car elle représente surtout un pilier majeur pour des programmes tels que *Scorpion*, *Scaf* ou *Afia*. Fort de son expertise de la troisième dimension, l'Armée de l'air y a ainsi un rôle majeur comme intégratrice des effets. ♦

(16) Incubateur numérique qui détecte, fait émerger et accompagne les créateurs d'entreprises innovantes.

Avions de transport et hélicoptères au cœur des opérations : mutation et adaptation des capacités de projection de l'Armée de l'air

Nathalie PICOT et Christophe PIUBENI

Lieutenants-colonels au Bureau Plans de l'État-major de
l'Armée de l'air (EMAA).

« La guerre est une opération de transport,
le meilleur transporteur en sortira vainqueur ».

Winston CHURCHILL

Par voie terrestre comme lors de la campagne de Russie où Napoléon a conduit plus de 650 000 hommes aux portes de Moscou en 1812, par voie maritime comme à Midway où pas moins de sept porte-avions se sont livrés une bataille épique à plusieurs milliers de miles de leur port de mouillage en 1942 ou encore par la voie des airs pour approvisionner et défendre Na San (Indochine) fin 1952, avoir la capacité de projeter plus de forces et de puissance, a fait basculer bien des campagnes. Si les voies terrestres et maritimes permettent de transporter de gros volumes de matériels et d'hommes mais dans un temps long, la projection par les airs reste la plus rapide et permet de s'affranchir de nombreux risques et contraintes. Aujourd'hui, cette capacité dimensionne le volume initial de l'engagement militaire sur un théâtre d'opération mais aussi en grande partie sa réactivité, son aptitude à durer et sa résilience. La projection aérienne est donc fondamentale pour les armées.

À l'origine, les avions de transport et les hélicoptères étaient principalement employés à des missions de projection de forces, c'est-à-dire à la dépose de troupes ou de matériels au sol, mais ils sont également devenus des éléments indispensables de la projection de puissance. Il s'agit aujourd'hui d'apporter le feu par les airs de manière inattendue, en tout temps et en tous lieux, même les plus contestés. Confrontée à un éventail d'engagement toujours plus large en matière de mobilité et d'appui, l'Armée de l'air a su faire évoluer les concepts d'emploi des moyens de projection et s'est dotée d'outils polyvalents. Le renouvellement progressif de ces capacités *post-2025* est, pour les armées françaises, un défi majeur dans un environnement stratégique agressif et un cadre financier contraint.

Une bascule perpétuelle entre force et puissance

La projection est un art de la guerre à part entière. Cette capacité reste l'apanage des grandes puissances, indispensable à la guerre offensive, toujours plus difficile à mener d'après Clausewitz, qu'une guerre défensive. En effet, projeter suppose d'amener des moyens sur le territoire ennemi, loin de nos bases arrière, entraînant ainsi une forte élongation pour la force. Mais projeter permet aussi de créer de l'incertitude chez l'adversaire, l'empêchant de s'organiser et se concentrer, soit par risque de destruction, soit par risque de ne pas défendre la bonne zone.

Cette capacité se divise en deux parties distinctes : d'un côté la projection de force qui est progressive, permettant le déploiement de troupes ou l'acheminement de matériel, de l'autre la projection de puissance qui conduit à la concentration des feux ou à une action de combat ⁽¹⁾. Dans le domaine de la projection, l'Armée de l'air a innové sans cesse pour être en mesure de déployer masse et puissance de feu nécessaires à la victoire.

C'est au cours du conflit indochinois que l'aviation de transport tactique française est véritablement née en effectuant de nombreuses missions en soutien des forces sous le feu direct de l'ennemi : ravitaillement, parachutages, redéploiement immédiat de forces. Après le succès de la bataille de Na San, camp retranché autour d'une piste d'aviation en 1952, il y aura celle de Diên Biên Phu. Comprenant l'enjeu de ce cordon ombilical aérien, le général Giap pilonna la piste pour la rendre inutilisable condamnant les avions de transport à de périlleuses missions de largage sous le feu de l'artillerie sol-air dissimulée dans les collines entourant la cuvette. Entre février et mai 1954, plus de 50 % des missions aériennes sur la cuvette sont réalisées par les transporteurs avec 50 sorties en moyenne par jour pour ravitailler le camp retranché. Malgré une météorologie hostile, des moyens de navigation sommaires, un matériel hors d'âge et difficilement soutenu, l'Armée de l'air n'a eu de cesse d'innover durant ce conflit pour assurer ses missions.

À la même époque, l'hélicoptère voit sa première utilisation au plus près des combats pour l'évacuation sanitaire et l'observation, notamment avec le Hiller 360 en 1950. C'est en Algérie, que la bascule entre les projections de force et de puissance apparaît pour l'hélicoptère. À la fin du conflit, plus de 350 hélicoptères sont engagés dans tous types de missions, transport, observation, poste de commandement aérien et premiers hélicoptères armés *Mammouth*.

Les opérations en Indochine comme en Algérie, par leur ampleur, la rusticité des conditions d'emploi et le niveau d'engagement ont donné naissance à des moyens de projection robustes et polyvalents, pouvant atterrir sur les terrains les plus sommaires. Le *Noratlas*, commandé à 208 exemplaires par l'Armée de l'air, sera, à ce titre, le pionnier du transport aérien tactique avec ses ailes hautes et sa

(1) BRULSTEIN Corentin, « Vers la fin de la projection de forces ? I. La menace du déni d'accès », *Focus stratégique* n° 20, Ifri, avril 2010, p. 11 (www.ifri.org/).

soute ouvrant sur l'arrière. Les années 1970 et 1980 seront celles du Transall *C-160* franco-allemand. Deux fois plus lourd que le *Noratlas*, il permettait de transporter deux fois plus de charge, deux fois plus loin, tout en conservant sa capacité à atterrir sur les pistes sommaires en latérite. Il s'est illustré notamment lors de l'opération *Bonite* sur Kolwezi en 1978 ou pour son emploi comme PC volant lors de l'opération *Lamentin* en Mauritanie contre le *Front Polisario*.

À l'issue de cette période, la palette des modes d'action développés par les flottes de transport et d'hélicoptères de l'Armée de l'air arrive à sa pleine maturité (actions dans la profondeur, évacuations sanitaires, aérolargage, ravitaillement en vol pour le Transall, autoprotection...) mais l'évolution du contexte géostratégique va changer la donne. La première guerre du Golfe marque un tournant pour les flottes de transport et d'hélicoptères de l'Armée de l'air, obligées de s'adapter si la France veut préserver son rang de Nation cadre et sa capacité « d'entrée en premier ».

D'une part, elle souligne la carence en projection stratégique : la rusticité du Transall est adaptée aux missions tactiques mais son rayon d'action et sa capacité d'emport sont devenus insuffisants pour soutenir des déploiements importants à longue distance. Cette situation oblige à avoir recours à l'affrètement de moyens civils ou à se tourner vers nos alliés.

D'autre part, la mission de recherche et sauvetage au combat (*RESCO*) en hélicoptères devient une mission à part entière durant l'opération *Daguet*. Compte tenu de l'ampleur du dispositif aérien ami et des défenses sol-air adverses, chaque mission *RESCO* doit être coordonnée avec des chasseurs bombardiers qui assurent sa protection et dans des délais très courts. L'Armée de l'air y expérimente cette mission avec deux Puma faiblement équipés qui récupéreront en janvier 1991 un pilote de l'*US Navy* abattu en territoire koweïtien. C'est un tournant dans la manière de planifier et réaliser cette mission : il faut du matériel et des équipages spécialisés pour agir dans la profondeur du territoire ennemi en coordination avec l'aviation de chasse et de bombardement. Cela donnera naissance au *Caracal*, appareil dérivé du *Cougar* dédié à la *RESCO*, mission de projection de puissance. Hélicoptère blindé et armé en sabord, auto-protégé et ravitaillable en vol, il est adapté pour opérer en territoire hostile. Capable d'emporter un commando et disposant d'une avionique modernisée avec une imagerie infrarouge frontale (*FLIR*), sa capacité à opérer de nuit le fait aussi adopter pour les opérations spéciales.

La décennie suivante voit les conflits de contre-insurrection et de lutte contre le terrorisme se généraliser et changer encore la typologie des missions sur les théâtres d'opérations. Il devient nécessaire de pouvoir agir de manière réactive, isolée et ponctuelle, comme dans le cadre d'opérations spéciales, et de soutenir directement les unités au sol notamment avec des capacités d'observation et de coordination (*C3ISTAR*) intégrées sur Transall. Ces conflits ont également la particularité de se dérouler de plus en plus en milieu urbain ou périurbain, requérant des capacités d'héliportages robustes pour limiter le temps sous le feu de l'ennemi

Les avions de transport et les hélicoptères au cœur des opérations :
mutation et adaptation des capacités de projection de l'Armée de l'air

et éviter de reproduire les situations dramatiques comme en Somalie en 1993. Le *Caracal* est totalement adapté à ces missions.

Côté véhicules à transporter, les adaptations antiguérilla et les renforts en blindage les alourdissent. Le *VAB* initialement à 12 tonnes dépasse maintenant les 17 tonnes dans certaines configurations et ne peut plus être aérotransporté par *Transall*. Son successeur, le *Griffon* pèsera 20 tonnes à vide. L'impact sur le transport aérien est majeur, justifiant les dimensions et les performances de l'*A400M Atlas*.

Ces 70 dernières années ont donc vu se développer les missions de projection pour le transport et les hélicoptères militaires : elles sont toujours plus exposées, au plus près des combats, combinant les rôles de projection de forces, d'observation, de coordination des actions au sol et vers le sol, de relais de communication et d'actions de puissance avec des besoins en élongation et robustesse croissants. La montée en gamme et la polyvalence des moyens de transport et d'hélicoptères s'imposent donc pour couvrir un éventail opérationnel qui ne cesse de s'élargir.

Face à la contestation du milieu aérien

Combattre...

Le renforcement des États puissances et l'équipement en hausse de certains groupes non-étatiques conduisent à la contestation croissante du milieu aérien, représentant une menace pour l'emploi de la puissance aérienne. L'adaptation des moyens à ce nouveau paradigme est donc essentielle pour garantir nos contrats de projection et nécessite un triptyque de capacités : endurance, connectivité et réactivité.

L'endurance permet de contourner les menaces, de rester plus longtemps sur zone ou de pénétrer plus en profondeur dans le territoire ennemi. La connectivité est nécessaire pour la coordination des moyens de protection dédiés, le partage de la situation tactique générale *via* les liaisons de données (*L16* actuellement), mais également pour pouvoir évoluer dans un environnement où les moyens de navigation par satellite peuvent être brouillés (*Navwar*). Enfin, la réactivité conditionne la vitesse à laquelle une situation qui pouvait évoluer défavorablement se stabilise : maîtriser l'escalade dans un conflit, fixer un ennemi en mouvement, compléter un stock en munitions.

L'*A400M Atlas* a toutes les qualités requises pour répondre à ce triptyque. Le saut technologique entre le *Transall* et ce nouvel appareil est comparable à celui entre le *Jaguar* et le *Rafale*. Il est capable de transporter le double que son prédécesseur en quatre fois moins de temps tout en conservant une aptitude à se poser sur terrain sommaire. Il peut projeter directement sur les théâtres depuis la France tous les hélicoptères en service et les nouveaux matériels terrestres notamment grâce à sa soute de quatre mètres de large.

Les avions de transport et les hélicoptères au cœur des opérations :
mutation et adaptation des capacités de projection de l'Armée de l'air

Enfin l'*Atlas* est capable de s'intégrer parfaitement dans des missions complexes lorsque le milieu aérien est contesté. Évoluant agilement à 150 pieds sous le seuil de détection radar grâce à des commandes de vols particulièrement robustes et une représentation évoluée du terrain, ses puissants turbopropulseurs lui permettent également de voler à haute altitude hors de portée de la majeure partie des systèmes sol-air, à des vitesses facilitant son intégration avec une escorte. Sa capacité en carburant lui permet de franchir de très longue distance mais également au besoin de faire du ravitaillement d'appoint à des chasseurs en intra-théâtre.

Les moyens de communication sécurisés, les liaisons de données tactiques et satellitaires mais également le système de navigation de l'*A400M* permettent aujourd'hui aux équipages de mener des missions au Levant en toute sécurité de jour comme de nuit (Jumelles de vision nocturne – JVN – et *FLIR*), en étant parfaitement intégrés aux opérations alliées. Les évolutions avioniques en cours permettront l'envoi sécurisé de données *via* des liaisons satellitaires militaires mais également de se poser en autonome sans moyens au sol, même en environnement fortement brouillé.

Enfin, son allonge couplée à son système de préparation de mission centralisé permet la conception puis la réalisation en un temps très court d'une mission tactique pouvant être la mise à terre au départ d'Orléans, à l'issue d'une phase de vol logistique de cinq heures, d'une charge de vingt tonnes au cœur de la Bande sahélo-sahélienne (BSS). Ainsi, ce nouveau vecteur autorisera la réalisation d'opérations aéroportées majeures directement depuis la France, en étant constamment relié au centre de commandement et de contrôle *via* liaison satellitaire là où, en 2013 sur Tombouctou, il a fallu réunir une flotte hétérogène de *C-160* et *C-130*, opérer depuis Abidjan, communiquer en haute fréquence (HF), sans disposer d'une situation aérienne globale. Avion au potentiel exceptionnel, il sera très prochainement engagé au profit des forces spéciales. L'Armée de l'air envisage à terme de s'en servir pour mener des actions au feu grâce à de l'armement embarqué et des moyens de recueil de renseignement (transfert de la capacité *C3ISR* des Transall des forces spéciales air).

Et Sauver ⁽²⁾

À l'autre extrémité de l'éventail des opérations, il faut savoir sauver depuis le ciel en tout temps et en tout lieu. Être capable d'opérer loin et très rapidement dès le temps de paix, lors d'une catastrophe, d'une crise ou d'un conflit contribue indubitablement à la résilience de l'État.

En temps de paix, les moyens de projection par avion et hélicoptère permettent la tenue des alertes gouvernementales mais également la protection des

(2) Selon l'adage du colonel Brunet (initiateur de l'usage des hélicoptères armés pendant la guerre d'Algérie) qui est devenu la devise de la Brigade aérienne d'appui et de projection (BAAP) du Commandement des forces aériennes (CFA).

populations, des événements majeurs et des sites sensibles *via* les missions de permanence opérationnelle et de recherche et sauvetage (*SAR*). Dans ce cadre, le triptyque endurance, connectivité et réactivité est aussi indispensable. L'endurance permet d'augmenter les plages de surveillance en vol sur les sites ou événements. Connectés, les hélicoptères peuvent anticiper l'arrivée des nombreux trafics aériens civils, savent les discriminer et coordonnent les interceptions puis les interpellations. Enfin, la réactivité est intimement liée à la vitesse, indispensable pour rattraper puis contraindre les menaces ou contrevenants à distance de sécurité des sites à protéger. Ces missions sont essentielles au maintien de la souveraineté vis-à-vis de mobiles évoluant à faible vitesse en regard de celle des chasseurs, et permettent de maintenir un haut niveau de sécurité sur des installations sensibles ou stratégiques comme le Centre spatial guyanais.

Sur les territoires ultra-marins, où les moyens de la protection civile sont comptés, les *Casa CN-235* permettent de se poser notamment sur des atolls reculés. Ce cargo léger, particulièrement agile et au coût de fonctionnement bas, contribue à des missions de présence, et de surveillance maritime ou terrestre et de contre-terrorisme maritime. L'ajout d'une boule optronique devient indispensable pour ces missions polyvalentes.

La France compte environ 1,5 million d'expatriés dont un tiers dans des zones de crises potentielles nécessitant des moyens capables d'intervenir rapidement quelles que soient les conditions. Les événements des dernières années ont rappelé que nous devons être capables d'intervenir en quelques heures pour protéger nos ressortissants. En février 2008, alors que la ville de N'Djamena était sous le feu, de nombreuses rotations de *C-160* ont permis l'évacuation de centaines de Français vers le Gabon. Plus récemment, face aux dégâts provoqués par l'ouragan Irma à Saint-Martin et Saint-Barthélemy en septembre 2017, la France a mobilisé ses moyens de projection (*A400M*, *Casa* et *Puma* de l'Armée de l'air) afin d'évacuer les sinistrés et acheminer du fret : au total, 3 000 personnes ont été évacuées vers la métropole et 100 tonnes de fret délivrées sur zone.

Les moyens de projection permettent aussi de couvrir les besoins en évacuations sanitaires. Au plus proche des combats, les hélicoptères sont capables d'évacuer rapidement les blessés vers une zone de poser sommaire où un *Casa* en version sanitaire et des équipes médicales prendront le relais pour les transporter vers une structure plus adaptée. En fonction de l'état et du nombre de blessés, un *Falcon* médicalisé ou un *A330 MRTT* avec un kit *Morphée* les rapatriera en moins de 24 heures en métropole. À terme, le partage en temps réel des constantes vitales des blessés pendant le vol permettra d'améliorer la prise en charge dès l'atterrissage.

Les programmes et projets à venir

Pour maintenir ses capacités de projection de force et de puissance face aux menaces futures, l'Armée de l'air étudie les évolutions nécessaires sur ses flottes

notamment en termes d'action dans la profondeur dans un environnement de haute intensité, de mise en réseau et d'armement plus lourd de ses plateformes.

Pour les hélicoptères, le prochain standard du *Caracal* se concentrera sur le volet « protection et auto-défense ». Ainsi, pour assurer la supériorité tactique sur zone, le plot hélicoptère doit être escorté par un moyen à allonge équivalente offrant une forte capacité feu. L'armement du *Caracal* constitue donc un complément indispensable aux moyens de l'aviation chasse pour la conduite d'actions spéciales dans la profondeur. Le projet de *Caracal Mammoth*, équipé d'un armement axial, répondrait à ce besoin. Sur le long terme, le remplacement de la flotte *Caracal* est attendu à l'horizon 2035, dans le cadre d'un programme interarmées. Cet hélicoptère de manœuvre de nouvelle génération devra pérenniser les capacités de ravitaillement en vol, de protection et d'autodéfense pour permettre de conserver l'allonge nécessaire aux missions dans la profondeur du dispositif ennemi.

Enfin, le programme *Hélicoptère interarmées léger (HIL)*, remplacera à l'horizon 2030 pour l'Armée de l'air la flotte *Fennec*. Il assurera les missions de sûreté aérienne, *SAR*, d'appui-feu et de renseignement avec des gains importants en endurance, connectivité et réactivité. Son emploi dans la profondeur est indispensable et cohérent des capacités des autres flottes. C'est pourquoi le *HIL Air* sera équipé d'une capacité de ravitaillement en vol, de liaisons de données *ad hoc* et d'un armement axial. Pour ce qui concerne l'armement des plateformes de transport, il s'agit de tirer parti de l'endurance mais également de la charge offerte d'un avion comme l'*A400M*. Il devra pouvoir larguer depuis sa soute des essaims de drones avec de nouveaux modes d'action d'observation ou offensifs.

*

**

Le transport aérien militaire est particulièrement dynamique dans la recherche de nouveaux concepts et permettra de plus en plus de « dilater les espaces stratégiques »⁽³⁾ grâce à son rôle central au service de l'ensemble des missions sur les théâtres d'opération. Les mises en service en cours et futures, ainsi que les différents projets à l'étude ouvrent une nouvelle ère dans nos capacités de projection de force et de puissance par voie aérienne : rénovation à mi-vie du *Caracal*, évolutions *A400M*, renforcement des capacités grâce au futur *HIL*. Au-delà des concepts et des machines, se sont aussi les femmes et les hommes ainsi que leurs savoir-faire qui permettent de réaliser toutes les missions du temps de paix au temps de guerre. La nouvelle dynamique de modernisation et d'engagement opérationnel permettra aussi de fidéliser tous ces talents. « Pour atteindre de grands objectifs, nous devons oser de grandes choses » affirmait Clausewitz. ♦

(3) MARGERIDE Jean-Baptiste, « La dilatation de l'espace stratégique par le transport aérien », *Stratégie* n° 59, 1995-3 (www.institut-strategie.fr/strat_059_MARGERIDE.html).

Modernisation du MCO aéronautique de l'Armée de l'air

Laurent LHERBETTE

| Général de division aérienne, sous-chef « Activité » de l'État-major de l'Armée de l'air (EMAA).

En janvier 2018, la ministre des Armées a décidé la mise en place d'un plan de transformation destiné à améliorer la performance, l'efficacité et la gouvernance du Maintien en condition opérationnelle (MCO) aéronautique. Pour l'Armée de l'air, le MCO aéronautique revêt une importance primordiale : il constitue un déterminant essentiel du succès en opération, un facteur clé de la préparation opérationnelle et, incidemment, un élément indispensable du moral du personnel. L'Armée de l'air est donc pleinement mobilisée, comme l'ensemble des acteurs étatiques et industriels du MCO aéronautique, pour que ce plan de transformation soit une réussite et qu'il apporte rapidement, à coûts maîtrisés, des résultats positifs. Au titre de sa contribution à cette réforme, l'Armée de l'air met en œuvre le projet NSO 4.0 qui vise à moderniser le Niveau de soutien opérationnel (NSO) relevant de son périmètre propre de responsabilités pour garantir la capacité de l'Armée de l'air à réaliser toutes ses missions, en tous lieux et en toutes circonstances.

Le MCO n'est pas une fin en soi, il doit donc avoir comme seul objectif la mise à disposition de matériels en état pour aller au combat. Pour l'Armée de l'air, le MCO contribue donc à la préparation opérationnelle des aviateurs – responsabilité qui incombe directement au Chef d'état-major de l'Armée de l'air (CEMAA) – ainsi qu'à l'exécution, sans faillir, de ses missions permanentes (dissuasion, Posture permanente de sûreté aérienne ou PPSA, alertes diverses), de ses engagements en opérations extérieures et de ses contributions aux actions à l'outremer et à l'étranger.

Le MCO consiste à assurer la maintenance des équipements et intègre les fonctions logistiques (approvisionnement, stockage, distribution des rechanges) et techniques (suivi et traitement des faits techniques). Les activités de maintenance se décomposent en différents niveaux techniques d'intervention (NTI 1, 2 et 3), et sont réalisées à deux niveaux de responsabilité : opérationnel (NSO opéré par les forces) et industriel (NSI étatique opéré par le SIAé (Service industriel aéronautique) et NSI privé opéré par les industriels privés).

Modernisation du MCO aéronautique
de l'Armée de l'air

Niveau de soutien	Niveau d'intervention technique	Qui ?	Exemples de types d'interventions
NSO (soutien opérationnel)	NTI1	Forces	Mise en œuvre et maintenance en ligne : – visites journalières avant et après vol ; – remplacement des Unités remplaçables en ligne (URL).
	NTI2	Forces ou SIAé ou industrie privée	Maintenance en ligne ou hors ligne (en atelier) : – visites périodiques d'aéronefs (courte durée) ; – visites périodiques d'entretien des organes, accessoires, équipements (OAE) ; – remplacement des unités réparables en atelier (URA) ; – application d'évolutions techniques sur site ; – modulages/démodulages de moteurs.
NTI3			SIAé et/ou industrie privée

La réussite du plan de transformation, qui doit amener à une augmentation de la performance du MCO aéronautique, repose sur de nombreux acteurs dont les responsabilités sont complémentaires :

- **Les maîtrises d'ouvrages** (EMA, DGA, EMAT, EMM, EMAA ⁽¹⁾) prescrivent le besoin ⁽²⁾, allouent les ressources financières et les ressources humaines (RH) en main-d'œuvre étatique. S'agissant de l'Armée de l'air, le CEMAA est responsable de la préparation opérationnelle des forces placées sous son autorité et du MCO des matériels mis en œuvre. Il exerce ses responsabilités grâce à l'EMAA et à la DRHAA ⁽³⁾. Dans ce cadre, le major général de l'Armée de l'air (MGAA) est Responsable du budget opérationnel de programme (RBOP) Air dont 74 % sont consacrés à l'Entretien programmé des matériels (EPM). L'Armée de l'air est également « autorité d'emploi » et « responsable du maintien de navigabilité ».

- **La maîtrise d'ouvrage déléguée** est confiée à la DMAé (Direction de la maintenance aéronautique) qui conçoit et propose au Chef d'état-major des armées (CÉMA) la stratégie du MCO, garantit la cohérence globale des actions de MCO. Elle négocie et pilote les contrats de soutien. Elle est chargée d'une partie de la

(1) État-major des Armées, Direction générale de l'armement, État-major de l'Armée de terre/de la Marine/de l'Armée de l'air.

(2) Divers documents dont le Contrat d'objectifs et de performance (COP) définissent les besoins et priorités des armées.

(3) La Direction des ressources humaines de l'Armée de l'air est gestionnaire des RH opérant, au titre du MCO, au sein du soutien opérationnel ou auprès d'autres employeurs du ministère.

fonction technique (OGMN ⁽⁴⁾, autorité des équipes techniques) et de la fonction logistique (gestionnaire de biens des matériels et coordonnateur de la logistique de bout en bout). Sur un plan budgétaire, elle est responsable devant le MGAA du pilotage de l'unité opérationnelle (RUO) MCO Aéro de l'Armée de l'air.

- **L'autorité technique** relève de la DGA qui est chargée de la maîtrise technique du matériel tout au long de sa vie. À ce titre, la DGA élabore, avec les Armées, la stratégie de soutien de chaque flotte nouvelle et en assure le soutien initial. Elle est également chargée, avec la DMAé, de la veille et du traitement des obsolescences.

- **La maîtrise d'œuvre du NSO** est confiée aux commandements organiques de chaque armée, qui s'appuient sur leurs unités techniques et exercent une partie des responsabilités d'OGMN et d'organisme d'entretien. Pour l'Armée de l'air, les principaux états-majors en charge du NSO sont le CFAS et le CFA ⁽⁵⁾.

- **La maîtrise d'œuvre du NSI** est confiée :

- **Au SIAé**, l'opérateur étatique qui permet au ministère des Armées de détenir des capacités d'expertise, de conception et d'intervention industrielles directes, en assurant notamment la maintenance industrielle pour laquelle une externalisation n'est pas possible ou pas souhaitable. À ce titre, le SIAé œuvre sur de nombreuses flottes, dont celles opérées par l'Armée de l'air, qu'elles soient anciennes (*C-160 Transall*, *C-130H Hercules*, *Mirage 2000*, *Puma*, *Alphajet*) ou récentes (*A400M Atlas*, *Rafale*), ainsi que sur des équipements (moteurs, ensembles électroniques et mécaniques, matériels de sécurité-sauvetage survie, radômes, radars sol...).
- **À un tissu industriel du secteur privé** constitué de constructeurs ou d'équipementiers aéronautiques majeurs et indispensables (Dassault, Airbus, Safran, Thales, MBDA...) ainsi que de maintenanciers de premier rang (Air France Industries, Sabena Technics, TAP Air Portugal...).

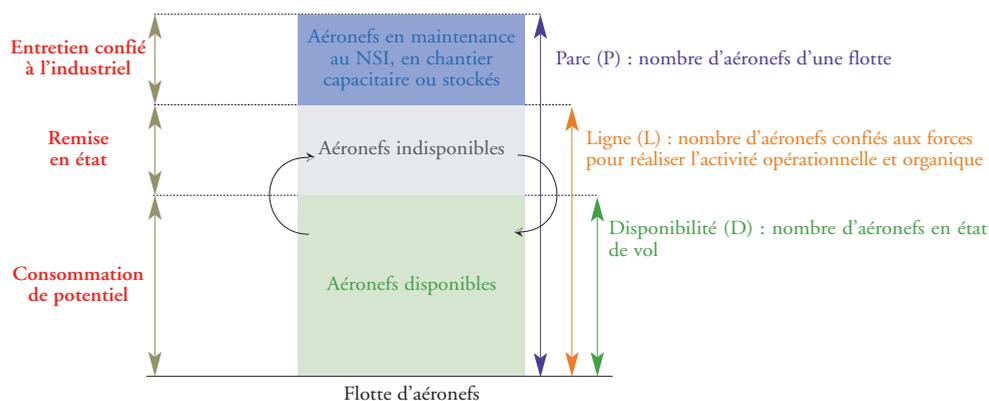
La performance globale du MCO dépend de la bonne coordination et des actions respectives de tous les acteurs. Elle se mesure au travers des résultats d'activité aérienne, de nombre de matériels mis à disposition des forces (la « ligne »), de disponibilité quotidienne mais aussi de maîtrise des coûts (voir schéma page suivante).

Dans une enveloppe financière maîtrisée, **l'activité aérienne et la disponibilité constituent les paramètres les plus visibles** de la performance du MCO. L'activité est effectuée avec des aéronefs équipés dans la configuration leur permettant la réalisation de leur mission (ex : nacelles de désignation laser, radar ...). La

(4) Organisme de gestion du maintien de la navigabilité des aéronefs d'État.

(5) Commandement des Forces aériennes stratégiques, Commandement des forces aériennes.

Modernisation du MCO aéronautique de l'Armée de l'air



disponibilité contribue, outre à la production d'activité, à l'exécution de toutes les formes de missions y compris notamment les tenues d'alerte ainsi que les montées en puissance de la dissuasion aéroportée. Le volume et la qualité de cette activité aérienne permettent de :

- **mener des opérations aériennes** de première importance : PPSA, lutte contre *Daech* au Levant ou contre le terrorisme au Sahel, frappes de rétorsion contre l'utilisation d'armes chimiques en Syrie (opération *Hamilton* ⁽⁶⁾), police du ciel en Baltique, etc. ;
- **tenir des contrats opérationnels** exigeants en termes de volume, d'autonomie, de réactivité et de durée d'action : protection du territoire national, dissuasion nucléaire, connaissance et anticipation, prévention et gestion de crises, mise en œuvre de l'échelon national d'urgence, engagement majeur intervention ;
- **garantir la préparation opérationnelle des équipages**, afin qu'ils puissent réaliser les missions ci-dessus.

Dans ce cadre, l'équilibre entre NSO et NSI est essentiel à la performance du MCO. Ainsi, le maintien d'un NSO dimensionné en fonction des exigences opérationnelles, garantit la capacité de l'Armée de l'air à réaliser ses missions, en tous lieux, en toutes circonstances et à coûts maîtrisés. Placé au plus près des avions et pleinement tourné vers le soutien des besoins opérationnels, le NSO contribue directement, 24 heures sur 24, 7 jours sur 7, de façon décisive, à la réalisation des missions de l'Armée de l'air. Il est servi par du personnel militaire qui est un gage de réactivité, d'autonomie, de résilience et de coût maîtrisé quels que soient les circonstances et les théâtres d'engagement.

Pour garantir une telle capacité, l'Armée de l'air et son personnel militaire doivent donc continuer à maîtriser un certain nombre d'aptitudes et de savoir-faire essentiels, comme :

(6) Voir l'article du lieutenant-colonel Moyal dans ce volume, p. 58-64.

- La mise en œuvre et la maintenance des avions de chasse, de certains avions de transport, flottes spéciales ou hélicoptères, mais aussi de leurs équipements, de leurs armements et de certains matériels d'environnement aéronautique avec une profondeur qui varie selon l'emploi des flottes et les compétences à entretenir.

- La mise en œuvre et la maintenance des systèmes d'information et de communication aéronautiques, comprenant les radars de surveillance et d'approche ainsi que les systèmes de commandement et de conduite des opérations, mais aussi des matériels de défense sol/air, selon une approche similaire aux aéronefs.

- Une partie des activités logistiques, là encore sur un périmètre qui dépend des compétences qu'il est indispensable de détenir en propre. Dans tous les cas, là aussi, l'engagement en opération extérieure (Opex) nécessite de conserver des moyens militaires.

- Le soutien de systèmes d'information technico-logistiques ou embarqués.

- Un niveau d'expertise technique pour contribuer au maintien et suivi de navigabilité.

- Les fonctions techniques comprenant la gestion de flotte et l'ordonnement des tâches en conservant les capacités d'arbitrage afférentes, arbitrage pour lequel le paramètre opérationnel doit impérativement demeurer *primus inter pares*. Cela suppose d'accepter de ne pas atteindre un « optimum » global pour se donner les moyens de réaliser une mission prioritaire. Conserver ces fonctions au sein de l'Armée de l'air est donc logique et essentiel.

La « productivité » de la main-d'œuvre militaire de l'Armée de l'air est très satisfaisante comme l'attestent les très bons niveaux de disponibilité en Opex ⁽⁷⁾. De même, hors Opex, la performance du NSO pour générer l'activité d'entraînement est supérieure à 70 %, c'est-à-dire que pour dix aéronefs mis à disposition des forces, environ 7 peuvent être alignés dans la journée pour contribuer à la réalisation d'une mission ou de préparations opérationnelles. Par ailleurs, tout militaire œuvrant au profit du NSO est aussi un combattant en plus d'être un technicien de haut niveau. Il partage donc son temps d'activité entre la « production pure » dédiée au MCO (80 %) et les sujétions du métier des armes ⁽⁸⁾ (20 %).

Depuis 2007, l'Armée de l'air a réduit de 27 % les effectifs Air affectés à la maintenance aéronautique en confiant davantage d'activités de MCO à des opérateurs privés. Le NSO a ainsi été optimisé et rationalisé selon la logique de différenciation suivante :

(7) La disponibilité en Opex est supérieure à 80 % au global et elle est même supérieure à 90 % sur les flottes de combat.

(8) Formation du combattant, exercices, missions, permanence...

- **Le périmètre du NSO englobe les activités de NTI1 et une partie du NTI2 jugée « stratégique »** pour les flottes reconnues « système de combat » et dont l'usage est exclusivement militaire : *Rafale*, *Mirage 2000*, *Alphajet*, *C-130H* et *J Super-Hercules*, *C-160*, *C-135*, *CASA CN235*, *A400M*, *Puma*, *AS550 Fennec*, *AWACS*, *A330 MRTT (Multi Role Tanker Transport)*... Le NTI2 « stratégique » inclut, par exemple, l'entretien de moteurs, d'équipements de missions ou d'OAE ⁽⁹⁾ que les forces doivent pouvoir dépanner en Opex. Le maintien de ces compétences techniques impose, par exemple, que le NSO incorpore dans son périmètre certaines visites d'entretien préventif. Ce type de disposition permet d'approfondir la connaissance de l'avion et de bénéficier d'actions propices à la formation des mécaniciens. Par ailleurs, il suppose également la maîtrise des activités de réparations structurales, indispensables à la régénération de la disponibilité en opérations.

- **Le périmètre du NSO se concentre sur les activités de NTI1 et quelques activités NTI2** pour les flottes qui présentent un emploi opérationnel très sensible, mais dont le parc est limité en nombre ou qui possèdent une grande proximité technique avec des flottes civiles : *H225M Caracal*, *DHC6 Twin Otter* et bientôt *ALSR* ⁽¹⁰⁾, *Cuge* ⁽¹¹⁾, *Reaper Block 5* et drone *Male* (Moyenne altitude, longue endurance) européen.

- **Il n'y a aucun NSO** (la totalité de maintenance a été confiée à des prestataires industriels civils) pour la plupart des flottes d'avion-école, d'avions de transport stratégiques et à usage gouvernemental : *Grob G120*, *Embraer 121 Xingu*, *Pilatus PC-21*, *A310*, *A330*, *A340*, *TBM 700*, *Falcon*, *AS332 Super Puma*, etc.

Le plan de transformation du MCO aéro lancé au sein du ministère a d'abord porté sur le NSI considéré comme une des causes de sous-performance à traiter en priorité ⁽¹²⁾. Sur la base du rapport de l'ingénieur général de classe exceptionnelle de l'armement (2S) Christian Chabbert, cette priorité s'est traduite par la recherche d'une **optimisation de la stratégie contractuelle** avec les objectifs suivants :

- limiter les interactions entre les différents acteurs (**verticalisation**) ;
- responsabiliser les industriels sur un périmètre plus important (**globalisation**) ;
- leur donner une plus grande visibilité (**contrats de longue durée**).

Cette optimisation de la stratégie contractuelle pourra se traduire dans certains cas par de nouveaux transferts d'activité du NSO vers le NSI. Il conviendra

(9) Organes, accessoires et équipements.

(10) Avion léger de surveillance et reconnaissance.

(11) *Charge utile de guerre électronique*, futur système qui remplacera les *Transall C-160 Gabriel*.

(12) Pour l'Armée de l'air : *C-130H*, *SA330 Puma*, *Mirage 2000*, *A400M* et certains équipements comme les nacelles de désignation laser.

toutefois de mesurer, au cas par cas, tous les impacts de cette démarche sur l'efficacité opérationnelle (tenue des contrats opérationnels, capacité de projection, aptitude à durer...) mais aussi sur l'efficience globale (surcoûts *versus* gains RH).

Au titre de sa contribution au plan de transformation et poursuivant l'effort de rationalisation du NSO entrepris ces dernières années, l'Armée de l'air a initié le projet NSO 4.0 qui vise à identifier de nouvelles pistes d'optimisation, en cohérence avec l'actuel plan de transformation du MCO aéronautique. Associant tous les acteurs du MCO, les travaux ont été confiés aux deux maîtres d'œuvre du NSO dans l'Armée de l'air (CFA et CFAS) et portent sur les 3 grands domaines opérés par les forces :

1. les activités de production de la maintenance des aéronefs ;
2. l'entretien et la mise en œuvre des matériels d'environnement aéronautique ;
3. la manœuvre logistique.

Tenant compte des nombreuses recommandations issues de l'ensemble des audits, enquêtes et études particulières sur le MCO aéronautique, notamment celles issues du rapport de l'IGA Chabbert, le projet NSO 4.0 se décline selon quatre axes :

1. **Un axe « Organisation »** visant à consolider les organisations, notamment en décrivant précisément le contour du « socle NSO » en termes de RH, de moyens techniques et de savoir-faire à conserver.

2. **Un axe « Ordonnancement »**, visant à améliorer la coordination de l'ensemble des acteurs du MCO sur les bases aériennes, en associant davantage les industriels tout en conservant, au sein des forces, la responsabilité des décisions qui doivent *in fine* rester guidées par le rythme et les exigences des opérations.

3. **Un axe « Lean Management »** afin de supprimer les tâches sans plus-value, optimiser le séquençage des opérations de maintenance, retrouver des marges pour la formation et rejoindre les standards des meilleurs industriels.

4. **Un axe « Mesure de la performance »** destiné à consolider les outils de mesure de la performance, à contrôler les résultats du projet et vérifier l'efficacité des actions.

Dans ce projet structurant, la conduite du changement revêt un aspect fondamental. Notamment, l'adhésion du personnel est un enjeu stratégique. Pour cela, les quatre domaines suivants seront plus particulièrement développés : la communication, la Gestion prévisionnelle des effectifs, des emplois et des compétences (GPEEC en lien avec le projet DRHAA 4.0), les partenariats (Éducation nationale, industries privées et acteurs étatiques du MCO) et l'innovation.

L'esprit d'innovation infusera avec le projet « NSO 4.0 », en utilisant les opportunités issues de la technologie, en repensant les processus et les organisations

et en constituant un réseau « vivant » au sein des unités techniques. Ce réseau sera connecté aux actions lancées par la toute récente Agence pour l'innovation de Défense (AID) afin de faire fructifier les idées naissantes.

*
**

Le MCO est un domaine majeur de la capacité des Armées à réaliser tant leur préparation que leurs engagements opérationnels. Son succès relève de l'implication motivée de l'ensemble des acteurs qui y contribue. Au regard de son coût, il convient de profiter de toutes les opportunités offertes par les innovations technologiques, les changements d'organisation et les optimisations possibles pour en maîtriser le prix, sans amoindrir la capacité des Armées à « Se Préparer, Agir et Durer »⁽¹³⁾. ♦

(13) Devise du Commandement des forces aériennes (CFA).

Défis de la formation pour l'Armée de l'air

Gilles VILLENAVE	Général de brigade aérienne, Sous-directeur emploi-formation de la Direction des ressources humaines de l'Armée de l'air (DRHAA).
Olivier GOUDAL	Colonel, adjoint au sous-directeur emploi-formation de la DRHAA.
Éric LE BRAS	Colonel, commandant en second des Écoles des sous-officiers et des militaires du rang de l'Armée de l'air, commandant de l'escadre de formation de l'École de formation des sous-officiers de l'Armée de l'air (EFSOAA).
Julien MOREAU	Colonel, commandant l'École de formation du personnel navigant.
Jean-Baptiste BLANC	Commandant, chef de brigade EA1.

Pour répondre aux besoins des employeurs, dans un contexte de remontée des effectifs décidée dans le cadre de la dernière Loi de programmation militaire (LPM) et d'engagement opérationnel intense, l'Armée de l'air doit conduire une manœuvre ressources humaines (RH) complexe visant à recruter et former de nombreux jeunes, puis à les fidéliser pour conserver les compétences dans un monde de plus en plus concurrentiel.

Au sein de cette manœuvre RH, la fonction formation est primordiale car elle guide les premiers pas d'un aviateur au sein l'Armée de l'air, déterminants pour la suite de sa carrière. C'est au sein des écoles et de sa première unité qu'il se forgera une place et son identité, sur un socle de savoir-faire et de savoir être essentiels à sa future mission.

La fonction « formation » doit s'adapter en permanence :

- **Aux changements sociétaux** car les différentes générations, qu'elles soient dénommées Y ou Z, appréhendent différemment leurs parcours dans l'institution que des générations plus anciennes. Avec 3 500 aviateurs à embaucher en 2019, les volumes de recrutement n'ont jamais été aussi élevés. Ainsi, l'enjeu est avant tout de parvenir à former ces jeunes recrues, en répondant à la fois à leurs attentes et à celles de leurs futures unités.
- **Aux évolutions des métiers** au sein des armées imposées par de nouvelles missions et l'arrivée de matériels technologiquement plus évolués.
- **Aux prérequis et niveau des élèves.**
- Ou encore **aux évolutions des méthodes pédagogiques** rendues possibles par le fait numérique qui ouvrent des perspectives en matière de meilleure acquisition des savoirs, de diminution des temps de formation et *in fine* de moindres échecs.

Adapter l'outil de formation est donc une nécessité pour mieux fidéliser le personnel militaire dès les « écoles de début ». C'est d'ailleurs le gage de sa pertinence. Quels outils pédagogiques, quelles méthodes et quels cursus président à la transmission de la culture militaire et de l'expertise future de chaque aviateur dans son domaine de spécialité ?

Pour l'Armée de l'air, la capacité d'offrir à son personnel un cadre de formation et de travail performant permettra à chaque aviateur d'aborder sereinement et efficacement son premier emploi, qu'il soit officier, sous-officier ou militaire du rang (la formation de ces derniers étant assurée au sein des unités d'affectation).

Chaque école ou entité de formation de la Direction des ressources humaines de l'Armée de l'air (DRHAA) s'inscrit aujourd'hui dans cette dynamique d'adaptation au changement, pleinement intégrée dans le méta-projet « DRHAA 4.0 » qui vise à moderniser l'ensemble des processus RH de l'Armée de l'air.

Formation des sous-officiers

Formation militaire

Les Élèves sous-officiers (ESO) de l'Armée de l'air sont issus de plusieurs voies : recrutement « Arpètes » (200 élèves par an), recrutement *ab initio* (plus de 1 350 élèves par an) et accès au corps des sous-officiers offert à certains militaires techniciens de l'air.

Les « Arpètes » intègrent l'École de l'enseignement technique de l'Armée de l'air (EETAA) à Saintes en classe de 1^{re} pour une scolarité de deux ans afin d'obtenir un baccalauréat général, technologique ou professionnel. Ils y suivent également la formation militaire initiale validée par un Certificat d'aptitude militaire (CAM). Les jeunes élèves sous-officiers qui s'engagent dans l'Armée de l'air titulaires au minimum d'un baccalauréat rejoignent quant à eux l'EFSOAA ⁽¹⁾ de Rochefort où ils commencent leur parcours par la période de formation militaire initiale jusqu'au CAM.

Cette formation militaire initiale a été adaptée ces dernières années et répond notamment aux besoins en termes d'engagement sur le territoire national (opération *Sentinelle*). Cette étape est cruciale pour nos jeunes recrues qui viennent de quitter leur cocon familial et ont de fortes attentes en s'engageant dans l'Armée de l'air. Elle consiste avant tout à en faire des militaires, mais fait reposer sa pédagogie sur un encadrement de proximité stable et attentif, en mesure de répondre à leurs interrogations diverses. Ainsi, chacun trouve très vite sa place dans l'institution. Il faut impérativement garder à l'esprit que les nouvelles générations cherchent davantage de sens à ce qu'elles font que celles qui les ont précédées.

(1) École de formation des sous-officiers de l'Armée de l'air.

Formation de spécialiste

Après l'obtention du CAM, les ESO commencent leur formation de spécialiste à Rochefort pour les métiers techniques et dans d'autres centres pour les différents métiers (commandos, infrastructure, RH, contrôleurs, pompiers de l'air, etc.).

Les réformes récentes dans le domaine de la formation portent principalement sur les métiers techniques. L'EFSOAA est un Organisme de formation à la maintenance (OFM) aéronautique agréé, au titre de la navigabilité, FRA 147. Il délivre des cursus de formation découpés en modules conformes aux standards de la navigabilité. Cette conception modulaire des programmes permet notamment la mise en place de formations différenciées, qui prend en compte les acquis des élèves intégrant l'école.

Le *continuum* de formation entre l'EETAA, ou les établissements proposant le baccalauréat professionnel aéronautique, et l'EFSOAA est ainsi particulièrement valorisé pour les bacheliers ayant suivi les options « système » ou « avionique ». Les formations de cursus à Rochefort sont en effet réduites de 16 semaines pour la formation « vecteur » et de 12 semaines pour la partie « avionique ». Ces formations différenciées permettent de véritablement optimiser la durée de formation à Rochefort, et d'affecter les jeunes sous-officiers plus tôt dans leurs unités opérationnelles.

Pour les jeunes engagés qui auraient, dans un cursus civil, validé un parcours complet « formation de base navigabilité (PART 147) », seul un complément de formation aux métiers de la défense (réglementation étatique, logistique) d'une durée de 12 semaines est réalisé. Pour cette population, la formation dispensée à Rochefort passe ainsi de 46 à 12 semaines seulement. Là encore, cette démarche offre à l'Armée de l'air un gain de temps opérationnel significatif.

Par ailleurs, l'école a revisité l'ensemble de ses formations, notamment pour s'assurer qu'il n'existait pas de doublons. Mais elle souhaite également généraliser à l'ensemble des spécialités techniques le principe des stages en immersion dans les unités de maintenance, avec pour bénéfice immédiat de motiver davantage les ESO pendant leur scolarité.

École moderne, résolument tournée vers la préparation de l'avenir, l'EFSOAA est le « *hub* de formation » des sous-officiers de l'Armée de l'air pour la partie militaire et les formations techniques. Elle leur offre, grâce à la qualité de ses formations, un parcours professionnel qualifiant. L'EFSOAA livre ainsi aux forces des spécialistes motivés, alliant savoir-faire et savoir être, formés au juste besoin, à chaque étape de leur carrière.

Engagée dans un projet majeur de numérisation du contenu des formations dispensées, l'EFSOAA s'inscrit délibérément sur la voie de la modernité et de

l'excellence, afin de former au bon niveau et au juste besoin les sous-officiers dont l'Armée de l'air a besoin.

À ce titre, la DRHAA a généralisé une nouvelle approche qui a également permis de revoir les cursus et les programmes de formation militaire et professionnelle. Appelée, RAC, pour « Référentiel actualisé des compétences », cette méthodologie consiste à actualiser, avec l'ensemble des employeurs, les compétences réelles que doivent détenir les aviateurs dans les différentes spécialités. Une fois que cette démarche est réalisée, les écarts avec ce qui se pratique sur le terrain sont mesurés. L'approche RAC permet alors d'identifier très objectivement les enseignements ou pratiques dépassés, qui peuvent ainsi être abandonnés. Pour être efficace dans la durée, cette approche vertueuse doit se répéter tous les cinq ans pour chaque spécialité afin d'être certain que les personnels de l'Armée de l'air disposent des compétences en adéquation avec l'exercice de leur métier.

Formation des officiers

Quelle que soit la nature de leur recrutement, externe ou interne, tous les officiers de l'Armée de l'air commencent leur formation à l'École de l'air (EA) de Salon-de-Provence. Dans un contexte de transformation profonde de l'Armée de l'air et du monde de l'enseignement supérieur, l'EA se devait d'évoluer pour rester une grande école, en mesure de préparer les jeunes générations d'officiers aviateurs aux défis actuels et futurs. Ainsi l'EA est-elle devenue au 1^{er} janvier 2019 un Établissement public à caractère scientifique, culturel et professionnel de type Grand établissement (EPSCP-GE). Ce nouveau statut offre de nombreux atouts :

1. La maîtrise et la diversification de l'offre de formation. Les besoins opérationnels de l'Armée de l'air ne cessent de croître et de se diversifier. Pour y répondre, l'École de l'air garantit désormais une diplomation ciblée des élèves-officiers. Se positionner ainsi dans le premier cercle de l'enseignement supérieur assure l'attractivité de l'École vis-à-vis des enseignants-chercheurs et assoit la crédibilité des diplômés délivrés.

2. Le développement de la recherche et innovation. L'EA entend poursuivre les activités initiées par le Centre de recherche de l'Armée de l'air (CRéA). S'appuyant sur le Centre d'excellence Drone et la récente chaire « cyber résilience aérospatiale », l'École capitalise sur son expertise acquise dans les domaines civilo-militaires tels que la cyber-sécurité, les drones et le spatial. L'agilité et la visibilité procurées par son nouveau statut offrent, d'ores et déjà, des opportunités nouvelles de coopération et de projets avec des partenaires tels que l'Onéra ⁽²⁾, le Cnes ⁽³⁾, le CEA ⁽⁴⁾ et l'Université d'Aix-Marseille.

(2) Office national d'études et de recherches aérospatiales.

(3) Centre national d'études spatiales.

(4) Commissariat à l'énergie atomique et aux énergies alternatives.

3. L'ouverture à de nouveaux partenariats. Vertueux et équilibrés, les partenariats avec les mondes universitaire, scientifique ou militaire, au niveau local, national et international sont facilités par le nouveau statut de l'École de l'air qui affiche son ambition de devenir une académie référente de la formation des officiers aviateurs en Europe. L'EA est déjà membre associé du groupe ISAE ⁽⁵⁾.

4. L'autonomie de gestion. Le statut de Grand Établissement confère, de fait, une forme d'autonomie budgétaire et décisionnelle. Ainsi, le directeur général de l'École est désormais doté de leviers d'action afin d'améliorer l'entretien et le développement du site de Salon-de-Provence. Administrée par un conseil d'administration et commandée par un directeur général, officier général de l'Armée de l'air, l'École de l'air rejoint les rangs des grands établissements tels que Polytechnique ou l'École navale.

L'EA a pour mission de former des officiers aviateurs aptes à commander, à maîtriser des systèmes d'armes aéronautiques complexes en vol comme au sol, et à devenir les référents des opérations militaires propres à la troisième dimension. Pour y parvenir, l'EA développe trois axes de formation : une **formation militaire** exigeante, une **formation académique** de haut niveau délivrant un diplôme d'ingénieur accrédité CTI ⁽⁶⁾, et une **formation aéronautique** initiale concrétisée par l'obtention du Brevet de pilote de planeur et la découverte du vol moteur.

La formation militaire initiale du chef et du combattant repose tout d'abord sur la pratique soutenue d'activités sportives et de l'instruction sur les techniques de combat élémentaires, les rudiments de la vie en campagne et l'évasion. C'est également au cours de cette période que les élèves-officiers obtiennent leur brevet initial de parachutisme militaire et suivent une formation au commandement dispensée par les cadres de l'École sous forme de cours (théoriques et éthiques) et de stages pratiques (mise en situation).

La **formation académique** propose trois cours, selon le niveau de recrutement :

- 1. Le Cours de Master (CMEA) (recrutement « Externe », ex-EA)** conduisant à l'obtention d'un des diplômes suivants :
 - Ingénieur de l'École de l'air.
 - Master d'études politiques et diplôme de l'IEP d'Aix-en-Provence.
 - Master de l'Université d'Aix-Marseille.
- 2. Le Cours de Licence (CLEA) (recrutement « Interne », ex-EMA)** conduisant à l'obtention d'une des licences suivantes délivrées par l'Université d'Aix-Marseille :

(5) Institut supérieur de l'aéronautique et de l'Espace.

(6) Commission des titres d'ingénieur.

- « Systèmes aéronautiques et spatiaux ».
- « Management public ».
- « Systèmes informatiques et logiciels, option “développement et administration *Intranet* et *Internet*” ».

3. Le Cours consacré à la formation militaire et générale de l'Officier (COEA) dédié aux officiers issus du rang, officiers sous contrat, volontaires aspirants, officiers de réserve ainsi qu'aux élèves de l'École polytechnique, de l'ENSTA⁽⁷⁾-Bretagne et aux élèves IMI⁽⁸⁾.

Enfin, la **formation aéronautique** vise à transmettre le savoir – savoir-faire et savoir être –, nécessaire à la poursuite d'une carrière aéronautique de nos jeunes recrues dans le Personnel navigant (PN) de l'Armée de l'air, en tant que pilote ou Nosa⁽⁹⁾. Le concept de « **formation par le succès** » est en cours de mise en place et vise désormais à construire un pronostic de réussite encore plus solide pour cette population. Celle-ci consiste, entre autres, à évaluer précisément l'élève en amont de sa formation en vol et ainsi affiner un pronostic de réussite dans la spécialité PN. Cette évaluation s'appuie sur quatre piliers pour mesurer les chances de succès de l'élève. Avant d'être orienté dans la filière navigante, celui-ci aura donc fait la preuve de son potentiel pour réussir et bénéficiera d'instructeurs de qualité et de programmes de formation modernes, adaptés à ses capacités d'apprentissage.

- Le premier pilier est celui de l'évaluation initiale. Les candidats sont amenés à passer des tests psychomoteurs et psychotechniques établis par le Centre d'études et de recherches psychologiques Air (Cerpair). Ils seront complétés sous peu par le « test de rapidité de structuration » dont l'objectif est d'évaluer la capacité des candidats à gérer un système d'armes complexe. Par ailleurs, l'élève est évalué dans les domaines cognitif (raisonnement) et conatif (personnalité et comportement, implication au sein d'un groupe).

- Le deuxième pilier consiste à évaluer l'élève-pilote ou navigateur par ses cadres de proximité selon sept critères. Cette évaluation prend notamment en compte les réactions de l'individu par rapport à la vie militaire. Si les capacités cognitives et psychomotrices sont des parties importantes du moteur de l'élève, sa motivation et son énergie sont le carburant qui fera fonctionner ce moteur. En suivant l'élève tout au long de son parcours académique, les évaluateurs peuvent réellement apprécier la volonté et la capacité de l'élève à réussir en tant que PN.

- Le troisième pilier de l'évaluation concerne la formation au vol à voile. Cette étape obligatoire constitue un troisième filtre essentiel pour la filière PN. Les officiers de carrière effectuent régulièrement des périodes bloquées dans les escadrons

(7) École nationale supérieure de techniques avancées.

(8) Ingénieurs militaires d'infrastructure.

(9) Navigateur officier système d'armes.

d'instruction au vol à voile de l'Armée de l'air (Salon-de-Provence, Romorantin et Saintes) tandis que les futurs PN officiers sous contrat réalisent une formation plus courte sur planeur à Salon-de-Provence. Là encore, c'est non seulement la progression de l'élève mais aussi son comportement, sa capacité d'intégration et sa motivation qui sont évalués et intégrés dans le pronostic final.

- Le quatrième et dernier pilier de l'évaluation est un stage de pré-orientation qui se déroule sur la BA 709 de Cognac. Les élèves réalisent cinq vols sur Grob G 120 ainsi que quatre missions sur simulateur. Ce stage permet d'apprécier le comportement en vol et au sol des élèves et ainsi d'émettre un pronostic de réussite dans la formation PN.

Enfin, une commission d'orientation est réunie au cours de laquelle l'élève est reçu. De manière individuelle, les membres de la commission lui expliquent comment il a été évalué et expriment leur avis sur ses possibilités à continuer ou non dans cette voie.

Avec la « formation par le succès », la sélection ne s'opère donc plus au cours de la formation en vol, mais avant l'intégration dans la filière PN. L'outil de formation de l'Armée de l'air gagne alors en performance. La formation en vol du pilote et du navigateur va également connaître un nouvel élan de modernisation avec l'arrivée de nouveaux avions-écoles comme le PC-21 qui dispose d'un système d'armes similaires aux avions de 4^e génération utilisés au sein des forces (*Rafale* en particulier).

**

Avec pour fil rouge l'attractivité et la fidélisation des aviateurs, les écoles de formation initiale ont clairement relevé le défi d'une formation en constante adéquation avec les besoins de l'Armée de l'air et les attentes des nouvelles générations. Cette évolution permanente se poursuit désormais par le biais de l'intégration de la puissance des outils digitaux dans les méthodes pédagogiques.

La « Smart School »

L'engagement opérationnel intense de l'Armée de l'air sur le territoire national, comme en opérations extérieures, ainsi que l'augmentation sensible des flux de recrutement se concrétisent par d'importantes contraintes sur les ressources humaines. Elles pèsent à la fois sur la formation initiale (population d'instructeurs en tension) et sur la régénération organique en unité (manque de cadres expérimentés pour parrainer les plus jeunes). Forte de ce constat, l'Armée de l'air affiche désormais une véritable ambition digitale pour son outil de formation. Elle cherche ainsi à proposer une nouvelle offre qui optimise les temps de formation tout au long des carrières (alternance et *continuum* vers les unités), tout en délivrant des enseignements de haut niveau, facilités par la puissance pédagogique du digital,

et répondant aux attentes fortes des nouvelles générations. Ce projet de digitalisation de la formation dans l'Armée de l'air est baptisé « *Smart School* ».

Pour répondre aux différents enjeux d'un format RH à la hausse, *Smart School* a pour vocation de proposer une offre moderne et performante, ouverte à de nouveaux partenariats. Maintenus à hauts niveaux, les cursus seront optimisés, intégrant la puissance pédagogique du digital, et soutenus par un campus numérique interécoles. Cette approche constitue un véritable gage d'adéquation de notre outil de formation aux besoins actuels et futurs des unités opérationnelles. Elle met en œuvre du matériel toujours plus numérisé et connecté. Avec *Smart School*, les écoles de l'Armée de l'air disposeront d'un remarquable atout d'attractivité, ouvert vers l'extérieur et particulièrement propice à la créativité et à l'innovation au sein de l'Armée de l'air et plus largement du ministère.

*

**

L'ensemble des entités de formation de l'Armée de l'air ont intégré cette capacité d'adaptation au changement, où l'humain joue un rôle évident : l'homme, le formateur, le cadre de proximité, tiennent une place essentielle dans la transformation d'un nouveau « recruté(e) » en futur sous-officier ou officier de l'Armée de l'air. ♦



■ **Les défis futurs de l'emploi
de la force dans l'air et l'Espace**

RDN

Quelques enjeux pour l'Espace de défense de demain

Xavier PASCO

Directeur de la Fondation pour la recherche stratégique (FRS).

Présenté par le Premier ministre indien Modi comme la source d'une « grande fierté » pour son pays, le test antisatellite réalisé le 27 mars 2019 symbolise le regain d'intérêt pour l'Espace manifesté par de nombreux gouvernements depuis quelques années. Cet attrait revêt de multiples formes, de l'émergence du *New Space* à la relance annoncée du programme d'exploration lunaire en passant par des rapports de force stratégiques et militaires qui s'affirment et dans lesquels s'inscrit pleinement le dernier événement indien en date.

L'annonce de la constitution d'une « *Space Force* » par Donald Trump pour mieux préparer les États-Unis à d'éventuels conflits impliquant les moyens spatiaux a évidemment contribué à dramatiser ces changements. Mais il est vrai que les douze dernières années ont concentré plus d'événements inquiétants qu'il ne s'en était produit lors des deux décennies antérieures. La destruction d'un de ses satellites par la Chine en 2007 a véritablement réactualisé l'image d'un adversaire qui chercherait à reprendre le rôle de pair stratégique que la Russie ne peut plus assumer. Soucieux de ne pas laisser une telle idée s'installer, les États-Unis ont alors procédé à ce même type de test un peu plus d'un an plus tard. Puis l'année suivante ce sont deux satellites, l'un russe l'autre américain, qui se sont percutés et ont créé de nombreux débris. L'expérimentation chinoise de 2007 a néanmoins gardé le record dans ce domaine avec une interception en haute altitude qui a produit des débris qui continuent de présenter un danger pour les autres objets spatiaux. Le test américain, réalisé beaucoup plus bas, n'aurait pas été aussi polluant. Quant au test indien récent, il s'est inspiré de la prudence américaine mais a semble-t-il pollué un peu plus les hautes orbites.

Cette suractivité particulière fait entrevoir une militarisation accrue de l'Espace tandis que la diplomatie peine à faire avancer le processus de maîtrise des armements dans l'Espace. Les programmes « contre-spatiaux » ou la notion de « dissuasion spatiale » sont désormais de mise aux États-Unis. Il s'agit de renforcer tous azimuts des moyens de surveillance de l'Espace, mais aussi d'être plus résilient pour faire face aux conséquences d'une éventuelle attaque sur les satellites. Il est aussi prévu de s'équiper de nouveaux moyens d'intervention en orbite comme des satellites manœuvrant potentiellement capables d'agir sur d'autres objets. Les

États-Unis ne sont évidemment pas seuls à jouer ce jeu, et la Chine et la Russie ont également testé ce genre de systèmes.

Bien sûr, ces évolutions inquiètent à l'heure où les acteurs privés se multiplient et promettent pour certains de mettre sur orbite des milliers de satellites. De nombreux projets envisagent ce type de constellations par exemple pour augmenter la fréquence d'observation de la Terre ou pour créer de véritables réseaux de télécommunications en orbite basse. Portés par la croissance sans égale de l'industrie de l'information et d'*Internet*, ces projets visent à générer des revenus malgré des modèles d'affaires encore relativement hypothétiques.

L'intérêt porté par les plus grosses fortunes ou les plus fortes capitalisations mondiales donnent un certain corps à ces entreprises. Par exemple, dernier joueur en date, Jeff Bezos qui dirige Amazon, l'un des plus gros acteurs commerciaux d'*Internet* et qui préside aux destinées de Blue Origin, sa société de lancement spatial, prévoit désormais de procéder au lancement de plus de 3 200 satellites destinés à réduire la fracture numérique. L'idée-maîtresse est de comprimer les coûts, notamment en assurant les lancements lui-même. Parallèlement, l'infrastructure satellitaire pourrait servir dans ce cas précis à démultiplier les services Amazon déjà en forte hausse, en s'appuyant pour cette fois sur une clientèle bien établie et en renforçant cette fidélité par ces nouveaux services par l'intermédiaire d'un accès mondial à de très faibles latences pour les communications.

L'émergence d'acteurs similaires en Chine, pleinement soutenus (comme aux États-Unis d'ailleurs) par la puissance publique, rend ces transformations relativement crédibles à terme. Avec en arrière-plan la volonté de démontrer que le *Made in China* est performant dans ce domaine, la perspective d'une forte demande pour des technologies satellitaires couplées aux techniques d'information les plus modernes capables d'aider à la modernisation de la société chinoise à l'échelle du continent pourrait bien être l'atout maître de ce pays.

Ainsi donc le paysage spatial est en passe de se modifier profondément avec des conséquences géopolitiques majeures. Il faut abandonner l'idée d'un club réduit de quelques Nations spatiales et retenir celle de la coexistence de plus en plus grande d'investissements publics qui resteront massifs et d'une quantité accrue d'efforts privés. Cette situation présentera bien sûr des opportunités nouvelles dans les domaines de la défense et de la sécurité. Comme l'explique la dernière *National Security Strategy* américaine en date, cette évolution fait naturellement partie intégrante de la politique de défense des États-Unis : « Les gouvernements et les sociétés privées ont la capacité de lancer des satellites dans l'Espace à des coûts de plus en plus réduits. La fusion de données en provenance de services d'imagerie, de communication et de géolocalisation permet à des acteurs motivés d'accéder à des informations auparavant inaccessibles. Cette "démocratisation de l'Espace" a un impact sur les opérations militaires et sur la capacité de l'Amérique à prévaloir en

temps de conflit. » ⁽¹⁾ Mais cet équilibre nouveau présentera aussi de nombreux défis. Les objets spatiaux vont se multiplier et donneront l'occasion d'activités multiples, aussi bien commerciales que militaires, avec comme conséquence un environnement de moins en moins facilement prédictible.

C'est bien en fonction de cet arrière-plan nouveau que les efforts spatiaux de défense dans le monde semblent aujourd'hui se réorienter. L'idée de l'importance des satellites pour les opérations militaires a été acquise au fil des conflits les années passées. Ce message ayant été bien perçu, c'est maintenant de protection et de résilience des moyens spatiaux dont il est question. Tel est officiellement le cas pour la France comme l'a indiqué la ministre des Armées, Florence Parly, dans un discours marquant prononcé en septembre 2018 ⁽²⁾.

La connaissance de la situation spatiale devient une condition de l'exercice de la souveraineté

Aussi bien pour maîtriser les risques de collision que pour évaluer d'éventuelles manœuvres satellitaires hostiles, la connaissance de la situation spatiale est devenue l'une des priorités des puissances spatiales les plus en vue. Les États-Unis ont prévu d'y investir annuellement environ 1 milliard de dollars par an au moins jusqu'au milieu de la prochaine décennie. Il s'agit d'améliorer les performances des capteurs ainsi que les moyens de traitement des données pour répondre aux besoins de détecter et de caractériser des objets d'une taille de plus en plus réduite. Les autorités américaines visent une amélioration d'un ordre de grandeur de leur capacité de détection et de suivi (de 20 000 objets catalogués à l'objectif de plus de 200 000) avec la volonté de distinguer des fragments de moins de 10 cm, aujourd'hui seuil effectif de détection des systèmes existants. Quoiqu'en retrait, la Russie et la Chine disposent également de moyens nombreux (optiques et radar) leur permettant d'avoir une évaluation précise des orbites basses et géostationnaires.

La croissance considérable de la population des petits objets en orbite qui est attendue pour les prochaines années compliquera cependant énormément la tâche. Au-delà même de la question de la détection des objets, c'est en fait la qualité de leur repérage et de leur catalogage basé sur une identification certaine qui posera les problèmes les plus importants. À l'heure où les systèmes spatiaux évolueront de façon beaucoup plus groupée avec des objets sans doute plus manœuvrant, la tenue d'une situation spatiale opérationnelle présentera des défis nouveaux. D'ailleurs les débats actuels outre-Atlantique portent désormais sur la

(1) *National Security Strategy of the United States*, décembre 2017, p. 31 (www.whitehouse.gov/wp-content/uploads/2017/12/NSS-Final-12-18-2017-0905.pdf).

(2) « Espace et Défense », Cnes, Toulouse, le 7 septembre 2018 (www.defense.gouv.fr/actualites/articles/direct-florence-parly-s-exprime-sur-les-enjeux-de-l-espace-pour-la-defense).

difficulté à moderniser les systèmes de traitement de données capables d'exploiter les performances techniques de la nouvelle *Space Fence* américaine ⁽³⁾.

La connaissance fine des actions possibles dans l'Espace et des intentions qui les sous-tendent ajoute encore à la difficulté. Toujours aux États-Unis, des moyens orbitaux de surveillance, satellites spécialisés qui observent les orbites basses ou qui rendent visite aux satellites géostationnaires, ont été officiellement mis en place depuis quelques années ⁽⁴⁾. En plein débat sur la poursuite de l'effort en orbite basse, l'*Air Force* considère que ces systèmes sont indispensables pour compléter les moyens déployés au sol et a confié à la société Boeing le soin de développer la nouvelle génération SBSS. Il ne s'agit plus ici d'opérer une simple surveillance de l'Espace mais de qualifier les événements qui s'y produisent et d'attribuer d'éventuelles attaques à leurs auteurs. Pour autant, l'une des tâches délicates consistera à distinguer d'éventuelles actions hostiles d'accidents inopinés et l'évaluation de l'intentionnalité sera par définition toujours sujette à caution.

En réalité, ces développements techniques accélérés dans le domaine de la surveillance de l'Espace ont d'abord pour fonction de réduire les incertitudes. L'Espace reste aujourd'hui un vaste domaine difficile à surveiller. Pour cette raison, ces efforts nationaux devront de toute façon s'accompagner d'un certain niveau de coopération entre les États pour contribuer à une véritable stabilisation des activités militaires dans l'Espace.

Il faut enfin noter la montée en puissance des acteurs privés qui offrent aujourd'hui pour certains des situations spatiales de niveau étatique. Là encore, les États-Unis ont vu les offres de services privés se multiplier en matière de surveillance de l'Espace. En 2016, l'*Air Force* a même passé un contrat à la firme Applied Defense Solutions Inc. pour obtenir directement des services de SSA (*Space Situational Awareness*). Placée à la tête d'un consortium d'entreprises, ADS a pour mission d'injecter des données provenant de sources privées au sein du *National Defense Space Center*, le centre névralgique du Pentagone sur ces questions, pour nourrir les simulations et les exercices mis en œuvre par ce centre récemment créé. L'acteur privé joue, dans ce cas, le rôle d'un « agrégateur » de sources désormais nombreuses existant en dehors des institutions militaires. D'autres entreprises comme Leolabs, ExoAnalytics ou Analytical Graphics Inc. (AGI) sont aujourd'hui des acteurs de premier plan de la surveillance de l'Espace aux États-Unis et dans le monde.

(3) Voir Clark Colin, « What About JMS? Air Force Reanimates 'Old Clunker' Space Tracking System », *Breaking Defense*, 8 avril 2019 (<https://breakingdefense.com/>).

(4) Il s'agit respectivement du programme SBSS (*Space Based Space Surveillance*) qui a donné lieu au lancement d'un premier satellite en 2010 et du programme GSSAP (*Geosynchronous Space Situational Awareness Program*) qui a donné lieu au lancement de deux premiers satellites en juillet 2014 et de deux suivants en août 2016 (deux autres doivent être lancés en 2020).

L'exemple de la dernière entreprise citée est éclairant. AGI a d'abord été reconnu *via* l'édition de son logiciel vedette, bien connu des spécialistes de surveillance spatiale, *Satellite Tool Kit* (ou *STK*) devenu *Systems Tool Kit* dans la mesure où il intègre désormais l'ensemble des mobiles aériens en plus des satellites en orbite. Ce logiciel équipe désormais la quasi-totalité des opérateurs de satellites. Exploitant l'ubiquité de sa solution logicielle, AGI s'est développé comme opérateur de systèmes de surveillance de l'Espace pour un ensemble de clients, avec des activités de soutien réalisées aussi bien pour le compte du Pentagone, que du consortium d'opérateurs de satellites géostationnaires Space Data Association (SDA). Enfin, AGI opère aujourd'hui un centre commercial de surveillance spatial, le COMSpOC (Commercial Space Operations Center), qui s'appuie sur un réseau de plusieurs dizaines de télescopes et de quelques radars pour l'observation de l'orbite basse. Ainsi, en quelques années, cette entreprise s'est imposée comme un acteur majeur de ce domaine.

En France, la société ArianeGroup dispose aujourd'hui d'un réseau de télescopes, *GeoTracker*, composé d'instruments répartis entre l'Europe et l'Australie, et utilisés pour le suivi d'objets catalogués ou spécifiquement sélectionnés. De fait, *GeoTracker* constitue l'une des rares sources d'origine industrielle en Europe capable de suivi de trafic sur l'orbite géostationnaire ⁽⁵⁾. Ce système se complète d'une capacité de trajectographie laser qui peut alors préciser les positions des objets suivis en orbite basse.

Bien évidemment, la montée en puissance de ce type d'acteurs dans un paysage orbital en pleine transformation ne sera pas sans conséquence sur le rôle des États et sur le périmètre de leur action. L'identification des fonctions-clés liées au suivi des objets et à leur caractérisation sera déterminante pour garantir la souveraineté de leur décision dans le domaine spatial.

Se protéger par le nombre

Autre élément clé, la protection des satellites contre les risques et les menaces figure dans tous les documents actuels de stratégie spatiale comme la condition première d'une politique spatiale de défense. Se protéger peut d'abord passer par le durcissement des satellites nationaux contre les attaques laser ou dans d'autres domaines électromagnétiques ; par l'accroissement de la manœuvrabilité des satellites ; par une redondance des stations au sol ou par une capacité rapide de lancement et de remplacement des satellites. Elle peut aussi prendre la forme de l'utilisation de satellites aux performances suffisantes mais de moindre coût et pouvant ainsi être déployés en plus grand nombre. Ils constituent alors une cible moins vulnérable. Cette même logique conduit aussi à envisager l'hébergement de

(5) Une démonstration de suivi du satellite russe *Lutch* mobile sur l'arc géostationnaire par *GeoTracker* a d'ailleurs été publiquement présentée par ArianeGroup (Conférence FRS, 4 décembre 2017).

charges de défense sur des satellites civils et commerciaux ⁽⁶⁾ rendant également plus difficiles leur ciblage.

Ainsi, comme dans le cas de la surveillance de l'Espace, la notion même de protection face aux risques naturels ou aux menaces intentionnelles s'appuiera sur la multiplication des systèmes commerciaux, d'observation ou de télécommunications, et sur leur insertion dans des infrastructures multimissions (peut-être même multipropriétaires dans certains cas). Elle tirera aussi parti de coopérations entre pays capables de s'épauler en cas de besoin par le prêt de capacités par exemple.

Mais les effets ne sont jamais univoques. Cette multiplication attendue des micro- ou des nano-satellites aux performances largement améliorées et qui peuvent amener un surcroît de résistance, transforme aussi très profondément l'occupation de l'Espace et constitue en soi une source possible de menaces ; par exemple du fait même de l'accroissement des risques de débris hors contrôle ; ou par le fait de stratégies délibérées consistant par exemple à dissimuler des actions hostiles au cœur d'un trafic accru.

Ce n'est donc pas un hasard si le thème du « contrôle du trafic spatial » (en anglais *Space Traffic Management* ou *STM*) mobilise désormais de nombreuses conférences d'experts et fait son apparition dans les négociations sur les futures réglementations internationales. Pour les Nations spatiales, l'un des enjeux majeurs de la décennie à venir consiste en fait à établir des règles de comportement suffisamment transparentes pour permettre une identification de plus en plus fine des actions de chacun pour assurer une forme de sécurité internationale tout en s'autorisant le recours aux multiples moyens qui seront déployés en cas de besoin national.

Se ménager des capacités d'action pour ne pas avoir à agir

La résilience théorique qu'engendrerait le recours à des satellites de plus en plus nombreux participe d'un principe plus large de « dissuasion spatiale », sujet de vifs débats entre experts outre-Atlantique depuis déjà quelques années ⁽⁷⁾. Largement repris par l'Administration Trump, ce principe de dissuasion vise d'abord à convaincre de l'inutilité d'une attaque dans un contexte où les ressources spatiales seront de moins en moins rares, ce qui rendrait quasiment inenvisageable

(6) Il s'agit des « *Hosted Payloads* » (ou « charges utiles embarquées ») désormais considérées comme un facteur de résilience aux États-Unis.

(7) Harrison Roger G., Shackelford Collins G. et Jackson Deron R., « Space Deterrence, The Delicate Balance of Risk », *Space and Defense*, vol. 3 n° 1, été 2009, Eisenhower Center for Space and Defense Studies, p. 1-30 (www.usafa.edu/app/uploads/Space_and_Defense_3_1.pdf).

MARQUEZ Peter, « Space Deterrence, The Prêt-à-Porter Suit for the naked Emperor », in *Returning to Fundamentals: Deterrence and U.S. National Security in the 21st Century*, The Marshall Institute, 2011, p. 9-19 (www.law.upenn.edu/live/files/1362-returning-to-fundamentals-deterrence-and-us).

MORGAN Forrest E., *Deterrence and First-Strike Stability in Space, A Preliminary Assessment*, RAND Corporation, 2011, 59 pages (www.rand.org/content/dam/rand/pubs/monographs/2010/RAND_MG916.pdf).

Voir aussi plus récemment HARRISON Todd, COOPER Zack, JOHNSON Kaitlyn et ROBERTS Thomas G., *Escalation & Deterrence in the Second Space Age*, CSIS, 3 octobre 2017 (<https://csis-prod.s3.amazonaws.com/>).

pour un agresseur l'idée même de victoire dans l'Espace. Mais les systèmes militaires n'en demeurent pas moins des cibles et l'effet de découragement consistant à minimiser les bénéfices de l'attaquant ne constitue qu'un volet de cette stratégie. La dissuasion spatiale se complète donc d'un discours sur une capacité à répondre à toute attaque identifiée « au moment, à l'endroit, de la manière et dans l'environnement [*domain*] que nous choisirons » affirme par exemple le document de sécurité nationale déjà cité ⁽⁸⁾. Ainsi le milieu spatial pourrait ne pas être le seul concerné par une riposte si celle-ci était décidée.

Les interceptions antisatellites réalisées ces dernières années ont aussi pour vocation à démontrer d'éventuelles capacités de ripostes. Elles restent sans doute plus démonstratives que véritablement opérationnelles et elles ne représentent pas les seuls moyens d'agir. Mais les capacités d'actions sont variées et seront sans doute d'autant plus utilisées que leur technologie deviendra accessible et qu'elles seront peu sujettes à placer ceux qui les utiliseront sur le banc des accusés. Le brouillage ou l'attaque cyber sont évidemment des techniques candidates toutes trouvées. La capacité à priver l'adversaire de ses capacités par le biais d'actions difficilement discernables, éventuellement temporaires, présente donc sans doute quelques avantages, tant pour leur mise en œuvre que d'un point de vue politique. L'analyse des programmes dits « contre-spatiaux », aux États-Unis notamment, montre qu'il faut s'attendre au développement de techniques variées, au sol ou dans l'Espace, visant à avoir un effet gradué sur les moyens adverses. D'attaques informatiques ou électro-magnétiques empêchant l'usage de moyens spatiaux sur des zones choisies aux manœuvres réalisées dans l'Espace pour gêner l'adversaire, les moyens sont nombreux qui n'impliquent pas nécessairement des destructions par collision. Les armes dites à énergie dirigée (lasers ou micro-ondes à forte puissance) pourront ainsi représenter les axes privilégiés des armes spatiales de demain.

Compléter sa défense par une forme de sécurité collective

L'évolution des technologies et la variété des actions possibles dans l'Espace qu'elle engendre montrent la limite de toute politique de défense qui serait fondée sur la seule lutte contre les actions militaires hostiles clairement identifiées. Les risques pesant sur les satellites peuvent avoir de nombreuses sources et il est sans doute illusoire d'imaginer les protéger par une seule stratégie capacitaire même si elle est nécessaire.

C'est la raison pour laquelle les principales puissances spatiales au premier rang desquelles les États-Unis mais aussi la Chine et la Russie ont adopté en parallèle des postures très actives pour faire évoluer le droit spatial international. La

(8) « Any harmful interference with or an attack upon critical components of our space architecture that directly affects this vital U.S. interest will be met with a deliberate response at a time, place, manner, and domain of our choosing », *National Security Strategy of the United States, op. cit.*, p. 31.

régulation des activités spatiales repose à ce jour sur un texte principal, le Traité de l'Espace ⁽⁹⁾ de 1967 qui interdit peu de choses en matière d'armes spatiales, sauf la mise sur orbite d'armes de destruction massive. Prenant conscience des évolutions du milieu spatial, de l'accroissement des risques de confrontation et des conséquences collectives potentiellement désastreuses, les principaux pays sont tous d'accord pour faire évoluer les textes vers une responsabilité partagée et vers plus de transparence. La difficulté pour chacun à se prémunir complètement contre toute attaque rend *a priori* inévitable le choix de stratégies coopératives inévitable. Pour autant, les négociations restent pour l'essentiel au point mort avec des stratégies concurrentes impliquant ou non la proposition de nouveaux traités ou de simples accords collectifs. Les difficultés résident dans les détails avec d'un côté des propositions de traité qui restent peu opérationnelles (en évitant par exemple de réguler certaines technologies) ou de l'autre le choix de s'orienter vers des textes juridiquement peu engageants ce qui nuit à leur crédit pour de nombreux pays.

Pourtant cet enjeu d'une communauté internationale pacifiée dans l'Espace apparaît peut-être comme l'enjeu prioritaire pour les décennies qui viennent et l'effort de défense doit se doubler d'un effort diplomatique renforcé pour en assurer toute la légitimité et donc toute l'efficacité. ♦

(9) ASSEMBLÉE GÉNÉRALE DES NATIONS UNIES, *Traité et principes des Nations unies relatifs à l'espace extra-atmosphérique* (www.unoosa.org/pdf/publications/STSPACE11F.pdf).

Enjeux de l'innovation et de la modernisation de l'Armée de l'air d'ici 2030

Frédéric PARISOT

Général de division aérienne, Sous-chef « préparation de l'avenir » de l'État-major de l'Armée de l'air (EMAA).

« Mieux vaut prendre le changement par la main
avant qu'il ne nous prenne par la gorge. »

Winston CHURCHILL

Le monde connaît depuis une décennie de profondes mutations et un bouleversement des équilibres qui dessinent un environnement stratégique plus instable. Le retour des politiques de puissance est indéniable, tandis que des groupes armés utilisent la faiblesse endémique de certains États pour étendre leur zone d'influence ou de contrôle, avec des ramifications jusque dans nos démocraties, mettant en danger la stabilité de larges zones géographiques.

Ces bouleversements font émerger un monde plus dangereux, parce que plus hétérogène et plus imprévisible, et nous imposent de nouveaux défis. En même temps, alors que pendant des décennies, les progrès technologiques ont été linéaires, nous assistons à une accélération continue des innovations notamment dans le domaine numérique, impliquant de recourir à des démarches plus incrémentales pour le développement des capacités futures. Nos adversaires potentiels ayant rattrapé leur retard, conserver l'ascendant nécessite d'améliorer l'agilité et la performance de nos forces aériennes comme de nos organisations.

Un environnement en pleine transformation

Les forces aériennes occidentales ont bénéficié depuis plus de vingt ans d'une supériorité technologique et opérationnelle incontestée en l'absence de menace aérienne ou sol-air crédible sur des théâtres où l'essentiel des missions relève de la lutte contre le terrorisme. Forte de trois atouts majeurs que sont la vitesse, l'allonge et la puissance de feu, l'arme aérienne offre de façon immédiate et permanente aux autorités militaires et politiques un outil incontournable pour agir de manière rapide, flexible, réactive et si besoin dans la profondeur du dispositif adverse. Cela a été illustré de façon claire lors de la mission *Hamilton* en avril 2018

en Syrie ⁽¹⁾. L'arme aérienne présente de plus l'intérêt de réaliser tout l'éventail de ses missions en limitant l'empreinte au sol, donc les risques de pertes, et en maîtrisant les dommages collatéraux grâce à la précision de ses armements.

Néanmoins, l'environnement dans lequel s'inscrit cette arme aérienne est en profonde transformation. En haut du spectre, les grandes puissances ont largement augmenté leurs investissements de défense pour se doter de capacités accrues tant en quantité qu'en qualité. En parallèle, les puissances régionales bénéficient d'une prolifération de systèmes d'armes performants et développent des stratégies de déni d'accès (*Anti Access/Area Denial, A2AD*) reposant sur l'utilisation combinée de systèmes de défenses antiaériens intégrés de très longue portée, de moyens de guerre électronique (dont brouillage *GPS*) voire d'avions de combat récents ou modernisés. Le milieu aérien est donc de plus en plus contesté. L'intégration poussée de tels systèmes risque de remettre profondément en cause la maîtrise des espaces aériens par les forces aériennes occidentales, considérée à tort comme acquise. Les dividendes de cette supériorité aérienne ont été engrangés par tous les pays occidentaux amenant à une réduction des parcs des forces aériennes de 30 à 50 % au cours des trente dernières années.

Pour la France, la capacité d'entrer en premier, y compris dans la profondeur du dispositif adverse, est le socle de la mission de dissuasion nucléaire aéroportée. Dans l'éventail des missions que nous devons savoir réaliser, il s'agit des « plus dangereuses ». À l'autre extrémité se trouvent les missions « les plus probables », contre des adversaires irréguliers utilisant des modes d'actions asymétriques et agiles : dissimulation au milieu des populations, actions de force très brèves suivies d'une dilution rapide, utilisation combinée d'armes bas coût et de technologies de pointe en vente libre (mini-drones, engins explosifs improvisés, moyens de communication performants). Cette combinaison de moyens, employés sans aucune éthique ni règle, leur permet d'amoinrir l'avantage technologique occidental. Leur action est souvent renforcée par une propagande efficace sur *Internet*, le combat numérique mené sur les réseaux sociaux, et l'utilisation de la terreur sur les populations civiles.

Une autre évolution notable de l'environnement porte sur la multiplication des acteurs du domaine aérien dans un contexte d'accroissement du trafic civil comme des flottes militaires et de multiplication de l'emploi des drones de toutes tailles, alors même que les opérations se déroulent sans interdiction des usages non militaires sur une large part des zones d'opérations. Cela renforce les difficultés de détection et de classification de tout ce qui vole, alors que la maîtrise de l'environnement nécessite d'abord d'identifier tous les mobiles pour assurer la sécurité de la Force et des populations protégées. L'arme aérienne doit donc prendre en compte

(1) Voir l'article du lieutenant-colonel MOYAL dans ce volume, p. 58-64.

la contrainte de mener ses opérations dans des espaces aériens beaucoup plus contestés et congestionnés.

En outre, le champ des menaces s'est élargi du fait du développement des technologies de l'information. Celles-ci fournissent de nouvelles armes à nos ennemis (cyberattaques, attaque sur des systèmes soutenant les fonctions de positionnement et de coordination – *NAVWAR*) mais leur permettent aussi d'optimiser l'emploi de leurs systèmes d'armes et de les faire évoluer rapidement. Les adversaires irréguliers ont dans ce domaine une agilité beaucoup plus élevée que les forces régulières, leurs développements capacitaires n'étant soumis à aucune norme, contrairement aux armées occidentales dont les systèmes doivent respecter un corpus réglementaire sans cesse croissant et passer au travers de règles très exigeantes de qualification, ce qui ralentit les évolutions.

Enfin, nos moyens spatiaux, longtemps considérés comme invulnérables, peuvent désormais être l'objet d'agressions, alors même qu'ils constituent des capacités indispensables pour conduire les opérations militaires modernes, que ce soit en matière de renseignement, de communications longue distance, de positionnement ou de fourniture de données d'environnement.

L'Armée de l'air doit prendre en compte ce nouvel environnement pour s'assurer de conserver la supériorité aérienne dans la durée, qui reste un préalable à toute action militaire. En effet, comme le soulignait le *Field Marshal* Montgomery, « si on perd la guerre dans les airs, on perd la guerre et on la perd vite » ⁽²⁾.

Ceci impose de moderniser nos équipements mais également de repenser nos modes d'action, notre fonctionnement et nos processus.

La modernisation impérative de nos équipements et la nécessaire évolution de nos modes d'action

Face à ces nouvelles menaces et des décisions trop longtemps repoussées, un renouvellement des équipements est nécessaire. Il a d'ores et déjà été initié par la Loi de programmation militaire (LPM) 2019-2025 qui consacre un effort notable à l'amélioration des capacités dans le domaine aérien.

Le renseignement dont les opérations extérieures montrent chaque jour la nécessité pour conduire l'action militaire face aux adversaires fugaces des conflits actuels. Ces efforts sont aussi rendus nécessaires par les stratégies de certaines puissances utilisant des intermédiaires (*proxy*) ou ayant recours à des stratégies de l'ambiguïté. Pour agir, il faut décider. Pour décider, il faut comprendre la situation et les intentions des protagonistes : le renseignement est donc indispensable en

(2) *Field Marshal the Viscount MONTGOMERY OF ALAMEIN*, « The Role of Science in Warfare of the Future », *Engineering and Science*, décembre 1954, p. 20-28.

phase amont comme dans la conduite de l'action. D'ici 2030, la capacité en drones Moyenne altitude longue endurance (Male) aura été doublée passant de 4 systèmes *Reaper* à 8 systèmes avec l'arrivée de l'Euro-Male. Concernant les Avions légers de surveillance et de reconnaissance (ALSR), l'effort sera encore plus important passant de 2 aéronefs en 2020 à 8 en 2030. Ces équipements permettront de renforcer considérablement les capacités de renseignement des armées sur les théâtres d'opération permissifs, notamment en bande sahélo-saharienne au profit de l'opération *Barkhane* ou au Levant. Dans le domaine du renseignement stratégique, les deux *C-160 Gabriel* d'écoute électronique seront remplacés par trois nouveaux systèmes disposant de capteurs adaptés (*Cuge*).

La capacité de transport aérien bénéficie également d'une remontée en puissance au cours de la LPM. Elle sera dotée en 2025 de 25 *A400M Atlas*, 4 *C-130J Super-Hercules* dont 2 avec des capacités de ravitaillement en vol et de 14 *C-130H* modernisés. Le programme *A330 MRTT (Multi Role Tanker Transport)* renouvellera également une capacité de ravitaillement en vol devenue hors d'âge : seront ainsi livrés 12 *Phénix* d'ici 2025 (15 à terme) permettant aussi d'augmenter la capacité de transport stratégique. En 2030, l'Armée de l'air mettra en œuvre des capacités de projection renouvelées, dépendra ainsi beaucoup moins de l'affrètement et disposera de moyens adaptés à la nouvelle typologie des théâtres notamment pour les opérations spéciales.

Dans l'environnement prévisible au sein duquel évoluera l'arme aérienne, sa survivabilité et son efficacité globale reposeront de plus en plus sur la mise en réseau. L'Armée de l'air s'engage donc résolument dans le développement de la connectivité. Le combat collaboratif rendra plus efficace l'action coordonnée et concentrée des moyens, permettant aux systèmes d'armes de mieux s'appuyer les uns sur les autres pour emporter la décision. La distribution rapide de l'information au sein d'un *Cloud* de combat accélérera la manœuvre aérienne et prendra l'adversaire de vitesse : les forces aériennes doivent bénéficier de la révolution numérique qui a démultiplié les usages dans le monde économique.

Le standard *F4* du *Rafale* lancé en réalisation fin 2018 permettra sur la prochaine décennie de constituer une première brique incrémentale du combat connecté en développant ses moyens de communication et en lui offrant les outils logiciels permettant le travail en réseau. La capacité à opérer face aux nouvelles menaces sera également renforcée par l'amélioration du système de protection de l'avion, des capteurs et des armements qu'il emportera. Ces travaux vont également permettre de développer et tester les premières briques capacitaires des outils et services nécessaires au développement d'un combat collaboratif connecté qui est au cœur des réflexions franco-allemandes ⁽³⁾ qui ont débuté pour définir le *Système de combat aérien du futur (Scaf)* dont l'entrée en service aura lieu à l'horizon 2040.

(3) L'Espagne est en cours de rejointe du projet.

Au-delà de la connectivité, une soixantaine de *Rafale* doivent être livrés d'ici 2030. Ces livraisons sont indispensables afin de renouveler un tiers du parc de l'aviation de chasse compte tenu de la durée de vie de 30 ans du *Rafale*. En plus des *Rafale*, la connectivité reliera les *MRTT*, les avions d'écoute électronique, les drones *Male* et le *C2* (commandement et contrôle).

La connectivité des moyens aériens entre eux doit absolument s'accompagner en parallèle d'un renforcement des capacités de *C2*. Cette connectivité sera la colonne vertébrale numérique reliant le *C2* et les forces en action, permettant d'intégrer les progrès issus du monde civil dans la gestion de grandes bases de données facilitant le traitement rapide et optimisé d'un flux considérable de données. Cela permettra l'accélération des processus décisionnels en quasi temps réel pour engager l'ennemi au bon moment, grâce aux armements les plus adaptés à l'environnement et aux effets militaires recherchés, tout en automatisant les procédures de contrôle d'espaces aériens toujours plus usités. Certains processus aujourd'hui sous-optimisés car reposant essentiellement sur des méthodes analytiques classiques basées sur les savoir-faire des experts devront être améliorées par les outils numériques : plan de ravitaillement en vol, coordination générale de l'action, manœuvre des capteurs. Disposer de tels outils permettra de contracter les délais de planification et aux équipes de conduite de s'adapter plus rapidement en cas d'imprévu, grâce à des aides à la décision ciblées, générant une capacité de commandement et conduite *in fine* plus agile. La connectivité est donc un enjeu majeur d'efficacité opérationnelle et devra être déployée de manière incrémentale en lien avec les avancées dans le monde digital.

En outre, la maîtrise des nouveaux espaces de conflit impose de sécuriser nos systèmes d'armes face à de potentielles attaques cyber, mais aussi de développer nos moyens d'action dans les espaces numériques et dans le spectre électromagnétique. Il faut ainsi désormais considérer les armes cybernétiques dans la panoplie des armements utilisables dans les opérations aériennes. On notera au passage que les modes d'action sont similaires dans ces deux domaines, d'où le concept naissant de « *multi-domain operations* ». Les attaques cybernétiques pourraient donc dans quelques années être couplées à des attaques électroniques.

Enfin, la séparation entre espace atmosphérique et exo-atmosphérique tendra à s'estomper : il faudra désormais conduire une manœuvre aérospatiale en élargissant les champs d'action dans le domaine de la surveillance, de la protection et de l'action, pour prendre en compte la contestation de plus en plus grande du domaine spatial et l'apparition de systèmes conjuguant l'utilisation de ces deux espaces jusque-là disjoints.

Au-delà des grands programmes structurants des aviations de chasse, de transport ou de ravitaillement en vol, les autres flottes ne doivent pas être négligées. Il nous faut préparer dès à présent les modernisations à réaliser au cours de la prochaine décennie : renouvellement des hélicoptères légers et de manœuvre, de

l'Alphajet, des *AWACS* (système de détection et de commandement aéroporté) et de la composante sol-air. Les exigences liées à la Posture permanente de sûreté Air (PPSA) et la défense aérienne du territoire nécessitent également de poursuivre la modernisation de nos radars de surveillance, comme des moyens radio et des systèmes de contrôle des opérations aériennes, dont les versions mobiles permettront d'appuyer les opérations. Compte tenu de l'évolution des menaces, la protection des bases aériennes projetées et des forces déployées nécessite également de renforcer la défense sol-air notamment *via* la modernisation en cours du *SAMP/T* et le remplacement du *Crotale*.

Le développement de ces capacités sera recherché en priorité dans un cadre européen et devra permettre le maintien d'un très haut niveau d'interopérabilité avec nos Alliés, puisque les opérations futures continueront à se réaliser à l'évidence majoritairement en coalition.

Néanmoins, la modernisation des équipements et l'amélioration de l'agilité du *C2* ne permettront pas de compenser les difficultés générées par la forte réduction de taille des flottes ces vingt dernières années. Dans des environnements plus contestés, pour soutenir des opérations plus dures, reposant la question de l'attrition, le critère quantitatif redevient prégnant. Nous aurons besoin de masse pour absorber les chocs, pour des besoins d'ubiquité et pour durer. Le dimensionnement des flottes devra donc probablement être revu à la hausse dans les prochaines années si la France souhaite maintenir des capacités d'entrée en premier dans des conflits du haut du spectre.

Un fonctionnement et des processus à réinventer

Cette modernisation indispensable doit également s'accompagner d'une transformation de nos pratiques permise par la révolution numérique et en premier lieu pour la gestion des ressources humaines (RH).

Les nouvelles générations, qui présentent de nouvelles attentes en termes de qualité de vie au travail, de responsabilité sociale des entreprises, auront une perception de leur carrière professionnelle différente de celles qui les ont précédées. Elles maîtriseront naturellement le monde numérique et seront des ressources difficiles à capter sur un marché du travail en tension, notamment dans les métiers du numérique, de la donnée et de la maintenance, secteurs essentiels pour l'Armée de l'air. Au-delà de la nécessité d'offrir une gestion plus dynamique et plus individualisée des parcours des aviateurs, il nous faudra aller capter des compétences indispensables et les fidéliser. Nous allons devoir créer de nouveaux métiers ou transformer ceux existants. De nombreuses études mettent en effet en avant que 65 à 85 % des emplois de 2030 n'existent pas aujourd'hui. L'Armée de l'air n'échappera pas à ce bouleversement apporté par les technologies de l'information

et aura de nouveaux besoins dans les domaines de l'intelligence artificielle, du codage, de la gestion des réseaux, des données ou encore du cyber et du spatial.

Cette transformation passera aussi par une adaptation de notre outil de formation qui utilisera beaucoup plus largement les progrès des outils numériques. Les prochaines années verront ainsi une refonte complète des parcours de formation des personnels navigants, déjà initiée par l'arrivée récente dans l'Armée de l'air des avions de formation *Pilatus PC-21* au profit de la formation des pilotes de chasse. Un effort tout particulier sera de plus consenti pour développer les moyens de simulation, notamment en utilisant les technologies en plein essor dans le domaine du *serious gaming* et du jeu vidéo.

La transformation touchera aussi nos processus d'acquisition. En parallèle du renouvellement de nos grands équipements qui relève de processus longs, notre supériorité opérationnelle ne pourra être assurée que par notre aptitude à capter l'innovation et à la mettre en service rapidement. Le développement incrémental des programmes aéronautiques a depuis longtemps permis de mettre à niveau les plateformes avec des améliorations technologiques, mais un grand nombre d'années est généralement requis pour développer, qualifier puis déployer un nouveau standard. L'enjeu sera désormais de raccourcir la mise à disposition d'innovations, en utilisant des architectures plus ouvertes permettant l'introduction plus rapide d'applications numériques nouvelles, et facilitant le traitement des obsolescences techniques, tout en maintenant à un très haut niveau de sécurisation les cœurs systèmes. L'introduction d'innovations technologiques récentes devra également pouvoir se faire durant la phase de développement des nouveaux matériels qui prennent souvent entre cinq et dix ans. L'industrie doit nous y aider en évitant les standards propriétaires.

Au-delà des grands programmes d'armement, l'Armée de l'air doit favoriser l'innovation ouverte, qu'elle provienne de l'acquisition de technologies issues du monde civil ou d'idées émergeant des aviateurs eux-mêmes. La méthode consistant à exprimer le besoin militaire *ex-nihilo* et attendre plusieurs années que l'industrie de défense y réponde ne doit plus être exclusive. Il s'agit désormais de croiser les cultures et d'être à l'écoute des innovations qu'elles soient exogènes ou endogènes à l'Armée de l'air, afin d'être plus agile et de disposer d'une plus grande faculté d'adaptation. Cela impose également de promouvoir une culture de la prise de risque – pas forcément « dans l'ADN » de l'aéronautique – et d'ouverture à la remise en cause de principes établis, car « inventer, c'est penser à côté » (Albert Einstein). Mais innover c'est aussi accepter de se tromper. La libération des énergies passe donc par l'acceptation de voir certains projets ne pas aboutir, certaines idées ne pouvoir se concrétiser, tout en acceptant la remise en cause des principes établis. Appliquer au départ une trop grande sélectivité tendrait à limiter l'innovation. Or, les aviateurs sont souvent les plus à même de proposer des solutions aux problématiques concrètes qu'ils rencontrent sur le terrain, dans leur quotidien. Une fois les idées captées, le passage à l'échelle sera un des enjeux majeurs de la politique

d'innovation pour entretenir l'élan constaté aujourd'hui. La création de l'Agence de l'innovation de Défense (AID) est prometteuse et l'Armée de l'air y apportera tout son soutien.

Au-delà de l'innovation opérationnelle, c'est l'ensemble des processus actuels qui doit bénéficier progressivement d'une dynamisation *via* la mise en place d'outils numériques tirant profit de la vitalité actuelle du secteur, et d'une réelle subsidiarité permettant une plus grande agilité décisionnelle. Elle passe entre autres par la mise en place d'une capacité, interne ou externe, autonome et réactive de création et de soutien d'applications numériques *ad hoc*, permettant de répondre aux besoins des unités comme des échelons décisionnels.

Enfin, depuis une dizaine d'années, c'est tout le réseau des bases aériennes, véritable « outil de combat de l'Armée de l'air », qui a été rationalisé. Les prochaines années verront la poursuite de la réorganisation de ces bases en « pôles fonctionnels », en les modernisant pour accueillir les nouvelles capacités prévues par la LPM et en leur confiant un rôle de creuset de l'innovation ouverte (notamment grâce aux initiatives de type *smart base*), rendu possible par leur proximité avec un tissu économique local souvent dynamique, et l'esprit d'innovation de leur personnel. En retour, les nouvelles technologies et la captation de l'innovation permettront d'accroître les capacités opérationnelles des bases aériennes et d'améliorer la qualité de vie des aviateurs.

*

**

Face à une recrudescence des menaces et à un environnement en très forte évolution, dans un monde où les technologies bouleversent les sociétés et les règles établies, la décennie qui débute sera cruciale pour la modernisation de l'Armée de l'air et son aptitude à agir très rapidement, en tout lieu, et de manière autonome dans le prolongement de l'action politique. Les différentes missions effectuées récemment par l'Armée de l'air en Australie ou dans le Sud de l'océan Indien démontrent qu'aucun point de la Planète n'est inaccessible pour des avions de chasse ou de transport en quelques dizaines d'heures. Après des années de sous-investissement malgré un engagement opérationnel soutenu depuis 1991, la présente Loi de programmation militaire renouvelle des équipements essentiels et à bout de souffle. Cette modernisation doit aussi s'accompagner d'une transformation importante des processus et des modes de fonctionnement pour que la complexité croissante des nouveaux systèmes ne ralentisse pas leur développement.

La prochaine décennie sera essentielle pour façonner la suivante qui devra répondre entre autres à deux enjeux majeurs : le renouvellement de la composante aérienne de la dissuasion et la mise en service du *Système de combat aérien du futur* à l'horizon 2040, soit d'ici un peu plus de vingt ans.

L'Armée de l'air s'y prépare. ♦

Enjeux futurs de la composante aéroportée de la dissuasion

Bruno MAIGRET

Général de corps aérien, Commandant les Forces aériennes stratégiques (FAS).

Parmi les missions confiées aux forces armées, et en particulier à l'Armée de l'air, il en est une dont l'histoire et la culture imprègnent particulièrement celles des aviateurs : il s'agit de la dissuasion nucléaire. Conçue comme un effort collectif entre les armées, la Direction générale de l'armement (DGA), le Commissariat à l'énergie atomique et aux énergies alternatives (CEA) et les industriels, unis pour le bien commun, elle représente un effort sans précédent et sans équivalent, une ambition nationale, socle de notre défense, garantie ultime de la survie de la Nation. Portée par les présidents de la République successifs depuis près de 60 ans, elle implique un engagement à tous les niveaux : politique, stratégique, opérationnel, industriel et de recherche & développement. Le rôle des forces armées, dans cette chaîne de responsabilités cohérente du plus haut niveau de l'État jusqu'aux opérateurs, consiste à offrir de la diversité dans les modes d'action au président de la République afin de garantir en tout temps la liberté d'action de la France. Du point de vue des Forces aériennes stratégiques (FAS), cet effort se traduit aujourd'hui comme dans le futur par la question de l'efficacité opérationnelle et de sa démonstration. À cet égard, les enjeux de la composante permanente aéroportée sont indissociables de ceux de l'Armée de l'air et s'articulent avec cette ambition nationale, dont il importe avant tout de bien comprendre les objectifs et les ressorts. Pour traiter la question des enjeux à venir de la composante aéroportée, il faut dans un premier temps expliciter la grammaire nucléaire, thème dont chaque époque et chaque système de force joue une variation, avant de détailler la manière dont l'Armée de l'air porte la mission qui lui échoit, pour aujourd'hui comme pour demain : celle de permettre le dialogue dissuasif du président de la République.

Toute réflexion sur la dissuasion se doit de repartir des fondements historiques et conceptuels, qui guident l'effort de la France en la matière. Élément clé de la politique de défense française, la Dissuasion est avant tout une ambition nationale. Née de la résonance entre « le pouvoir égalisateur de l'atome » (Pierre-Marie Gallois) et le traumatisme de la surprise stratégique que constitue l'invasion allemande, qui permet de dire « juin 1940, plus jamais ça », et rendue plus nécessaire par le chantage nucléaire de la Crise de Suez (1956), la décision de doter la Nation d'une puissance nucléaire relève d'une « certaine idée de la France »

(Charles de Gaulle). C'est véritablement au nom de la sauvegarde de la souveraineté de la France, de la préservation de sa liberté d'action que les décideurs de l'après-guerre se jettent dans une aventure proprement titanesque. L'ampleur, comme le propos, de l'aventure nucléaire positionnent la dissuasion au rang de caractéristique identitaire de la France. Colonne vertébrale de l'outil industriel de la France d'après-guerre, l'ambition nucléaire dote la Nation d'une vision cohérente qui lui permet de redevenir une grande puissance. Cette cohérence s'exprime par la complémentarité des programmes civils et militaires : l'accès à l'Espace et le vecteur balistique, l'indépendance énergétique et la propulsion navale, l'industrie aéronautique nationale et la haute technologie de l'aéronautique de défense, entre autres. Ce préambule est important car lui seul permet de comprendre réellement ce dont il s'agit lorsque l'on aborde le sujet nucléaire. Loin d'être un simple élément de la panoplie des stratégies de défense possible, la dissuasion, en France, est pensée comme consubstantielle de la Nation et de son émanation d'après-guerre, la V^e République. Il ne s'agit pas d'un simple attribut de la puissance, mais bien de la garantie ultime de la survie de la France comme Nation souveraine, expression tautologique dans l'esprit des pères fondateurs.

Une fois le pas du nucléaire franchi, la France s'est dotée, au fur et à mesure des réflexions stratégiques et de l'évolution du contexte, d'une « grammaire nucléaire » (Bruno Tertrais). L'ensemble des concepts doctrinaux s'articule en effet pour former des règles, des lois qui régissent les interactions entre les différents éléments de la dissuasion et la situation géostratégique.

La dissuasion commence lorsque l'on est capable de faire peser une menace suffisamment crédible pour entrer dans le calcul coûts-bénéfices de l'adversaire et modifier de manière décisive son action. L'élément clé de la grammaire nucléaire est donc bien la crédibilité, politique, technique et opérationnelle. Ce concept central de toute stratégie de dissuasion repose sur cinq notions doctrinales qui, tout en évoluant au cours du temps en fonction des changements du contexte, restent essentiellement stables.

- **L'indépendance nationale** peut se comprendre comme une « fusée à plusieurs étages » : elle se manifeste dans les questions programmatiques, la recherche & développement, dans la mise en œuvre et enfin dans l'organe décisionnel, incarné par le chef de l'État. Elle est à la fois un principe et une finalité.

- **La permanence** est la notion qui détermine le format des forces armées responsables de la mise en œuvre ; elle est rendue nécessaire en vertu de la crédibilité politique qu'elle emporte. Étant donné la hauteur de l'enjeu, seules des forces spécifiques, entraînées régulièrement, aguerries à la mise en œuvre d'engins nucléaires et aux engagements de très haute intensité peuvent atteindre le seuil de la crédibilité opérationnelle.

- La notion de **dommages inacceptables** sanctuarise le tabou nucléaire et prémunit la doctrine contre toute dérive du nucléaire vers un concept d'utilisation

sur le champ de bataille. Quand bien même le rôle des forces, et notamment celui de la composante aéroportée, consiste à offrir des options au président de la République, celles-ci ne doivent demeurer qu'une gradation dans l'inacceptable.

- **Les intérêts vitaux** que la dissuasion entend défendre créent un sanctuaire matériel et immatériel aux contours flous, qui peut évoluer et ressort du seul jugement du Président. L'absence de définition de ces contours prévient toute tentative d'évitement par le bas de la dissuasion. Le concept associé de frappe d'avertissement complète cette notion, pour éviter à un adversaire de se « méprendre sur nos intentions ».

- Enfin, la **stricte suffisance** – les deux mots sont importants – est l'expression choisie pour exprimer le fait que les efforts de la France, notamment à travers la taille de son arsenal nucléaire, sont dimensionnés pour garantir les dommages inacceptables demain tout aussi bien qu'aujourd'hui. Plus encore, la notion de limitation apporte un point d'arrêt à l'escalade des armements, tout en renforçant la crédibilité d'un système dont chaque pièce est nécessairement pensée pour rendre le tout particulièrement efficace.

Pour en revenir à l'élément fondamental, la crédibilité, et à son aspect opérationnel, il convient de mesurer en quoi les deux composantes, océanique et aéroportée, sont complémentaires pour apporter la garantie au président de la République de pouvoir infliger des dommages inacceptables. Cette complémentarité repose sur des effets militaires différents entre un missile balistique et un missile aérobie. Elle a surtout trait aux différentes caractéristiques des deux forces. Là où la Force océanique stratégique (Fost) veille à la discrétion et la permanence à la mer du sous-marin, les FAS mettent en place des procédures de montée en puissance qui peuvent être ostensibles et démonstratives. Les modes d'actions se complètent dans les modes de pénétration et dans les modélisations utilisées en planification entre une planification déterministe et fondée sur le calcul et un plan de frappe militaire, moins modélisable et reposant sur les grands principes de stratégie (concentration des feux, exploitation des faiblesses de l'adversaire, saturation des défenses). Dans tous les cas, les deux composantes convergent à travers la garantie de leur efficacité : le sous-marin par sa discrétion, et les FAS grâce à l'enchaînement permanent des opérations de montée en puissance et de raids nucléaires.

Enfin, pour compléter le tableau de notre outil dissuasif, il convient d'insister sur l'une des caractéristiques de la composante permanente aéroportée : la dualité. Cette singularité est historique : dès 1971, les *Mirage IV* ont été employés dans des missions de reconnaissance. Les ravitailleurs, quant à eux, délivrent du carburant sur tous les théâtres d'opérations. Seule une minorité de leurs missions est réalisée au profit des FAS. La dualité est inhérente au concept d'emploi de la composante aéroportée et assoit sa crédibilité, en démontrant le savoir-faire des équipages et des structures de commandement et de contrôle. Avec le passage au « tout *Rafale* », les FAS ont franchi une étape de plus dans cette dualité. En effet, alors que le

Mirage IV ou le *Mirage 2000N* étaient des appareils spécialisés dans la mission nucléaire, dont on a pu occasionnellement tirer parti pour effectuer des missions conventionnelles, le *Rafale* est nativement omnirôle. Rien ne distingue un *Rafale* des FAS d'un *Rafale* conventionnel. De ce fait, les chasseurs des FAS peuvent être et sont employés aussi bien pour des missions conventionnelles que pour leur mission principale nucléaire. L'arrivée du *Phénix* (*A330 MRTT, Multirole Transport Tanker*) à partir d'octobre 2018 accentue encore cette dualité. Ces avions ravitailleurs pourront en effet désormais simultanément délivrer du carburant, transporter du personnel et/ou du fret sur de très longue distance.

Non contente de démontrer la crédibilité opérationnelle des moyens, la dualité offre au Président le moyen d'un dialogue dissuasif avec l'adversaire. Que ce soit à travers les opérations *Poker* ou par le fait que les FAS participent à toutes les opérations extérieures, ou encore au raid Hamilton ⁽¹⁾, la composante aérienne permet, dès le temps de paix, de manifester très clairement notre savoir-faire opérationnel à protéger les intérêts de la France. En prenant le recul nécessaire pour observer ce panorama sur la dissuasion, le lecteur comprendra que les enjeux soulevés par les Forces aériennes stratégiques ne sont jamais uniquement tactiques. Ils emportent avec eux cette ambition nationale, qui repose sur la structuration de notre outil étatique et industriel autour de la dissuasion.

Ainsi, l'Armée de l'air, à travers son bras nucléaire – les FAS – se trouve dépositaire d'une responsabilité structurante, celle de permettre le dialogue dissuasif et de garantir la liberté d'action du président de la République. Tout en respectant toujours ce qui fait son ADN et sa complémentarité avec la Fost – dualité et démonstrativité, la composante aéroportée permanente travaille donc à offrir des options au décideur. Cet effort a supposé, tout au long de l'histoire des FAS, une progression constante selon deux axes : l'efficacité opérationnelle et la démonstration de cette efficacité, deux étapes clés de la crédibilité.

Les Forces aériennes stratégiques récoltent actuellement les fruits d'un long travail de plus de dix années de modernisation. L'efficacité du trinôme *ASMPA*⁽²⁾–*Rafale*–*Phénix* atteint des résultats remarquables au regard de la règle d'or des 3 P : précision, pénétration, portée. Les performances du missile, régulièrement évaluées lors des tirs d'évaluation des forces, sont garanties par la maîtrise de la technologie du statoréacteur par la France depuis 40 ans. La capacité du *Rafale* de passer d'une tâche air-air à une fonction air-sol instantanément s'est avérée un virage dimensionnant en termes d'organisation et de doctrine d'emploi. Sa performance en pénétration basse altitude tout temps/haute vitesse est l'un des points clés de la crédibilité du dispositif. Enfin, le renouvellement de la flotte de ravitailleurs, qui permet un emport en carburant supplémentaire et une disponibilité

(1) Voir l'article du lieutenant-colonel MOYAL dans ce volume, p. 58-64.

(2) *Air-sol moyenne portée amélioré*.

renouvelée, offre à la manœuvre l'allonge requise par le président de la République, en cohérence avec une doctrine de dissuasion tous azimuts.

Toutefois, l'efficacité opérationnelle de la composante aéroportée n'est pas le simple fait des Forces aériennes stratégiques. Lors d'un raid nucléaire, toute l'Armée de l'air prend part au combat. Les opérations successives des FAS – qui se déroulent sans interruption depuis plus de 55 ans – intègrent des appareils porteurs de l'arme nucléaire, sous la responsabilité permanente des FAS, mais également des moyens de protection et d'accompagnement, relevant habituellement d'autres commandements. Cette intégration intime des moyens conventionnels et nucléaires est encore renforcée par la polyvalence du *Rafale*, et concourt à la maîtrise de l'engagement de haute intensité par l'Armée de l'air.

En effet, le principe d'une opération nucléaire repose sur l'effet de masse. Les appareils partent groupés en cellules autour de leurs ravitailleurs avant de le quitter et d'attaquer en meute. Cette manœuvre peut être dimensionnée en fonction des directives du président de la République, et elle intègre des appareils de protection du raid. Ainsi, elle offre la souplesse et la robustesse requises pour établir le dialogue dissuasif. En réalité, cette intégration des FAS dans l'Armée de l'air renforce l'ADN de cette dernière : fort, vite et loin.

En ce qui concerne la vision future, le principe de la garantie de pénétration repose sur le fait d'avoir toujours un coup d'avance dans le jeu d'échecs entre le glaive et le bouclier. Cela implique de consacrer en permanence des moyens suffisants à la R&D, afin d'être du bon côté de la barrière technologique. C'est ainsi que les enjeux portent, pour l'avenir de la composante, sur tout le spectre de la pénétration, du ravitailleur au missile en passant par le porteur. Là encore, l'histoire est particulièrement éclairante pour aborder ces questions prospectives. Au commencement de la dissuasion, afin de s'affranchir des défenses d'artillerie antiaérienne et des intercepteurs soviétiques, il fallait voler très haut et très vite. C'est ainsi que le *Mirage IV* fut le premier avion bi-sonique au monde, et était capable de tenir cette vitesse à 13 km d'altitude. L'évolution des systèmes de défense, dont l'interception du *U-2* de Gary Powers, dès 1960, fournissait un signe avant-coureur, fit apparaître une nouvelle vulnérabilité. C'en était fini de la très haute altitude, puis, plus tard, de la bombe à gravité : le concept de pénétration reposera sur le suivi de terrain complété ultérieurement par un missile de croisière. Demain, les progrès des systèmes *A2/AD* (*Anti Access/Area Denial*) nous inciteront à réévaluer nos doctrines, avec une seule certitude : aucune cuirasse n'est sans défaut. Pour dimensionner au plus juste – en cohérence avec le concept de stricte suffisance – le système futur, il importe de bien connaître les défenses adverses, ce qui impose un effort important en matière de renseignement et d'anticipation. Aujourd'hui, il est très probable que l'*ASN4G*⁽³⁾ soit un missile à très longue portée, capable de

(3) *Air-sol nucléaire de 4^e génération.*

voler plus haut que les intercepteurs adverses, hypermanœuvrant et à vitesse hypersonique.

En cohérence avec les caractéristiques fondamentales de la composante aéroportée, il conviendra également de réfléchir à l'interopérabilité, voire à la communalité des moyens des Forces aériennes stratégiques avec ceux des forces conventionnelles. C'est pourquoi les réflexions sur le *Système de combat aérien du futur (Scaf)* intègrent les besoins de la dissuasion dès les premières études. Cette prise en compte fixe un niveau d'ambition qui permettra de garantir la maîtrise de la haute intensité par l'Armée de l'air.

Enfin, plus largement, la dissuasion nourrit, pour l'Armée de l'air, le lien vital entre l'industrie de défense, la R&D et l'aviation. Projetant le regard au-delà de l'horizon habituel des programmes d'armement conventionnel – la dissuasion est une matière vivante qui se façonne lentement – le refus du « *fair fight* », comme disent les Américains, auquel nous contrainst la garantie de pénétration, c'est-à-dire la nécessité de bénéficier d'une longueur d'avance technologique, nous oblige à affronter l'incertitude de l'avenir. « C'est compliqué ? Alors il faut chercher », disait le président Mitterrand aux chercheurs du CEA. Ce « déséquilibre avant » permanent est partie intégrante de l'histoire des FAS. Il constitue l'épine dorsale de l'industrie aéronautique française. Comme le *Mirage IV* a permis l'aventure Concorde, l'*ASN4G*, le *Scaf* ou le futur porteur nucléaire seront les aiguillons qui pousseront nos ingénieurs et nos chercheurs à développer une technologie de rupture, et par là, à la France de rester l'un des *leaders* mondiaux du secteur aéronautique. Au-delà du poids purement militaire que confère la maîtrise de l'arme nucléaire, les capacités industrielles qu'elle emporte sont essentielles pour contribuer à préserver le rang de notre pays au sein des puissances mondiales.

Être efficace est un défi, le démontrer est une nécessité. La démonstration de la performance opérationnelle de l'Armée de l'air assoit le dialogue avec l'adversaire, fournit les seuils de l'escalade qui l'obligera à céder.

Cette démonstration s'adresse principalement à un auditoire : celui des adversaires potentiels. Elle repose sur le concept de posture opérationnelle, qui consiste à disposer de *moyens*, en *nombre déterminé* et dans des *délais* prescrits. Ces stades de montée en puissance rythment les opérations des FAS. Ils sont régulièrement mis en œuvre à titre de démonstration et font partie du cœur de métier de la composante permanente aéroportée. Reposant sur un savoir-faire éprouvé en matière de commandement et de contrôle, appuyé sur les Centres des opérations des Forces aériennes stratégiques (COFAS I et II), les opérations de montée en puissance constituent l'épine dorsale du dispositif et commandent la nécessité pour la composante d'être un commandement opérationnel et organique. En effet, le fait de connaître en permanence l'état des forces, la disponibilité des moyens et le niveau de préparation des équipages, nécessité liée à la tenue de posture, permet aux FAS d'entretenir le mouvement de balancier entre les périodes

de préparation opérationnelle, les opérations conventionnelles et les opérations nucléaires. Fortes de ce savoir-faire de pilotage des activités, les FAS réalisent ainsi deux types d'opérations majeures.

Le premier, les opérations de montée en puissance, peut s'effectuer discrètement ou ostensiblement selon les directives du président de la République. Le rappel d'avions en métropole, le déploiement ou la mise en alerte progressive des forces sur leurs zones d'alerte, qui peuvent être programmées en fonction des horaires de passage des satellites, constituent ainsi un message parfaitement explicite à l'intention de nos interlocuteurs.

Le second type d'opérations, les raids nucléaires ou conventionnels – à l'instar de l'opération *Hamilton* –, peut également inclure des tirs d'évaluation des forces. Conformément au principe de la démonstration par parties, chaque segment de la mission de dissuasion est ainsi réalisé plusieurs fois par an. L'ambition des opérations, l'élongation démontrée, le niveau de défense adverse reproduit, l'absence d'impasse dans les scénarios sont les gages visibles de la crédibilité opérationnelle. À titre d'exemple récent, mentionnons l'opération *Excalibur*, au cours de laquelle un équipage de *Rafale B* a démontré sa capacité à réaliser un raid de 12 heures selon un scénario d'opposition particulièrement réaliste, avant de tirer un missile *ASMPA* en respectant tous les attendus. Le domaine recouvert par ces différentes démonstrations est donc bien en cohérence avec la règle des 3 P, avec notamment une allonge de plus de 12 heures, soit l'équivalent de 10 000 km.

Cette exigence de démonstrativité pousse les Forces aériennes stratégiques à aller de l'avant dans un domaine qui est, *in fine*, le cœur du savoir-faire de l'Armée de l'air : la projection de puissance. La nécessité d'étendre constamment le rayon d'action des FAS conduit l'Armée de l'air à se renforcer sur cette mission, au cœur de son identité. La dualité permet aux forces conventionnelles de bénéficier des avancées, notamment en matière capacitaire, requises par la mission nucléaire. Avec le remplacement de la flotte de *C-135* ravitailleurs par une flotte plus agile, plus robuste et plus performante, celle des 15 *Phénix* qui rejoignent peu à peu les rangs, il sera très bientôt possible (dès 2022) de projeter 18 *Rafale* et leurs équipes de mise en œuvre en tout point du globe en 48 heures. Cette capacité inédite de projection de puissance, véritable *game changer*, contribuera directement, dans le domaine conventionnel, à offrir la possibilité au décideur politique de mener des opérations de haute intensité à 20 000 km de la métropole, seul ou en coalition.

La dualité, si utile pour l'Armée de l'air et pour les FAS, présente toutefois un revers. En effet, si la mutualisation des moyens entre forces conventionnelles et nucléaires permet d'améliorer l'efficacité et la performance de l'outil de combat aérien, un seuil bas peut se dessiner en deçà duquel l'accumulation des contrats opérationnels pourrait mettre en danger l'édifice. Les moyens des Forces aériennes stratégiques sont ainsi sollicités, du fait de leur polyvalence, pour remplir nombre de missions et tenir nombre d'alertes (posture permanente de sûreté, missions de

reconnaissance, projection de puissance, Opex...). Ce dispositif vertueux qui fait monter en compétences l'Armée de l'air dans son ensemble peut avoir tendance à limiter la disponibilité des moyens pour réaliser un entraînement organique pertinent au profit des personnels (formation, montée en compétences, améliorations des tactiques). De la même manière, une flotte dimensionnée par le plus petit facteur commun des missions confiées à l'Armée de l'air pourrait contraindre le décideur, dans le cas d'un conflit de haute intensité, à très rapidement sanctuariser ses moyens pour la mission ultime : la mission nucléaire.

En somme, en deçà d'un certain seuil, ce qui était vertueux peut devenir contre-productif. Au lieu d'offrir des options et de garantir la liberté d'action du chef de l'État, le dispositif pourrait le pousser à agiter le tabou du nucléaire trop rapidement. La dualité est donc une médaille à deux faces, et la question du format des forces – et donc du nombre d'avions – demeure indispensable en dépit des optimisations permises par des flottes polyvalentes. La composante permanente aéroportée atteint aujourd'hui une maturité et une cohérence remarquables. L'enjeu reste de maintenir le « déséquilibre avant » pour conserver l'écart – technologique et opérationnel – avec nos potentiels adversaires. La démonstration de notre efficacité nourrit, à travers la dualité, la performance de toute l'Armée de l'air. Pour demeurer dans la pure dialectique des volontés, qui doit demeurer elle-même la seule conséquence d'une situation géostratégique, il est vital de ne pas être contraint par une faiblesse. Le modèle doit ainsi être décliné de la doctrine – stricte suffisance et dommages inacceptables –, sous peine de la travestir mortellement.

*

**

Porteuses d'une ambition nationale consubstantielle à la V^e République, les Forces aériennes stratégiques sont à un moment charnière de leur histoire. Au terme d'un cycle de dix années de transformation qui leur a permis de développer, entre autres, leur dualité, les FAS abordent l'avenir en étant porteuses de plusieurs enjeux, qui concernent aussi bien l'Armée de l'air que le complexe militaro-industriel dans son ensemble. La permanence, pierre angulaire de l'existence des FAS, s'applique également à la dialectique glaive-bouclier, qui sous-tend tout progrès technologique. Le principe même de dissuasion implique d'être toujours hors de portée de l'adversaire dans cette dialectique. Il impose donc, dans le domaine de la recherche et du développement, d'être en permanence penché vers l'avant. La dualité est l'autre enjeu, qui se traduit essentiellement dans des questions de format. Au-delà de ces questions, notons que le véritable succès des FAS est dû à leur parfaite intégration au sein de l'Armée de l'air. Atout structurant pour cette dernière, notamment dans le domaine de la projection de puissance, la mission permanente de dissuasion contribuera demain à renforcer encore celui de la projection de forces : les vénérables Boeing qui ont permis à la France de devenir, il y a 55 ans, une puissance nucléaire attendent – impatientement comme tous les aviateurs – l'arrivée des *Phénix*. ♦

La sécurité aérienne du territoire à l'horizon 2030

Benoît D'ABOVILLE, ADER 7

Extrait d'un rapport de groupe de travail ADER de janvier 2019 ⁽¹⁾.

La croissance du trafic aérien en Europe a des implications directes sur les survols de notre territoire et rend plus urgente l'adaptation des structures actuelles en charge de l'espace aérien : les modalités qui seront adoptées pour la gestion du Ciel unique européen (CUE) ont comme objectif commun une défragmentation des espaces nationaux et une optimisation des trajectoires aériennes, tant civiles que militaires. La gestion future de la Posture permanente de sécurité (PPS), qui est de la responsabilité de l'Armée de l'air, en sera inévitablement affectée. Cette dernière doit également prendre en compte la menace croissante des drones et du terrorisme. Pour répondre à ces défis, une nouvelle « politique du ciel », doit être mise en place, incluant les aspects spatiaux et les différents aspects du nouveau dispositif sur lequel reposera la gestion du trafic aérien d'ici 2025.

La PPS, une mission de l'Armée de l'air en évolution

La Posture permanente de sécurité demeure une mission de l'aviation militaire, indispensable à la sécurité aérienne du territoire. Il s'agit d'une fonction permanente (24/24h et 7j/7) et donc exigeante, qui est opérationnellement et financièrement entièrement prise en charge par l'Armée de l'air, en collaboration avec la Direction générale de l'aviation civile (DGAC). Extrêmement réactive, elle répond à l'exigence de rapidité de décision et à la possibilité d'obtenir dans les plus courts délais les autorisations politiques (y compris au niveau du Premier ministre) pour agir.

La PPS représente aujourd'hui un dispositif performant, sans véritable équivalent chez nos partenaires européens. Son champ d'action embrasse, en effet, une grande diversité de situations accidentelles, intentionnelles ou non :

- non-respect des plans de vols déposés et des zones de circulation limitées,
- surveillance des survols par des appareils *a priori* suspects,

(1) Les conclusions du groupe de travail n'engagent pas l'Armée de l'Air. Ont participé aux travaux : M. d'Aboville, M^{mes} Bouchet-Orphelin et Minot, MM. Antoine, Duhamel, Hercberg, Meneghetti et Petros, et des militaires. À Bruxelles, MM. Guillermet et Ciotti ont utilement contribué au travail du groupe.

- assistance à des aéronefs en difficulté,
- interdiction des intrusions d'appareils étrangers dans l'espace aérien national à des fins de renseignement, d'intimidation ou d'amorçage d'un processus politico-militaire d'escalade,
- surveillance et protection aérienne des événements à haute signification politique et médiatique,
- surveillance de l'environnement des lancements à Kourou, à l'occasion des tirs spatiaux.

Le nombre d'alertes et d'interventions a progressé dernièrement, dont plus de 400 en 2018 réparties à peu près pour moitié entre pertes de communication et survols de zones interdites. L'activité des appareils russes aux abords de notre espace national s'est également accrue. Or, la surveillance aérienne du territoire va inévitablement connaître une importante mutation, d'ici 2030, passant de l'identification et la détection des aéronefs à partir de moyens civils et militaires nationaux à une gestion entièrement informatisée des trajectoires d'objets connectés largement gérée de manière centralisée dans le cadre du nouveau Ciel unique européen. Par ailleurs, l'interaction entre la sécurité aérienne et l'action face aux différentes formes de terrorisme devra se renforcer. Elle devra également faire face aux problèmes posés par le développement des drones.

Une approche globale de la sécurité aérienne du territoire justifiée par la menace terroriste et la prolifération des drones

Le terrorisme

L'interaction entre l'organisation de la sécurité aérienne du territoire et la lutte contre les différentes formes de terrorisme (sécurité des aéroports et des bases, perspectives d'une prolifération des drones...) a été récemment renforcée. Elle devra prendre en compte, en raison de la mise en place du CUE, une nouvelle répartition des rôles pour l'identification et la gestion des aéronefs.

Le lien entre terrorisme et opportunité d'attaques contre des facilités aériennes, par essence fragiles, est aujourd'hui reconnu, même si, par exemple, les leçons de l'affaire du vol Air France 0963 d'Alger, pris en otage par des membres du Groupe islamique armée (GIA) le 24 décembre 1994 et stoppé à Marseille alors qu'il se préparait à s'abattre sur la capitale, n'avaient pas encore été comprises, alors qu'elles préfiguraient les attaques du 11 septembre 2001.

Les risques d'intrusions sur les aéroports et les bases aériennes, tout comme la vulnérabilité aux *manpads* ⁽²⁾ des appareils en phase d'atterrissage ou de décollage,

(2) Missiles sol-air lancés à l'épaulé.

ont été depuis longtemps identifiés et des mesures ont été prises, notamment au niveau de la recherche de renseignement, de la surveillance des personnels dans les aéroports et de la sécurité des emprises. Elles supposent une préparation interministérielle poussée et des actions étroitement coordonnées. Leur financement est en partie assuré par les compagnies aériennes, qui en répercutent le prix sur les passagers.

Les drones

La question de la croissance des intrusions de drones dans des espaces réservés et une montée spectaculaire des incidents aériens posent des problèmes croissants de sécurité. Même si l'Armée de l'air n'est pas actuellement officiellement en charge de la prévention des accidents avec les drones, qui incombe à la DGAC et aux opérateurs de sites sensibles, aux termes des conventions passées, elle sera inévitablement concernée en cas d'accident.

L'Agence européenne de la sécurité aérienne (AESA) prévoit un triplement des incidents lié aux drones par rapport à la période 2011-2015. Une évolution parallèle est enregistrée sur le continent nord-américain. En France, on peut citer la collision manquée entre un drone et un Airbus A320 d'Air France en approche de l'aéroport Charles-de-Gaulle (19 février 2016), l'intrusion dans l'espace des centrales nucléaires du Bugey (3 juillet 2018) ou, récemment, en Grande-Bretagne, la fermeture temporaire de l'aéroport de Gatwick (19 décembre 2018), immobilisant 110 000 passagers.

En outre, le nombre d'opérateurs de drone s'est rapidement accru. D'une cinquantaine d'opérateurs en 2012 en France, on est passé à plus de 5 000 opérateurs exploitant plus de 10 000 drones en 2018. Pour les seuls drones de loisirs, on compte plus de 500 000 exemplaires vendus depuis 2016 en France. L'encadrement de cette filière se fait dans la difficulté et selon des modalités qui ne sont pas suffisamment harmonisées entre pays européens en dépit des efforts de la Commission et de l'Agence européenne de défense (AED, qui a créé un groupe de travail spécial s'agissant des drones autonomes) pour dégager des règles communes. La France a mis en place, par étapes, une législation nationale⁽³⁾. L'altitude maximale autorisée est dans les États de l'Union européenne de 150 m, et des obligations concernant l'enregistrement de l'appareil, l'identification de l'utilisateur et sa formation au pilotage, ainsi que les modalités du contact conservé avec l'appareil et l'interdiction des vols de nuit sont prévues et continuent de faire l'objet de concertations.

(3) Notamment la loi du 24 octobre 2016 et l'arrêté du 18 mai 2018 distinguant, en fonction du poids de l'engin (au-delà de 800 grammes) différentes catégories de drones. L'instruction ministérielle 5050 du 10 mai 2016 vise à déconcentrer la responsabilité des mesures de protection.

Il convient, certes, de ne pas brider la liberté individuelle des opérateurs par des contraintes réglementaires trop lourdes, qui risqueraient de briser le développement de la filière, au profit d'autres pays, eux aussi fabricants de drones (Chine par exemple). Toutefois, il est impératif de gérer la démocratisation nouvelle des utilisations de l'espace aérien. Les développements d'ores et déjà envisagés par les opérateurs de drones (taxis urbains, délivrance des colis, inspection des dépôts, etc.) rendent malaisé l'anticipation des problèmes qu'ils vont poser pour le partage de l'espace aérien : on peut être *a priori* assuré qu'ils seront d'une tout autre dimension que ceux que nous connaissons actuellement...

La Direction générale de l'armement (DGA), comme ses homologues étrangers, explore différentes approches, à la fois pour la détection précoce et la destruction des drones : fusils anti-drones, laser, rapaces dressés, brouillage des systèmes de navigation, filets de capture, intrusion cyber. Cependant, aucun système n'a – jusqu'ici – fait complètement ses preuves, même si plusieurs pays (dont la France) ont passé des commandes de matériel auprès de firmes privées et continuent l'évaluation de leur efficacité. Les progrès de l'Intelligence artificielle (IA) vont permettre une plus grande réactivité du pilotage automatique des drones, ce qui retire donc une grande partie de son efficacité à la méthode actuelle du brouillage de ses communications et renforce ainsi la nécessité de prévoir des moyens cinétiques. Il convient parallèlement de s'orienter vers des technologies innovantes, d'autant que la mise au point de mesures anti-drones intéresse le ministère des Armées, non seulement au titre de la sécurité aérienne du territoire, mais également au titre des opérations extérieures, comme on l'a déjà constaté lors des opérations de la coalition en Irak et en Syrie.

Les risques liés au terrorisme et aux drones constituent une raison supplémentaire pour assurer l'adaptation de la couverture radar du pays, notamment en basse altitude, même si la détection des drones reste encore actuellement très difficile. L'évolution des menaces conduit à considérer à la fois des cibles très rapides et relativement furtives mais aussi des cibles très lentes et de petite taille. Un dispositif permettant de gérer les drones à proximité (5 km) d'un aéroport est actuellement expérimenté.

Pour l'Armée de l'air, le développement des drones et ses conséquences représentent donc un triple défi :

- Les opinions publiques ne comprendraient pas que des mesures efficaces ne soient pas adoptées par l'Armée de l'air dans la lutte anti-drones et que la responsabilité de cette dernière demeure essentiellement à la charge des gestionnaires des installations critiques (par exemple, les centrales nucléaires et les aérodromes). Le dispositif actuel de la PPS ne répond toutefois actuellement que de manière limitée aux besoins : les *Mirage* et *Rafale* sont trop rapides sur zone, tandis que les hélicoptères avec tireur embarqué destinés à l'interception de cibles lentes ne

disposent pas toujours de la vitesse requise pour arriver à temps au point d'interception.

- La place et le rôle de l'Armée de l'air elle-même dans un dispositif anti-drones interministériel ne sauraient être dissociés de la politique de gestion de la sécurité de l'espace aérien. Pour le moment, l'effort se focalise sur les basses altitudes mais demain, certains drones croiseront à des altitudes voisines des vols commerciaux.

- La gestion de la PPS devrait demain explicitement prendre en compte les problèmes liés aux interférences des drones, quelle que soit l'altitude de circulation. Il s'agirait là pour l'Armée de l'air d'une extension formelle de responsabilités qui suppose à la fois une décision politique et juridique ainsi que l'attribution des moyens correspondants : elle confirmerait, en le renforçant, le rôle du Commandement de la défense aérienne et des opérations aériennes (CDAOA). La gestion opérationnelle de la PPS et donc des mesures actives désormais nécessaires demeurerait inchangée par rapport au dispositif institutionnel actuel.

Les nouvelles formes de la gestion des espaces aériens en Europe, un enjeu majeur pour les aviations militaires

Dans le monde, la croissance annuelle du transport aérien se situe autour de 5 % et le trafic aérien double tous les 12-15 ans. Or, cette progression est reconnue comme incompatible avec les modalités actuelles de la gestion du trafic tant en Europe qu'aux États-Unis. L'évolution vers une numérisation complète de la gestion de l'espace aérien dans le cadre de la mise en place du Ciel unique européen est donc inévitable compte tenu du développement prévisible du trafic.

Le recours au décloisonnement des espaces aériens nationaux et à l'informatisation de la gestion des routes aériennes a été acté par l'UE dès les années 2000 dans le cadre du CUE avec ses déclinaisons successives, dont l'actuel *Single European Sky 2+*. Le mouvement apparaît aujourd'hui irréversible, soutenu qu'il est par les compagnies aériennes et la Commission européenne. Le programme *SESAR* ⁽⁴⁾, financé par la Commission (et dont Thales est l'un des contributeurs majeurs), au cœur de la définition des nouveaux dispositifs informatiques, progresse désormais rapidement et concerne donc également l'activité des flottes aériennes militaires en Europe (y compris les partenaires de l'UE) dont celle de l'Armée de l'air.

La détection des avions et drones ayant un comportement suspect ne s'effectuera plus seulement en fonction des plans de vols mais grâce au suivi de leurs évolutions en temps réel et à l'action conjuguée des radars civils et militaires. Elle doit cependant éviter d'affecter la liberté d'action des aviations militaires en ce

(4) *Single European Sky ATM Research (ATM : Air Traffic Management)*.

qui concerne les zones d'exercice et d'entraînement, la confidentialité de leurs activités et la gestion des vols et déploiements sans préavis. De plus, du fait de sa situation géographique au croisement des routes aériennes européennes, la France assume une responsabilité particulière ⁽⁵⁾ et représente un élément clé du futur dispositif.

Dans ces conditions, la présentation à Bruxelles d'une attitude commune des responsables des aviations militaires des pays européens, en décembre 2018, marque une étape importante : deux officiers, français et allemand, tous deux commandants en second des CDAOA respectifs, et parlant au nom de la « communauté militaire aérienne européenne » ont notamment indiqué que :

- Les activités militaires ne sont pas responsables des délais et de la congestion du ciel européen grâce à un certain nombre de mesures déjà adoptées.

- La « communauté aérienne militaire européenne » est une partie prenante au CUE, même si elle ne représente qu'une part minoritaire de l'utilisation des espaces aériens (11 %), avec ses propres spécificités, ses coûts prospectifs et des considérations de sécurité propres.

- L'ATM (gestion du trafic) européen peut constituer un avantage pour les activités proprement militaires dans un environnement de plus en plus complexe, mais suppose aussi des entraînements spécifiques des équipages.

- L'interopérabilité civile-militaire est déjà une obligation et les militaires ont un *a priori* favorable à la numérisation des opérations dans l'espace du CUE.

- La cybersécurité est une préoccupation commune aux militaires et aux civils.

- La navigation des drones doit être intégrée dans l'espace commun du CUE.

- La défragmentation des espaces de circulation aérienne et l'éventuelle délégation de tâches à des entités indépendantes doivent inclure des obligations contractuelles sur les priorités d'accès des militaires.

De plus, l'Otan (qui a établi plus de 300 *STANAG* ⁽⁶⁾ pour les exercices conjoints et les activités des pays membres) – dont l'*US Air Force*, première flotte aérienne militaire en Europe en nombre de vols effectués – a également des intérêts spécifiques à faire valoir dans la nouvelle organisation de l'ATM en Europe.

Les aviateurs s'affirment donc disposés à contribuer au CUE tout en faisant valoir leurs nécessités propres (flexibilité du dispositif pour assurer le mouvement

(5) Depuis l'été 2018, elle est devenue la cible d'une campagne des compagnies aériennes, pour sa responsabilité dans l'accumulation des retards subis par les passagers européens en période de pointe du trafic commercial. Les grèves françaises des contrôleurs aériens et l'obsolescence des systèmes de gestion de la France et de l'Allemagne ont été dénoncées par la presse et les compagnies aériennes. Cf. Commission des Finances, *La modernisation des services de la navigation aérienne (Rapport d'information n° 568)*, Sénat, 13 juin 2018 (www.senat.fr/rap/r17-568/r17-568.html).

(6) Normes de standardisation Otan.

des appareils, l'entraînement et l'organisation des missions dont la PPS ; confidentialité ; cybersécurité ; soutenabilité technique et financière des adaptations). Certes, dans l'ordre actuel des priorités, la mise en place des nouveaux systèmes du CUE porte sur l'optimisation des trajectoires et des flux réguliers du trafic commercial, et seulement subsidiairement sur les activités militaires. Au demeurant, la prise en compte d'activités militaires *a priori* non anticipées et non déclarées car effectuées en urgence (ou dont on souhaite conserver la confidentialité) ne portent que sur une proportion minoritaire des flux aériens européens à gérer.

Aujourd'hui, les spécialistes du *SESAR* et de l'AED estiment que les technologies développées pour l'*ATM* seront de nature à répondre simultanément aux besoins civils et militaires. Les nouvelles infrastructures doivent assurer l'interface entre les satellites, les instruments en vol et les stations au sol et devraient permettre une optimisation des zones demandées par les militaires pour leurs besoins spécifiques. En cas d'événement majeur, une partie de l'espace aérien pourra toujours être mobilisée pour faire face à une situation de crise réelle ou simulée.

La PPS bénéficiera d'une information enrichie : aujourd'hui, la trajectoire est connue *via* le plan de vol déposé avant le départ tandis que *SESAR* met en œuvre l'échange sur la trajectoire en temps réel, directement depuis les instruments de bord de l'appareil concerné. Il sera accessible aussi bien aux autorités compétentes civiles que militaires. En effet, ce système ne vise pas à l'autonomie totale de la gestion en vol de l'appareil, mais une augmentation progressive, en fonction des étapes de sa mise en service, de l'assistance automatisée des pilotes et des contrôleurs aériens. L'opérateur reste donc constamment « dans la boucle » et peut continuer à intervenir directement sur la trajectoire si besoin, même si cela devient davantage une exception.

Les conséquences sur l'emploi et la formation des contrôleurs, tant civils que militaires, peuvent être dédramatisées : l'évolution du système se fera progressivement sur 10-15 ans minimum. Il n'y a donc pas *a priori* d'impact négatif en termes d'emploi, mais progressivement le métier va évoluer vers celui d'un gestionnaire de système, tout comme celui des pilotes sur les appareils modernes. Il demeure que la prise en compte de ces évolutions sur le plan de la gestion des ressources humaines au sein de l'Armée de l'air doit être prévue.

Une mise en place du CUE indissociable d'une approche commune spatiale

Les nouveaux systèmes d'*ATM*, tant civil que militaire, en Europe comme aux États-Unis, et progressivement dans le reste du monde, vont dépendre étroitement des communications utilisant les relais spatiaux. De fait, il existe un lien étroit entre la mise en place du CUE et la capacité des pays européens à gérer la sécurité de leurs réseaux spatiaux et donc de disposer notamment de moyens de

surveillance spatiale du système. La question de la vulnérabilité des communications assurées avec des plateformes satellitaires (attaques cyber ou cinétiques, tempête solaire, dysfonctionnement des satellites), se pose à l'évidence, comme pour la majorité des transmissions modernes. Elle constitue une préoccupation forte, tant à Washington qu'à Bruxelles : la stratégie suivie consiste à assurer la résilience du réseau par des systèmes redondants assurant la sauvegarde (*back-up*) d'un système « tout satellitaire ».

Une autre composante de la résilience des communications spatiales utilisées pour l'*ATM* doit être la mise en place d'un système efficace de surveillance de l'espace afin de détecter et d'attribuer les responsabilités en cas de dysfonctionnement. L'organisation de cette surveillance aux États-Unis, y compris sur le plan financier, renforce la nécessité d'une capacité autonome européenne.

Les aspects financiers

Les coûts d'adaptation pour les flottes militaires aériennes aux nouveaux dispositifs sont très difficiles à estimer à ce stade. Toutefois cette adaptation ne pourra se faire que lentement, probablement sur une période d'au moins 10 à 15 ans. D'ores et déjà, aux États-Unis, où la *Federal Aviation Administration (FAA)* impose déjà des mesures d'interopérabilité avec le système *NexGen*, des retards importants sont enregistrés par rapport aux échéanciers. Seule une faible proportion (20 %) des flottes commerciales est équipée en 2018. En tout état de cause, il convient de distinguer la mise en place des nouveaux dispositifs sur les appareils et l'adaptation des infrastructures au sol.

- Sur la base des projets de financement déposés auprès de l'AED, le coût pour la modernisation de l'interopérabilité entre centres de contrôle civils et militaires est estimé pour l'ensemble des États de l'UE entre 1 et 2 milliards d'euros et, pour la France, à 300 millions d'euros pour la phase initiale.

- S'agissant des « aéronefs », il est difficile de faire la distinction entre les modernisations liées à l'adaptation au CUE et celles qui correspondent à des équipements qui seraient, de toutes les manières, installés. Par ailleurs, les coûts de la modernisation des systèmes en vol varient fortement selon le rythme choisi pour la mise à niveau des appareils. Enfin, les exigences d'interopérabilité actuelles sont susceptibles d'évoluer au cours des dix prochaines années, en fonction notamment des progrès technologiques.

- La gestion des données militaires confidentielles ne pourra *a priori* être effectuée directement par le système *SWIM* de CUE. Il faudra donc établir un « *cloud* » militaire avec des cloisons électroniques étanches.

D'après ces estimations, le coût global de l'adaptation au CUE, sur la période considérée de 10 à 15 ans, pourrait atteindre 5 milliards d'euros, en dehors des infrastructures.

*
**

Une nouvelle politique s'impose désormais pour répondre au triple défi du terrorisme, des problèmes suscités par une insertion plus importante des drones dans l'espace aérien partagé et de la mise en place du « Ciel unique européen ». Elle doit être en cohérence avec les différents aspects de la politique spatiale, notamment en ce qui concerne la surveillance de l'espace. Au moment où celle-ci doit être développée rappelons que l'une des importantes applications concrètes de cette dernière concernera notamment la gestion future des circulations aériennes.

Les enjeux financiers renforcent cette nécessité : des arbitrages devront être effectués pour la répartition entre civils et militaires des coûts induits par ces transformations, s'agissant notamment des infrastructures à maintenir, moderniser ou abandonner.

Dans ces conditions la contribution de l'Armée de l'air à cette nouvelle politique globale de la gestion des espaces aériens, elle-même coordonnée avec la politique spatiale, devient un enjeu majeur pour les prochaines années. ♦

Le Système de combat aérien du futur (Scaf) : une politique de défense européenne qui avance

Jean-Pascal BRETON et Éva PORTIER

Respectivement général de division aérienne et ingénieur général de l'armement, chargés du projet *Scaf*.

La contestation des espaces, notamment aérien, s'accélère *via* des stratégies de déni d'accès (*A2/AD*⁽¹⁾). Repoussant nos forces au loin par une combinaison d'actions de défense ferme, d'attaques et de harcèlement à des échelles jusqu'alors inconnues, la stratégie de déni d'accès investit désormais les nouveaux champs de bataille que sont l'espace et le domaine cyber.

En s'attaquant à l'espace exo-atmosphérique, l'ennemi cherche à nous priver de nos moyens de communication à longue distance, de nos systèmes de navigation ou de synchronisation ainsi que de nos capacités stratégiques de renseignement.

Par les attaques cyber, il vise nos moyens de coordination et de commandement, voire nos systèmes d'armes fortement informatisés et toujours plus interconnectés. Cette interconnexion, si elle permet un accroissement substantiel du partage de l'information n'en induit pas moins une complexité grandissante, notamment pour établir une cartographie précise et actualisée de la menace. Cet état de fait pourrait, à terme, nous priver de notre liberté d'action militaire et, comme l'a rappelé le général Philippe LAVIGNE, Chef d'état-major de l'Armée de l'air, lors de son audition devant le Parlement le 17 octobre dernier, « la liberté d'action dans le domaine aérien est un préalable à notre protection ainsi qu'à toute liberté d'action militaire en l'air, à terre comme en mer »⁽²⁾.

L'enjeu premier de l'aviation de combat future est donc de conserver sa capacité à conquérir et maintenir la supériorité aérienne, en autonome ou en coalition, pour agir dans la 3^e dimension, depuis des bases à terre mais aussi depuis

(1) *Anti Access/Aera Denial*.

(2) COMMISSION DE LA DÉFENSE NATIONALE ET DES FORCES ARMÉES, « Audition du général Philippe Lavigne, CÉMAA, sur le projet de loi de finances pour 2019 », 17 octobre 2018, Assemblée nationale (www.assemblee-nationale.fr/15/cr-cdef/18-19/c1819013.asp).

la mer à partir du porte-avions de nouvelle génération. C'est la raison pour laquelle, la navalisation des plateformes futures doit être prise en compte dès leur conception.

Le Scaf, un système de systèmes articulé autour d'un nouvel avion de combat

Pour répondre à ces défis à l'horizon 2040, la construction du *Système de combat aérien du futur (Scaf* ou *FCAS – Future Combat Air System*, en anglais) nécessite d'abord un changement de paradigme. La notion actuelle de duel qui s'appuie sur la supériorité de matériels pris isolément (affrontement de deux avions, ou d'un avion et d'un missile) sera supplantée demain par la capacité à employer des plateformes hétérogènes, regroupées au sein d'ensembles plus vastes, intimement interconnectés entre eux et aptes à conduire une manœuvre coordonnée, tout en maintenant l'effort dans la durée. Ainsi, le concept de *Scaf* renvoie donc un système ouvert combinant différents moyens travaillant en collaboration : le type et le nombre d'éléments inclus peuvent changer dans le temps. Par exemple, un *Scaf* pourra associer des avions de combat futurs ou « *legacy* » (le *Rafale* pour la France, l'*Eurofighter* pour d'autres Nations), des plateformes non-habitées (*Remote Carriers*, drones Male ⁽³⁾, satellites), des aéronefs de ravitaillement, de relais de réseau de communication, de Commandement et de contrôle (*C2*) ou d'aérolargage (*A330 MRTT*, *A400M*...)

En France, le *Scaf* est plus précisément décrit comme un système organisé en deux cercles concentriques. Le premier d'entre eux regroupe les plateformes qui sont directement au contact des menaces ennemies : sans être exhaustif, il contient des avions de combat de nouvelle génération, avec leurs armements propres, des missiles de croisière mis en œuvre par plusieurs types de plateformes (avions, bateaux, etc.), des plateformes non-habitées dotées d'une certaine autonomie (*Remote Carriers*), des drones Male armés, des avions de patrouille maritime, etc.

Le second cercle vient soutenir le premier dans son action ou est soutenu par lui, en fonction de la mission. Beaucoup plus vaste, il regroupe des moyens aériens (avions d'alerte avancée ; ravitailleurs, avions de guerre électronique, avions de transport, hélicoptères, etc.), maritimes (porte-avions NG, frégates antiaériennes, frégates multi-missions, etc.), terrestres (systèmes de défense sol-air, appui aérien rapproché ou *TACP*, forces spéciales, etc.), spatiaux (satellites de communication, de renseignement, etc.) ainsi que les différents centres de commandement et de conduite (centres *C2*, *JFAC* ⁽⁴⁾). Ces objets, grâce à leurs interconnexions plus ou moins poussées, forment dès lors un système de systèmes qui doit rester en permanence évolutif, en fonction des besoins et du déroulement des missions.

(3) Moyenne altitude, longue endurance.

(4) *Joint Force Air Command*.

Considérant ce paysage, la mise en place du *Scaf* nécessite de développer de nouveaux systèmes d'armes résilients aux types de menaces envisagées, tout en adaptant de façon incrémentale le système de combat aérien actuel. Ainsi, le *Scaf* s'articulera « autour d'un avion de combat polyvalent, adapté aux menaces aériennes à venir et exploitant le potentiel de l'intelligence artificielle [IA] et des moyens de combat travaillant en réseau (missiles de croisière, autres armements et drones de différents types) », a indiqué Florence PARLY, ministre des Armées ⁽⁵⁾.

À l'horizon 2040, au centre du premier cercle du *SCAF*, le nouvel avion de combat, appelé *NGF (New Generation Fighter)*, sera un avion doté de fortes capacités de survivabilité et de manœuvrabilité, faisant appel à des technologies de rupture. Cet appareil embarquera des capacités d'IA afin d'assister son équipage dans la compréhension de la situation, la conduite de la mission et dans ses prises de décision. Le *NGF* sera accompagné de plateformes non-habitées, dotées d'un certain degré d'autonomie : les *Remote Carriers*. Ceux-ci serviront d'effecteurs et de capteurs déportés et apporteront de nouvelles capacités de saturation, de neutralisation des défenses ennemies ou de renseignement.

Au-delà des plateformes qui constitueront le *Scaf*, sa conception en système de systèmes reposera sur un échange de données jamais atteint à ce jour. Cela nécessitera une mise en réseau de l'ensemble des acteurs ainsi qu'une capacité de traitement numérique judicieusement répartie. L'apport de l'IA pour traiter cette masse d'informations et, en particulier, faire ressortir les signaux faibles, est indispensable. La maîtrise et la sécurisation des échanges et des traitements sont donc fondamentales et représentent un véritable enjeu de souveraineté qui ne doit pas pour autant remettre en cause la recherche d'une très haute interopérabilité.

Mais pour garantir la supériorité de nos systèmes d'armes, des ruptures technologiques doivent être développées. Il ne s'agit pas uniquement de faire évoluer les technologies actuelles ou émergentes mais d'aller chercher celles qui ne sont pas encore apparues. La captation de l'innovation est donc un principe structurant du projet *Scaf*. Des démarches en ce sens ont déjà été initiées. Elles vont être encore développées, notamment grâce à l'Agence de l'innovation de Défense (AID), en lien direct avec les grands groupes industriels.

L'apport du *Scaf* à l'aviation de combat actuelle

L'évolution majeure du *Scaf* par rapport à l'aviation de combat actuelle tient à sa conception *ab initio* en système de systèmes. La connexion de l'ensemble des acteurs apportera la supériorité informationnelle indispensable à la prise d'ascendant sur nos adversaires : il s'agira de savoir plus vite pour décider plus vite et d'offrir une utilisation optimisée des différents vecteurs disponibles pour agir

(5) Florence PARLY, « Conseil des ministres franco-allemand : l'Europe de la défense avance » (communiqué), 19 juin 2018 (www.france-allemande.fr/).

efficacement, tout en maîtrisant les dégâts collatéraux. C'est le combat collaboratif aérien connecté.

Afin d'atteindre cette ambition et assister au mieux l'homme dans la boucle de décision, il sera cependant nécessaire de gagner en maturité technologique et d'intensifier les recherches ; des travaux en ce sens ont été initiés avec le projet *Man Machine Teaming (MMT)*, contractualisé début 2018 par la Direction générale de l'armement (DGA). En s'appuyant sur une interface homme-machine optimisée et en tirant profit des technologies liées à l'IA, ce projet a pour ambition de repenser le cockpit de l'aviation du futur en un système aérien cognitif.

Il faudra, pour ce faire, répondre à la question fondamentale qui consiste à évaluer le niveau d'autonomie à accorder aux systèmes d'armes et les effets opérationnels attendus. L'enjeu est de conserver l'homme au centre des décisions d'engagements, gage du respect de l'éthique du combattant et des droits de la guerre. Au regard de ces besoins, le rôle de *MMT* est d'identifier l'ensemble des technologies susceptibles d'être intégrées à ce système aérien cognitif et d'en faire évoluer certaines. Pour cela, le projet repose sur un écosystème français de *start-up*, de PME et d'organismes de recherche dont la démarche est structurée autour de six axes : l'assistant virtuel et le *Smart Cockpit*, les interactions homme-machine, la gestion de mission, les capteurs intelligents, les services capteurs et le soutien. Les premiers résultats sont attendus dès la fin 2019.

Par ailleurs, les nouveaux vecteurs seront adaptés à la menace envisagée en 2040 grâce à une survivabilité et une efficacité accrue, reposant à la fois sur leurs structures physiques (formes, matériaux) et sur l'apport de moyens actifs (guerre électronique). Ils seront conçus nativement avec une capacité d'évolution afin de toujours garder une longueur d'avance sur les forces ennemies. La coopération homme-machine et l'exploitation massive de données grâce à l'IA permettront de prendre plus rapidement des décisions pertinentes et d'offrir de nouveaux concepts d'emploi, incluant les vols coordonnés de vecteurs non-habités.

Les enjeux pour la Défense

Avec le *Scaf*, l'enjeu pour l'Armée de l'air et la Marine nationale reste avant tout de garantir notre souveraineté, notamment en assurant la mission de dissuasion aéroportée, et de faire face aux menaces envisagées à l'horizon 2040. C'est ainsi que sera préservée la liberté d'action des décideurs politiques en cas de crise.

Le choix des nouveaux vecteurs doit donc être cohérent avec nos ambitions et nos moyens. Les équipements futurs devront être en mesure de se confronter aux environnements les plus contestés comme aux opérations de basse intensité, à un coût d'acquisition et d'utilisation acceptable. La formation, l'entraînement ainsi que le soutien de ces nouvelles plateformes sont par ailleurs intégralement pris en compte dans les études de conceptualisation.

Le *Système de combat aérien du futur (Scaf)* :
une politique de défense européenne qui avance

L'ambition du *Scaf* en fait également un projet précurseur pour l'ensemble du ministère des Armées. Il interagit, par exemple, avec le grand projet de successeur du porte-avions *Charles-de-Gaulle* lancée par la ministre des Armées en octobre 2018. Il constitue également le premier projet conduit dès sa phase d'initialisation par une équipe dédiée et intégrée rassemblant des opérationnels et des personnels de la DGA. Ils travaillent en étroite coordination avec les industriels référents du domaine de l'aviation de combat en France. Ce projet préfigure ainsi la nouvelle approche capacitaire voulue par la ministre des Armées.

Au cœur du *Scaf*, le *NGWS*, un projet en coopération européenne

Le 13 juillet 2017, le Président français et la Chancelière allemande ont décidé de lancer une réflexion commune pour renouveler en 2040 les flottes de *Rafale* et d'*Eurofighter* avec le « *Next Generation Weapon System within a Future Combat Air System* » (*NGWS*). Sous *leadership* français, le projet *NGWS* se focalise sur le *NGF*, les plateformes d'accompagnement non-habitées (regroupant les *Remote Carriers*) et la connectivité les reliant.

L'intérêt de chaque Nation, en particulier dans le domaine industriel, est pris en compte. Cela repose sur une organisation adaptée des États partenaires aussi bien pour le volet « plateformes » que pour l'ensemble des équipements (guerre électronique, moyens de détections, sécurité) essentiels aux performances du *NGWS*. Le partage des responsabilités entre industriels et États devra aussi être clairement établi, notamment pour ce qui concerne la certification, la navigabilité, la sécurité et la mesure de la performance de bout en bout. Cette organisation devra enfin permettre l'accueil de nouveaux partenaires.

Projet résolument européen, le *NGWS* vise à poursuivre le développement de la défense européenne, à renforcer sa souveraineté et à pérenniser son industrie de défense. Il est ainsi ouvert à tous pays européens qui souhaiteraient le rejoindre, ce qu'a fait récemment l'Espagne. À cet effet, une vision opérationnelle commune (*HL CORD* ⁽⁶⁾) a été partagée par les chefs d'état-major des trois pays, et confirmée par la signature d'une lettre d'intention des ministres signée le 14 février 2019 à Bruxelles.

La contractualisation avec les différents industriels sera du ressort de la DGA au nom de l'ensemble des partenaires. Pour conduire l'exécution des contrats, une structure multinationale, la *Combined Project Team (CPT)*, sera installée en France dès octobre 2019. Elle regroupera en région parisienne une trentaine de représentants des nations participantes, provenant à la fois du domaine des programmes d'armement (DGA et équivalents étrangers) et de l'environnement opérationnel.

(6) *High Level Common Operational Requirement Document*.

La mise en route par l'intermédiaire d'une étude commune de concept : *Joint Concept Study*

Comme annoncé par les ministres française et allemande début février, la coopération s'est concrétisée le 31 janvier 2019 avec la notification à Dassault et Airbus d'un premier contrat d'étude d'architectures et de concepts pour le *NGWS*. Cette étude commune, lancée le 20 février 2019, vise à décliner le besoin opérationnel et à affiner les caractéristiques des nouveaux systèmes d'armes qui seront réalisés en commun. Organisée autour de « plateaux » États-industries pour une durée de 2 ans, sa finalité est de proposer des éclairages consolidés aux plus hautes autorités politiques des pays participants afin qu'elles choisissent le concept qui sera *in fine* développé.

Ces études se fondent d'abord sur la définition de scénarios opérationnels figurant l'état des conflits et des menaces à l'horizon 2040. Ils serviront de cribles auxquels seront soumis les différents concepts. La capacité à remplir les missions assignées sera ainsi évaluée à l'aune de fonctions stratégiques identifiées comme structurantes. En parallèle, l'établissement de critères d'évaluation pondérés permettra de classer les concepts en fonction de la qualité de leur réponse aux divers scénarios. Ces critères recouvrent des domaines variés : opérationnels, programmatiques, technologiques, de soutenabilité, de coût, etc. Pour finir, les différentes plateformes et leur interconnexion provenant des études nationales antérieures seront introduites dans cette évaluation opérationnelle initiale.

En parallèle des études conceptuelles, des feuilles de routes technologiques détaillées seront construites pour jalonner le projet et prioriser les efforts à fournir d'ici 2040.

La R&T, clé de la réussite du projet

Le *NGWS* fera appel à de nombreuses technologies nouvelles ou de rupture. Avant de pouvoir décider de les intégrer sur les plateformes, l'acquisition d'une maturité suffisante est cependant nécessaire pour en déterminer les performances, les risques et les coûts.

Dans ce cadre, des travaux de Recherche & Technologie sont indispensables pour préparer des essais en laboratoire, au sol et en vol. En parallèle de ce schéma traditionnel pour la conception d'un système, des démonstrations mettant en œuvre l'ensemble des systèmes devront combiner la simulation avec les objets réels *in vivo*, potentiellement en condition opérationnelle. Ainsi, le développement de démonstrateurs *NGF* (avec un premier vol prévu en 2026) et *Remote Carriers* ainsi que des démonstrations itératives du système de systèmes sont envisagés. Ils seront complétés d'autres démonstrations pour la motorisation, les capteurs et la discrétion. L'ensemble de ces essais s'inscrira dans un environnement numérique cohérent afin

d'établir le meilleur compromis de performance globale atteignable et tirer parti en boucle courte des opportunités offertes par cet environnement.

Cependant, l'analyse de projets d'une ampleur comparable, tels que *Rafale* ou *nEUROn*, indique que c'est maintenant qu'il faut lancer les travaux de R&T pour respecter l'échéance de 2040. Aussi, les États et les industriels ont entamé des discussions nourries pour lancer au plus tôt une première phase d'études R&T commune à tous les concepts. Elle sera suivie d'autres séquences d'études qui seront orientées par les premières conclusions qui en sortiront.

*

**

Le retour ou l'émergence de nouvelles puissances militaires, l'évolution des menaces portées par un développement technologique fulgurant et les stratégies de déni d'accès mises en place vont contester nos capacités d'action si nous ne réagissons pas, menaçant la sécurité des Français et nos intérêts de puissance. Afin de rester dans la course stratégique engagée, il s'agit de réagir dès aujourd'hui, et pour cela d'investir résolument pour demain.

Ce contexte fortement évolutif aiguillonne un changement de paradigme pour l'outil de combat aérien : la supériorité opérationnelle ne tiendra plus à la simple supériorité des matériels pris isolément mais à la capacité à les employer collectivement avec plus d'efficacité que l'adversaire, c'est-à-dire avec plus de rapidité et plus de précision, tout en maintenant l'effort dans la durée.

Alors que nos principaux partenaires sont confrontés à des défis similaires, cet enjeu doit soutenir l'ambition d'une autonomie stratégique européenne plus affirmée. Au-delà des objectifs politiques, le partage des coûts du développement d'un système de combat aérien moderne et les besoins d'interopérabilité invitent à rechercher et saisir les opportunités de partenariat. Ainsi, une coopération sous *leadership* français s'est concrétisée entre la France et l'Allemagne puis s'est étendue à l'Espagne *via* le projet ambitieux du *Next Generation Weapon System within a Future Combat Air System*, articulant au sein d'un véritable système de systèmes un avion de combat de nouvelle génération et des effecteurs dronisés partiellement autonomes. ♦

Le combat collaboratif : la clé de voûte du système de combat aérien des vingt prochaines années

Olivier FIX

| Colonel, État-major de l'Armée de l'air (EMAA).

Les forces aériennes occidentales ont bénéficié d'une totale liberté d'action dans les opérations menées depuis plus de 15 ans essentiellement face à des adversaires irréguliers, dans des zones devenues instables. Elles ont donc fait peser une pression permanente sur l'adversaire, en tout lieu du théâtre et soutenu avec efficacité les forces au sol mais la résurgence des menaces de la puissance pourrait changer la physionomie des conflits futurs.

La Russie et, dans une moindre mesure, la Chine ont développé des systèmes sol-air performants, aux portées significativement accrues par rapport aux systèmes opérés au début des années 2000. Modernisant leur organisation, ces pays ont mené une intégration poussée de ces outils dans des systèmes de défense robustes, cohérents et résilients qui ont considérablement augmenté leurs capacités de défense. Ces moyens, associés à des aviations de combat largement modernisées, contribuent à la mise en œuvre de stratégies de déni d'accès (*A2AD - Anti Access/Area Denial*) visant à priver les forces aériennes occidentales de la liberté d'action, qu'il serait hasardeux de considérer comme acquise. Ces deux pays exportent progressivement ces matériels à un nombre croissant de puissances régionales ou les soutiennent directement par des déploiements comme en Syrie.

Ainsi, que ce soit dans le cadre de confrontations militaires, même limitées, contre ces puissances, ou dans le cadre de conflits régionaux en présence de tels systèmes, la liberté de pouvoir mener des opérations pourrait être dorénavant contestée. Dans ce contexte, l'efficacité militaire dépendra d'une coordination optimale des effets, afin de reconquérir puis conserver une liberté d'action suffisante pour atteindre les objectifs fixés par le niveau politique. Le combat collaboratif, renforçant les capacités intrinsèques des systèmes prises individuellement, sera alors indispensable pour emporter la décision. La connectivité qui le sous-tend est donc un pilier fondamental pour les capacités à venir, qui exige d'être pensé,

développé de manière incrémentale puis testé durant la prochaine décennie pour permettre de maintenir la supériorité à l'horizon 2030-2040.

Vers des espaces de combat plus contestés

Pour assurer la liberté d'action dans les airs, sur le sol ou sur la mer, la supériorité aérienne reste indispensable : elle constitue un prérequis à toute opération militaire d'envergure depuis le renseignement, au déploiement, lors de l'engagement de l'adversaire et jusqu'à la stabilisation. Les forces aériennes ont donc un rôle clé dans la conduite des opérations interarmées en environnement contesté.

Sans attendre 2030, la performance des défenses va largement s'accroître grâce à la combinaison de matériels aux performances complémentaires dans des architectures multicouches : des systèmes à courte voire très courte portée, faiblement létaux mais extrêmement résilients par leur mobilité, protégeant des lanceurs stratégiques performants mais plus statiques, rendant leur détection plus aisée. Cette génération de défenses permet déjà à ces puissances majeures de protéger leurs centres de gravité, mais aussi d'étendre les capacités d'interception à l'extérieur de leurs frontières du fait de leur très longue portée, permettant la sanctuarisation agressive de territoires proches dans le cadre de stratégies de l'ambiguïté, comme en Ukraine en 2014.

À l'avenir, en cas de crise, même dans un conflit régional limité, un adversaire doté de tels systèmes sera potentiellement en mesure de protéger ses arrières, ses premières lignes et de projeter un volume aérien fortement contesté en avant de ses positions. La défense aérienne alliée devra opérer sans profondeur de champ concédant ainsi aux moyens aériens adverses une certaine liberté d'action, même ponctuelle, pour contraindre notre propre dispositif aérien et terrestre. L'adversaire dégradera ainsi notre aptitude à collecter du renseignement et limitera notre capacité à agir contre ses bases arrière, ses lignes de ravitaillement et ses formations de première ligne. Les combats aériens et terrestres n'en seront que plus durs.

Malgré ce renforcement des défenses, l'aviation de chasse, appuyée par les autres composantes, continuera à occuper une place centrale dans la bataille pour la liberté d'action du fait de son allonge, de sa capacité à concentrer rapidement les effets et grâce à sa survivabilité. C'est à ce titre qu'une des missions principales du *Scaf*, *Système de combat aérien futur*, qui entrera en service à l'horizon 2040, sera d'assurer la supériorité aérienne.

L'enjeu du combat collaboratif

Face à ces évolutions, les modes d'actions développés jusqu'à présent pour la chasse ne suffisent plus pour obtenir l'avantage dans un environnement hautement contesté. Il faut une adaptation permanente du dispositif et des missions, pouvoir

pénétrer et opérer à l'intérieur de l'enveloppe des menaces, pour être en mesure de contraindre l'adversaire, réacquies puis conserver la supériorité aérienne locale pour renverser le rapport de force et être à nouveau en mesure d'agir sur ses arrières et centres de gravité. Dans ce cadre, la logique ne peut demeurer celle du simple duel entre plateformes et doit s'appuyer sur le combat collaboratif, les plateformes coopérant entre elles par l'intermédiaire d'une connectivité renforcée leur permettant, ensemble, de parvenir à un système global dont la performance dépasse la simple somme de leurs performances prises séparément.

Cette nouvelle approche nécessite des investissements importants au profit du développement de la connectivité des plateformes aériennes entre elles, mais aussi avec les systèmes évoluant au sol comme en mer. Au centre du combat aérien collaboratif, demain, le *Rafale* au standard *F4*, à l'horizon 2040, le *Scaf*. Mais quelles sont les évolutions nécessaires pour atteindre cet objectif ? Quelles capacités sont à développer ?

Une connectivité augmentée au centre de ces évolutions

Pour pouvoir évoluer dans les environnements contestés et renverser le rapport de force, il est nécessaire d'assurer la survivabilité des moyens engagés et de surpasser l'adversaire par une manœuvre plus agile. Pour ce faire, il est primordial de relier entre eux tous les acteurs en vue de démultiplier leur niveau final de performance. Le développement d'une connectivité renforcée au sein du Système global de combat aérien (SGCA) passe évidemment par l'amélioration des moyens de communication, mais aussi la maîtrise du traitement d'un volume croissant de données pour accélérer la décision, nécessitant le développement d'outils dédiés fondés sur l'intelligence artificielle.

En effet, par le passé, le SGCA se connectait avec les systèmes des autres milieux et les Alliés grâce à des méthodes lentes et limitées, laissant une large part à l'intervention humaine. Si les développements successifs ont permis l'amélioration de la radiocommunication puis l'avènement des liaisons de données tactiques, permettant un échange plus large de données formatées sans passer par la voix, le système de combat aérien repose encore sur un ensemble de systèmes d'armes et de communication hétérogènes, conçus souvent de manière indépendante, puis agrégés par adaptations successives. Cela entraîne une limitation importante de sa capacité à évoluer et freine considérablement l'intégration des nouveaux outils numériques. Aujourd'hui, le partage de données reste restreint en volume, entre un nombre d'acteurs réduit, avec des débits souvent faibles. Ils offrent donc *in fine* des capacités de coordination, de partage de l'information et d'adaptation qui demeurent limitées, loin des flux de données massifs nécessaires pour tirer pleinement parti des évolutions rapides apportées par le monde digital.

La connectivité actuelle ne permet donc pas de développer une collaboration plus étroite entre les systèmes d'arme, entre les capteurs et avec les munitions pour améliorer l'agilité et les performances globales du SGCA, ni obtenir la supériorité informationnelle sur l'adversaire. Elle doit changer de dimension pour permettre de combattre plus efficacement dans ces zones contestées, soumises à une menace permanente.

L'aptitude à détecter et engager les menaces aériennes ou les cibles de surface avant d'être soi-même détecté et engagé, reposera notamment sur la capacité de traitement et de croisement rapide d'informations variées en qualité et en quantité. Les nouvelles technologies de l'information et de la communication développées dans le monde civil apportent des réponses au défi croissant du traitement en boucle courte de grandes quantités de données dispersées entre de nombreux systèmes. Quatre technologies numériques seront au cœur du combat connecté collaboratif aérien de demain : les moyens de transmission numériques moyenne et longue distance constitués en réseau, la cybersécurité, l'analyse de données de masse (*Big Data Analytics*) et l'Intelligence artificielle (IA). L'exploitation du *Big Data*, sous réserve de les adapter aux spécificités de l'arme aérienne, laisse entrevoir des opportunités d'évolutions importantes du rapport de force en faveur de celui qui, le premier, saura les valoriser à son profit.

L'avènement d'un SGCA conçu en réseau sera un facteur fondateur de supériorité pour la réalisation des missions aériennes car il décuplera les capacités de combat collaboratif entre les différents composants, en croisant les capacités de chaque capteur ou armement, indépendamment de la plateforme qui les porte. C'est l'objectif porté par l'Armée de l'air dans son initiative « Connect@Aéro », qui vise à assurer la cohérence capacitaire au profit du développement de la connectivité dans l'ensemble du système, afin de renforcer l'efficacité des forces aériennes.

Le Rafale F4 : première étape vers le combat collaboratif connecté

Dans cette démarche, le futur standard *F4* du *Rafale* vise un périmètre ambitieux à la hauteur de l'évolution des menaces à l'horizon 2025. « C'est un saut technologique, un saut industriel et un saut stratégique » a déclaré la ministre des Armées Florence Parly à propos de ce nouveau standard ⁽¹⁾. Premier incrément vers le *Système de combat aérien du futur (Scaf)* qui sera mis en œuvre à l'horizon 2040, il pose les premières briques technologiques de connectivité indispensables pour renforcer le combat collaboratif à cet horizon.

Le standard *F4* introduira de réelles capacités de combat collaboratif en partageant les informations obtenues par les capteurs actifs et passifs. Le travail collaboratif des radars permettra d'accroître leur capacité de détection envers des

(1) PARLY Florence, Discours prononcé sur le site de Dassault Aviation de Bordeaux-Mérignac lors du lancement du standard *F4*, 14 janvier 2018 (www.defense.gouv.fr/).

cibles furtives ou évoluant à très basse altitude et profitant des masques des reliefs. Elle permettra également d'envisager un partage des effecteurs pour accroître la survivabilité des moyens. Un missile air-air pourra ainsi être tiré par un *Rafale* et guidé vers sa cible par un autre. D'autres capteurs, passifs, pourront également partager leurs données au sein d'une patrouille pour enrichir plus rapidement une situation tactique partagée instantanément par tous les équipages. Ces transmissions se feront *via* radio logicielle.

Une des spécificités de l'arme aérienne est la très forte élongation entre différents moyens participant à une même mission. Le *Rafale* pourra donc échanger des informations en permanence *via* des outils de communication par satellite (*SATCOM*) avec les ravitailleurs *MRTT* restés en zone sûre, un système *Cuge*⁽²⁾ pour bénéficier d'une mise à jour de la situation, un drone ou un centre de commandement pour recevoir une désignation d'objectif. Aujourd'hui une part non négligeable des missions se réalise sans contact faute de moyens d'échange adaptés aux grandes distances, pénalisant ainsi la réactivité du SGCA.

Pour tirer profit de la masse de données venant de ces capteurs, les données les plus pertinentes seront regroupées au sein d'un *Cloud* de combat partagé par toutes les plateformes donnant ainsi l'avantage informationnel sur l'adversaire. Le serveur de communication multiniveaux, prévu d'être intégré dans ce standard, orientera les flux, distribuera l'information au juste besoin et garantira la sécurité des communications. Pour le standard *F5*, déjà en cours de définition, les échanges de données seront encore plus discrets.

L'intégration de l'IA dans les prochains standards du *Rafale* constitue un autre progrès essentiel du combat collaboratif. Elle permettra d'automatiser certaines tâches chronophages de traitement des informations et de gestion des réseaux, aujourd'hui effectuées par l'homme. L'IA dans les capteurs assurera l'interprétation des images rendant possible la fusion et l'exploitation en temps réel de toutes les données disponibles. La puissance des algorithmes simplifiera ainsi le processus décisionnel des équipages grâce aux options analysées et proposées par un assistant virtuel, permettant *in fine* d'augmenter l'agilité et la réactivité du SGCA.

Enfin, pour lutter contre la menace cyber croissante, le *Rafale* disposera d'une architecture numérique interne spécifique et inviolable.

Pour toutes ces raisons, le déploiement du standard *F4* doit être ambitieux et permettre une mise à niveau la plus large possible de l'aviation de chasse, afin de permettre à la France de rester un acteur de premier rang et permettre de faire face aux évolutions de la menace jusqu'à l'entrée en service du prochain standard *post-2030*.

(2) Avion de renseignement électromagnétique, *Charge utile de guerre électronique*, futur système qui remplacera les *Transall C-160 Gabriel*.

Une nécessaire évolution des armements

Un autre volet du combat collaboratif, nécessaire à la reconquête des zones contestées, est lié à la capacité de saturer le système adverse par la masse, grâce à des armements dits intelligents coopérant entre eux. Leur connectivité leur permettra d'évoluer en meute de manière autonome et synchronisée face à la menace, d'adapter simultanément leurs trajectoires, de jouer sur la dilution dans l'espace et la concentration rapide sur l'objectif pour surprendre et saturer le dispositif de défense adverse et atteindre les cibles assignées selon les priorités fixées.

Dans le même temps, leur emploi se caractérisera aussi par un plus grand recours à l'autonomie : des modes de détection et reconnaissance automatique de cibles permettront de faire remonter aux équipages les éventuelles cibles à engager, l'assistant virtuel proposant aux équipages le meilleur choix d'engagement en fonction de critères paramétrables, tout en maintenant dans leur main la décision finale de l'engagement. Au final, le pilote restera toujours dans la boucle pour engager une cible.

Connectivité et autonomie sont donc deux axes majeurs de progrès pour faire évoluer les armements air-sol et assurer une plus forte capacité de pénétration. Dans un environnement très contesté, l'effet de saturation pourra nécessiter l'emploi d'un nombre important de munitions, sachant qu'une partie d'entre elles pourra être interceptée. Connectivité et autonomie devront donc être développées au juste besoin pour maintenir les coûts à un niveau cohérent du concept d'emploi et permettre aux armées de générer des stocks suffisants. C'est tout l'enjeu des futurs développements autour de l'*Armement air-sol du futur (AASF)*. Ce programme doit mettre en œuvre cette nouvelle approche de travail en meute pour dépasser les performances atteintes aujourd'hui et doter aussi les forces d'une première capacité *SEAD-DEAD* ⁽³⁾ indispensable pour agir en milieu très contesté. Profitant de développements technologiques permettant de lutter contre les outils *NAVWAR* ⁽⁴⁾ de l'adversaire, l'*AASF* devra assurer la cohérence de l'action entre la frappe à très longue distance portée par la future génération de missiles de croisière (programme *FMAN-FMC* ⁽⁵⁾) et l'engagement à quelques dizaines de kilomètres existant aujourd'hui. Ces évolutions nécessitent des travaux sur les liaisons avion-munitions et munitions-munitions, sur l'augmentation des portées pratiques, la variabilité des effets militaires offerts et l'intelligence à bord pour obtenir les effets de saturation souhaités.

Enfin, les développements de la connectivité permettront d'assigner des tâches particulières à certaines munitions ou sous-systèmes au profit du SGCA : leurres, effecteurs déportés consommables ou *Remote Carrier* menant par exemple

(3) *Suppression of Enemy Air Defence/Destruction of Enemy Air Defenses.*

(4) Guerre dite du PNT pour Positionnement, Navigation, Temps.

(5) *Futur missile antinavire-Futur missile de croisière.*

des actions de reconnaissance ou de brouillage offensif qui doivent permettre de renforcer l'agilité du système et les capacités de pénétration des vecteurs comme des munitions en charge de l'engagement terminal.

*
**

L'ensemble des briques technologiques nécessaires au renforcement du combat collaboratif doivent donc être développées au cours de la prochaine décennie sur *Rafale*, afin d'éprouver leur utilisation opérationnelle et préparer les incréments ultérieurs et leur intégration au sein du *Scaf*. Le *Rafale F4* constitue en cela la première étape d'une révolution qui permettra de configurer le système de combat aérien de demain. Mais le succès ne sera au rendez-vous que si la connectivité permet en effet de relier tous les acteurs. C'est tout le sens de l'initiative Connect@Aéro portée par l'Armée de l'air.

Au-delà du nécessaire développement du combat collaboratif, l'acquisition de la supériorité aérienne dans les confrontations futures sera un enjeu stratégique par l'ascendant qu'elle apporte. À ce titre, les escarmouches aériennes observées en Syrie sont annonciatrices d'engagements violents. Aussi, la notion d'attrition pourrait redevenir prégnante, alors qu'elle était quelque peu oubliée depuis quatre décennies. Cette notion nécessite une réflexion sur le dimensionnement des flottes de combat dans un contexte stratégique de plus en plus instable. ♦

L'intelligence artificielle au service des aviateurs ou comment l'intelligence humaine est l'avenir de l'IA

David PAPPALARDO

Lieutenant-colonel, bureau Plans, de l'État-major de l'Armée de l'air (EMAA).

Aux côtés de l'analyse massive des données (*Big Data Analytics*), de la connectivité et de la cybersécurité, l'Intelligence artificielle (IA) est l'une des quatre technologies numériques au cœur de la transformation digitale de l'Armée de l'air vers le *Système de combat aérien du futur (Scaf)* : en combinant la « puissance de calcul et de stockage des ordinateurs et la capacité d'adaptation de l'intelligence humaine »⁽¹⁾, cette transformation vise l'émergence d'un véritable système cognitif aérien.

L'IA dite connexionniste et l'apprentissage statistique⁽²⁾ ont significativement progressé grâce à la forte augmentation des capacités de calcul. Elles excellent désormais dans leur capacité de traitement de grandes quantités d'informations sur un temps très court, compensant les limitations cognitives de l'homme (mémoire, attention, calcul, anticipation) dans un contexte d'infobésité et de nécessaire accélération des processus décisionnels. Pour autant, ces technologies numériques demeurent limitées à la réalisation de tâches ciblées et spécifiques : la notion d'IA générale surpassant son créateur relève du mythe, tout comme le grand récit de la *Singularité* technologique de laquelle elle découle⁽³⁾.

Pour cette raison, le système cognitif aérien visé ne rompt aucunement avec l'humanisme ni ne cède à l'impasse sémantique de l'anthropomorphisme : l'IA n'accédant pas à la capacité de transversalité de l'intelligence humaine, la question de savoir si les machines peuvent penser est ainsi à peu près aussi pertinente que

(1) FERRARI Vincent, *Prise de décision et numérisation de l'espace de bataille : l'exemple du C2*, Centre de recherche de l'Armée de l'air, mai 2017.

(2) *Machine learning* en anglais. Les progrès les plus notables concernent l'apprentissage supervisé d'un réseau de neurones nourri par de grandes quantités de données.

(3) GANASCIA Jean-Gabriel, *Le mythe de la singularité : faut-il craindre l'intelligence artificielle ?*, Éditions du Seuil, 2017, 144 pages.

celle de savoir si les avions savent voler ⁽⁴⁾. Au contraire, l'IA doit permettre à l'aviateur de se concentrer sur les tâches « nobles » du combat tactique et opératif, faisant apparaître un paradoxe contre-intuitif : plus on avancera dans le domaine de l'IA, plus l'homme sera capable d'exprimer son plein potentiel, déchargé des tâches d'analyse les plus simples. Capable de comprendre le contexte et les enjeux supérieurs, l'aviateur apportera toujours le bon sens, l'intuition et la capacité d'adaptation face à l'inconnu. L'Homme est bien l'avenir de l'IA au sein du système cognitif aérien du futur.

C'est ainsi que l'Armée de l'air avance avec détermination sur le chemin du développement de l'IA, où les champs d'applications demeurent nombreux, de la maintenance prédictive à la gestion des systèmes multi-agents dans le cadre du projet *Man Machine Teaming*.

IA et performance du maintien en condition opérationnelle (MCO)

À court terme, l'apport de l'IA, associé au *Big Data Analytics*, offre tout d'abord des opportunités déterminantes d'ordre économique, industriel et pratique pour augmenter la disponibilité des flottes et *in fine* la performance globale du Maintien en condition opérationnelle (MCO). Trois axes d'efforts sont ainsi identifiés au sein de l'Armée de l'air : la maintenance prédictive, la logistique 4.0 (son corollaire) et la robotisation dans les opérations de maintenance.

Les technologies numériques doivent permettre d'optimiser la planification des tâches de maintenance au regard des besoins opérationnels en substituant à l'approche classique et corrective une approche différenciée et prédictive. Il s'agit de « rendre le hasard prévisible » ⁽⁵⁾ en agrégeant et corrélant les données des différents acteurs : celles issues des unités et services de maintenance de l'Armée de l'air, celles provenant des industriels en général (intégrateurs, constructeurs, sous-traitants, etc.), enfin les données directement produites par les jumeaux numériques des aéronefs connectés (*Digital Twin*). Ces doubles virtuels, relevant de l'*Internet* des objets (*IoT*), doivent permettre en temps réel l'analyse des données grâce aux techniques d'apprentissage de l'IA et les présenter sur un tableau de bord ergonomique grâce à la réalité augmentée en trois dimensions. De tels projets sont à l'étude pour les appareils nativement connectés, à l'horizon 2030. La valorisation de toutes ces données n'a d'autre ambition que d'améliorer la gestion des flottes et anticiper les opérations d'entretien tout comme le prépositionnement des pièces de rechange.

L'optimisation du soutien logistique est en effet un corollaire naturel à la maintenance prédictive : l'IA et le *Big data* doivent concourir à court terme à l'optimisation des flux logistiques en mettant en place en temps réel une meilleure

(4) Paraphrase du mathématicien Edsger W. Dijkstra, dont la comparaison portait sur « les sous-marins sachant nager ».

(5) CHOAIN Christophe, « La course au numérique est en marche », *Epidosis* n° 48 du Cesa, juillet 2015.

capacité d'anticipation des demandes, de suivi des stocks, de l'état des matériels et de pilotage des flux de ravitaillement.

Enfin, la robotique et la fabrication additive modifient progressivement la maintenance en ligne des aéronefs. Des drones automatisés sont par exemple à l'étude pour l'inspection des zones difficilement accessibles sur les différents aéronefs (en hauteur ou à l'intérieur même des structures). Par ailleurs, les imprimantes 3D permettront, à terme, de fabriquer certaines pièces en métropole comme sur les théâtres d'opérations où les flux logistiques sont souvent contraints.

Gestion de la masse des données opérationnelles et de renseignement

Au-delà du champ du MCO, la stratégie d'adoption de l'IA passe prioritairement par la maîtrise des données. Du renseignement jusqu'à la planification et la conduite des opérations aériennes, l'insertion de l'IA doit permettre de répondre à la problématique du « déluge informationnel ». En particulier, l'explosion du nombre d'informations disponibles (infobésité), la multitude des acteurs impliqués et l'augmentation de leurs performances posent de nombreux défis au commandement. Face à cette problématique, la vraie question est bien celle de la donnée avant d'être celle de l'algorithme : les technologies numériques sont devenues essentielles pour analyser des données en très grande quantité, consolider l'information élaborée, et distribuer la connaissance pour décider et agir avec clairvoyance.

IA et capteurs

La première étape consiste à intégrer l'IA dans les capteurs des différents systèmes d'armes selon une approche « *data* et services ». Les efforts actuels portent sur les outils d'aide au traitement et à l'exploitation de l'information pour mieux discriminer et identifier des cibles potentielles (algorithmes d'*Automatic Target Detection/Recognition*). Par exemple, le standard *F4* du *Rafale* intégrera ce type d'algorithme dans le *pod* de ciblage *TALIOS* ⁽⁶⁾ pour l'optronique, dans le radar *RBE2* ⁽⁷⁾ pour l'imagerie radar et, à terme, dans *Spectra* ⁽⁸⁾ pour la guerre électronique. De la même manière, des travaux sont en cours pour améliorer l'interprétation des scènes et la détection d'anomalies issues de la surveillance champ large sur un drone Moyenne altitude-longue endurance ou *Male* (système *WAMI* pour *Wide-Area Motion Imagery System*).

La hiérarchisation des données transmises est également primordiale dans un environnement opérationnel contraint par la technique (la bande passante octroyée est une donnée finie ; les débits de données resteront limités et jamais équivalents à ceux de la fibre optique) mais aussi par la menace (contestation du

(6) *Targeting Long-range Identification Optronic System*.

(7) *Radar à balayage électronique 2 plans*.

(8) *Système de protection et d'évitement des conduites de tir du Rafale*.

spectre électromagnétique). Pré-identifiées par l'IA de bord, les informations prioritaires pourront alors être transmises le plus rapidement possible, alors que celles d'importance ou de criticité moindre pourront être stockées, référencées et archivées pour une exploitation à temps.

La problématique de l'infobésité dans le renseignement

La seconde étape appréhende la problématique de l'infobésité dans le domaine du renseignement, où les questions de criticité, d'intégrité, de validité et de sensibilité de l'information sont exacerbées. L'enjeu consiste donc à exploiter plus efficacement, et de manière souveraine, une masse de données en forte croissance avec une ressource humaine et technique toujours comptée. Il s'agit désormais d'utiliser l'IA et le *Big Data Analytics* pour automatiser les traitements les plus courants et optimiser le croisement d'informations multidomaines et multisources. L'objectif final étant bien de recentrer le traitant humain sur les fonctions d'expertise à haute valeur ajoutée, telles que la décision, l'analyse de haut niveau, la création ou la conceptualisation.

La digitalisation des structures de commandement et de conduite des opérations (C2)

Enfin, la capacité à mettre en œuvre l'IA efficacement est un enjeu clé pour gérer un flux croissant de données dans les structures de commandement et de conduite des opérations aériennes. La gestion de l'espace de combat va ainsi nécessiter une coordination et un partage de l'information en temps réel de plus en plus efficace (notion de *Common Relevant Operational Picture* ou *CROP*). Pour mener à bien des opérations sur des théâtres éloignés et à forte élongation, les forces auront besoin de moyens numériques compatibles de transmissions en temps réel de la connaissance, afin de permettre à l'ensemble de la chaîne de commandement de fonctionner au tempo exigé.

L'Armée de l'air avance ainsi vers la digitalisation de ses structures de commandement soutenue par les technologies liées à l'IA (concept « d'*e-JFAC* »⁽⁹⁾). Les progrès des technologies numériques doivent permettre au *C2 Air* :

- **D'autonomiser des tâches courantes** de gestion et de coordination de l'espace aérien.
- **De disposer de bases de données dynamiques, résilientes et connectées.** La résilience tiendra à la fois de la répartition des données (entre les aéronefs, bases aériennes et centres de commandement), de leurs transmissions et des applicatifs fonctionnels avec ou sans connectivité.

(9) *JFAC* : *Joint Force Air Command* ou Commandement de la composante air de la force interarmées.

- **De donner du sens à ces données** grâce à l'optimisation des interfaces homme-machine, pour *in fine*, recentrer l'humain sur l'information utile. Cela lui permettra de rester toujours « dans la boucle » décisionnelle (*in the loop*), ou en supervision proche (*on the loop*), de manière adaptative en fonction du contexte et du tempo opérationnel.

- **D'aider à la conception de manœuvres** en proposant des modes d'actions pertinents. L'IA pourra ainsi venir enrichir les techniques traditionnelles de *serious game* en augmentant le champ des possibles, anticipant le comportement probable de l'adversaire et en augmentant les chances de le placer devant un dilemme.

- **D'aider à la conduite d'une manœuvre**, en suivant les écarts à la planification et en proposant des adaptations réactives face aux contingences.

Dès lors, l'implication de l'IA dans le C2 Air pourrait se traduire par le raccourcissement de la boucle OODA (Observation, orientation, décision, action), notamment dans des opérations aériennes se déroulant à grande distance des centres de décision.

Combat collaboratif aérien connecté et assistant cognitif virtuel ⁽¹⁰⁾

Face aux stratégies croissantes de déni d'accès (*A2AD - Anti Access/Area Denial*), le combat mené dans et depuis le milieu aérospatial va s'inscrire dans une perspective multidomaine grandissante au sein de laquelle sa dimension collaborative sera un des gages de la liberté d'action militaire.

La mise en réseau des différents systèmes d'armes aériens, centrés autour du *Rafale* puis du *Next Generation Aircraft (NGF)*, rendra possible de nouveaux modes de combat collaboratifs qui vont démultiplier les forces intrinsèques des plateformes. Pour autant, le combat collaboratif aérien connecté va également nécessiter le pilotage de systèmes de plus en plus complexes. L'IA doit ainsi permettre l'émergence d'un véritable assistant cognitif virtuel de l'équipage dont l'objectif est double : l'aide à la décision et le pilotage de systèmes complexes.

Aide à la décision

Étudié dans le cadre du plan d'étude amont *Man Machine Teaming (MMT)* codirigé par Dassault et Thales, cet assistant cognitif virtuel a pour ambition d'être à la fois proactif (en suggérant des changements d'états opérationnels des objets) et réactif (en choisissant constamment la meilleure fonction ou la meilleure ressource pour obtenir le changement d'état désiré). Il devra interagir et collaborer de manière intuitive et naturelle avec l'équipage afin de l'aider dans les missions (adaptation

(10) FAURY Étienne et PAPPALARDO David, « L'intelligence artificielle dans l'Armée de l'air », hors-série *Défense & Sécurité Internationale (DSI)* n° 65 (*Intelligence artificielle – Vers une révolution militaire ?*), avril 2019.

des visualisations et alertes aux situations tactiques et à la charge cognitive des pilotes ; aide à la reconfiguration des systèmes suite aux pannes et défaillances ; prédiction plus fidèle des chances de succès d'un tir, adaptation de la navigation en fonction de l'évolution tactique, etc.).

Gestion de systèmes complexes et autonomie ⁽¹¹⁾

Le combat collaboratif aérien connecté ira de pair avec un partenariat renforcé entre opérateurs humains, embarqués ou non, et des fonctions autonomes au sein d'un système de systèmes. Ce partenariat doit améliorer l'efficacité de la mission au-delà de ce que le seul vecteur habité traditionnel aurait pu obtenir seul. Pour ce faire, l'assistant cognitif virtuel devra être en mesure de répondre aux sollicitations, d'anticiper les besoins et d'agir de façon autonome et coordonnée avec le dispositif.

Par exemple, le combat en meute (plateformes habitées, drones de combat et *remote carriers*) produira des effets de saturation facilitant la neutralisation des défenses sol-air d'un réseau *A2/AD*. L'autonomie collaborative permettra dans ce cadre d'assurer la cohérence globale des trajectoires (anti-abordage, performance des effets de saturation), en particulier pour les éléments furtifs et dans un contexte *Navwar* ⁽¹²⁾. Elle augmentera en outre la survivabilité de l'ensemble par l'assignation de tâches particulières à certains éléments consommables au profit de la meute. Cette approche est celle d'un combat d'usure par opposition au classique du duel, qui nécessite bien souvent des technologies plus onéreuses et dont il est difficile de garantir la supériorité dans le temps long.

In fine, la collaboration au sein d'un système de systèmes, par l'émergence d'assistants virtuels cognitifs, offrira au stratège aérien l'ubiquité par procuration ⁽¹³⁾ en recréant de la masse, essentielle pour ouvrir des fenêtres de supériorité aérienne, à la fois spatiales et temporelles, face aux défenses ennemies.

Protection : unique solution pour contrer une IA adverse

L'arrivée de l'intelligence artificielle n'est pas uniquement une source d'opportunités. Elle est également annonciatrice de menaces nouvelles. Plus personne ne peut prétendre battre une IA aux jeux d'échecs ou de Go. Si la stratégie est bien, comme la définissait Hervé COUTAU-BÉGARIE, « la dialectique des intelligences, dans un milieu conflictuel » ⁽¹⁴⁾, les armées doivent être en mesure d'opposer à

(11) PAPPALARDO David, « Combat collaboratif aérien connecté, autonomie et hybridation Homme-Machine : vers un "Guerrier Centaure" ailé ? », *DSI* n° 139, janvier-février 2019, p. 70-75.

(12) Guerre dite du PNT pour Positionnement, Navigation, Temps.

(13) MALIS Christian, « Horizon 2030 : réflexions prospectives sur le combat terrestre », *Revue Défense Nationale* n° 778 mars 2015, p. 105-112.

(14) COUTAU-BÉGARIE Hervé, *Traité de stratégie* (7^e édition), Economica, 2017, 1 200 pages.

l'adversaire une intelligence capable d'opérer à une vitesse supérieure, sur un plus large éventail ⁽¹⁵⁾. Face à l'essor de cette nouvelle conflictualité, l'Armée de l'air doit notamment être en mesure de se défendre contre des attaques massives, synchronisées, soudaines et autonomes, que cela soit dans le cyberspace pour l'analyse des signaux faibles, ou face à une attaque saturante de mini-drones (concept d'essaims) ou de missiles de croisières. En particulier, la menace d'un essaim de mini-drones hostiles contre une base aérienne ou un site sensible constitue un véritable défi pour les capacités de défense sol-air nationales : la miniaturisation de ces technologies et leur démocratisation rendent les menaces drones de type LSS (« *Low Slow Small* ») de plus en plus crédibles et dangereuses.

À l'autre bout de l'éventail, l'émergence d'une menace hypervélocité impose par nature de disposer de systèmes de défense de plus en plus automatisés et réactifs compte tenu de la faiblesse des délais de réaction offerts.

Éducation, formation, entraînement

Enfin, l'IA doit jouer un rôle clé pour transformer et améliorer la formation des aviateurs dans toutes les fonctions opérationnelles. À l'échelle individuelle, les IA pourront ainsi stimuler l'apprentissage actif et interactif par la personnalisation des syllabus (notion de *coach* virtuel). En matière de préparation opérationnelle virtuelle, l'IA facilitera la génération d'opposants virtuels représentatifs de la menace dans les différents outils de simulation.

À l'échelle de l'Armée de l'air tout entière, le croisement par l'IA des données issues de la doctrine, de l'entraînement et du retour d'expériences des opérations doit permettre une meilleure évaluation de la performance, et l'identification en boucle courte des voies d'amélioration. L'IA et le traitement massif et coordonné des données doivent ainsi aider le Centre d'expertise aérienne militaire (CEAM, basé à Mont-de-Marsan) à devenir un véritable *Battle lab*, capable de faire évoluer les tactiques, les techniques, les procédures et les doctrines, tout en étant en mesure de conseiller le chef de l'opération et les états-majors.

L'aviateur ne subira pas l'algorithme

En conclusion, comme l'explique la docteure en philosophie Marie-des-Neiges RUFFO DE CALABRE, « voir dans le robot un miroir de ce que nous devrions être est une erreur. La manière dont nous [les programmerons] ou les informations que nous [livrerons] pour son apprentissage révélera nos préjugés, nos biais cognitifs, tout ce qui devrait changer dans nos sociétés. Les robots ne créeront pas un monde parfait pour nous » ⁽¹⁶⁾. L'IA et les robots ne créeront pas non plus un monde parfait

(15) PAPPALARDO David, *DSI, op. cit.*

(16) RUFFO DE CALABRE Marie-des-Neiges, *Itinéraire d'un Robot tueur*, Éditions Le Pommier, 2018, p. 180.

pour l'Armée de l'air. Leurs apports sont innombrables et prometteurs mais ils n'annoncent pas la disparition de l'aviateur au sein du *Scaf*. L'Armée de l'air développe à cette aune une stratégie volontariste sans fausse pudeur, ni fol espoir, mais toujours avec responsabilité. Ses principaux déterminants sont :

- **La prise en compte fondamentale de la question de la donnée** dont l'IA se nourrit : il est primordial de stocker, archiver, structurer et valoriser les données en déployant des infrastructures adaptées et en rationalisant nos processus.

- **L'accélération de la mise en œuvre et de l'adoption de l'IA** (non seulement en matière de technologies, mais aussi d'organisation et de ressources humaines) afin de ne pas se laisser distancer. Pour que l'Armée de l'air et les opérations aériennes puissent entrer pleinement dans l'âge de l'IA, les architectures des futurs systèmes devront être pensées pour permettre des évolutions digitales continues tout au long de leur longue vie (30 ans pour un *Rafale*). Il faudra donc pouvoir améliorer facilement les logiciels, les capacités embarquées de stockage de données et de calcul, sans avoir à requalifier tout l'aéronef. Cela nécessitera une séparation entre le système de vol et le système de combat, et un découplage entre *hardware* (matériel), *software* (logiciel) et données. C'est en soi une révolution.

- **Le durcissement face à une menace cyber croissante**, d'où la nécessité de conserver des modes d'actions non connectés et l'aptitude à utiliser des modes dégradés pour maintenir un certain niveau de résilience.

- **Des régulations strictes en matière d'éthique**. En aucun cas, la machine ne sera morale ou éthique. Toutefois, comme le met en exergue le chercheur Louis COLIN, « l'éthique demeure un instrument pertinent de maîtrise des risques et de bonne gouvernance de la robotique de coercition »⁽¹⁷⁾. Les arbitrages éthiques doivent se faire en vertu des préceptes développés par l'éthique utilitariste (une action est bonne lorsqu'elle a les meilleures conséquences possibles pour les individus/entreprises affectés) et l'éthique de responsabilité (je répons des conséquences de mes actes).

*
**

Face à ces défis, la rationalité du système de combat aérien doit finalement être modelée par trois exigences. L'association homme-machine tirera parti de la précision et de la vitesse de l'automatisation tout en décuplant l'agilité et la créativité de l'intelligence humaine. L'IA n'abolira pas la responsabilité humaine et ne sortira pas l'homme du processus décisionnel dans l'engagement de la force létale. La réflexion de l'ingénieur en amont ne remplacera pas celle de l'aviateur dans le processus décisionnel : l'homme ne doit jamais subir l'algorithme mais l'utiliser pour accroître sa propre performance. ♦

(17) COLIN Louis, *Éthique des systèmes d'armes autonomes* (mémoire), Université de Cergy-Pontoise, 2018.

L'aviation militaire pilotée à distance : la permanence au service de l'action

Jérôme MARY

| Lieutenant-colonel bureau Plans, État-major de l'Armée de l'air (EMAA).

Après un XX^e siècle ayant consacré le rôle prépondérant de l'aviation dans les opérations militaires, le XXI^e voit monter en puissance une aviation militaire pilotée à distance. Ces systèmes aériens souvent à plus bas coût de possession que leurs équivalents habités, sont originellement nés pour effectuer les missions « *Dull, Dirty and Dangerous* » : ennuyeux, pénible et dangereux. Dans le domaine aérien, ils ont eu pour première vocation de recueillir du renseignement mais leur emploi s'est rapidement élargi grâce à de nombreux progrès réalisés ces vingt dernières années, devenant de véritables systèmes polyvalents de renseignement et des outils précieux de coordination tactique. Aujourd'hui, l'Armée de l'air dispose d'une expérience considérable dans l'exploitation des drones de renseignement, en particulier sur le segment des drones de théâtre ou Male⁽¹⁾. Tirée par les évolutions technologiques, l'aviation militaire pilotée à distance investit progressivement de nouveaux domaines. Face à ce recours accru à la technologie, l'homme doit rester le garant de l'utilisation supervisée de son système de combat et de l'usage éthique qui en sera fait, et donc disposer d'une formation adaptée à ces enjeux.

Le développement des drones ou l'avènement de la permanence du renseignement aérien

Si d'autres armées ont opéré des drones dès les années 1970 (Nord Aviation *CT.20* puis Canadair *CL-289* et Sagem *Crécerelle*), ces engins non-habités suivaient alors un plan de vol programmé au sol. Leur mission consistait en une reconnaissance image de sites (ROIM⁽²⁾), à la recherche d'unités militaires adverses au profit de l'artillerie. Cette mission s'effectuait en espace aérien contesté et restait conceptuellement proche des missions de reconnaissance de la Première Guerre mondiale. Le drone remplaçait l'homme dans le domaine du « *dangerous* ».

(1) Moyenne altitude, longue endurance.

(2) Renseignement d'origine image.

Les premiers pas de l'Armée de l'air dans le domaine des drones commencèrent dans les années 1990 avec le système *Hunter*, d'origine israélienne. Pourvu d'une boule optronique et d'un illuminateur laser, il était limité par ses moyens de transmission à un rayon d'action de 200 kilomètres. Son successeur, le EADS/IAI *Harfang*, plus lourd, a permis de faire entrer notre pays dans le club des utilisateurs de drone Male l'affranchissant des limitations de rayon d'action liées aux moyens de communication en vue directe. Aéronef dédié aux opérations de basse intensité ou asymétrique, le faible niveau de menace aérienne sur certains théâtres permettait de concevoir un aéronef totalement adapté à la surveillance sur de longues durées : vol en moyenne altitude pour la discrétion et la réduction de la consommation en carburant, faible vitesse et ailes droites comme les planeurs pour augmenter l'autonomie, dôme pour l'antenne satellitaire afin de permettre le pilotage de l'aéronef « au-delà de la ligne d'horizon » (*BLOS*) et la transmission d'informations en temps réel. Le vol s'effectuait principalement en palier, l'absence de hautes vitesses et de fort facteur de charge permettant d'éviter des renforts structuraux comme sur avion de chasse et d'emporter toujours plus de carburant. De plus, l'absence d'équipage à bord permettait de gagner masse et espace tout en s'affranchissant des limites physiologiques de l'homme à bord d'un appareil volant plus de 20 heures. Ce type de drone couvrait donc les domaines « *dull and dirty* ».

L'augmentation d'activité des différents drones utilisés par l'Armée de l'air traduit le succès du concept des drones de surveillance : après le *Hunter* (1 500 heures de vol), le *Harfang* a connu une courbe exponentielle d'activité (15 000 h en 10 années), que le *Reaper* a industrialisé (25 000 h après cinq années d'utilisation). Dans les théâtres d'opérations, les besoins de collecte de renseignement de manière totalement discrète, sans modification de l'environnement, sont toujours croissants. Un des enjeux majeurs de la montée en puissance de la capacité drone est le nombre d'équipages opérationnels, la permanence de surveillance recherchée sur les zones d'intérêt nécessitant que plusieurs équipages se relaient. La marche suivante sera l'armement des drones, afin de pouvoir saisir les opportunités d'agir ou de protéger sans délai durant ces phases de surveillance, capacité initiée par l'*US Air Force* sur ses *MQ-1 Predator* dès le début des années 2000.

Au-delà de la croissance de l'activité des drones, se cache une vraie révolution de leur usage : celui-ci s'est élargi de la simple mission de reconnaissance ponctuelle pour repérer des matériels militaires à celui de surveillance persistante d'un environnement, y compris des personnes.

Depuis les opérations en Afghanistan, tous les théâtres nous confrontent à des adversaires irréguliers, lors d'opérations de contre-insurrection et de lutte antiterroriste. Les modes d'action utilisés par l'adversaire sont la dilution parmi la population, la dissimulation des entrepôts et centres d'entraînement, la combinaison d'utilisation de matériels sommaires, de technologies civiles comme le *GPS* et de moyens de communication modernes. Il ne s'agit plus d'effectuer une reconnaissance ponctuelle de matériels militaires pour les détecter, les identifier et dresser un ordre

de bataille, mais au contraire d'utiliser la persistance des drones de longue endurance pour surveiller des zones et suivre des individus dans la durée afin de comprendre leurs organisations et intentions. Le travail des opérateurs s'est donc centré sur la détection d'activité dans les zones lacunaires avec des capteurs champ large, puis la caractérisation des habitudes de vie des individus ou d'un groupe de personnes (*pattern of life*) avec des capteurs champ étroit. L'absence de menaces antiaériennes, couplée à ce besoin de surveillance sur la durée, a ancré la primauté du drone pour le renseignement dans les opérations militaires de basse intensité. Quand la menace sol-air adverse ressurgit comme en Géorgie en 2008 ou en Ukraine en 2014, l'emploi de ce type de drones est beaucoup plus compliqué compte tenu de leurs vulnérabilités.

De la surveillance à l'action cinétique

Dans le cadre des opérations asymétriques, l'occupation permanente de l'espace aérien tant par les moyens de surveillance que de frappe place ainsi l'ennemi sous pression immédiate et lui interdit les modes d'action trop visibles. En cela, le drone Male est un *Game Changer*, en renversant l'incertitude : l'insurgé qui pouvait auparavant préparer discrètement une embuscade en rassemblant des forces ou poser un engin explosif improvisé sans être observé, est aujourd'hui en permanence susceptible d'être repéré. L'armement de ces vecteurs vient ajouter une capacité d'action immédiate, complémentaire aux autres aéronefs (chasseurs, hélicoptères de combat), permettant une frappe immédiate si ces moyens ne sont pas disponibles. Le drone de longue endurance permet aussi de choisir le moment le plus opportun pour mener une attaque aérienne, face à un ennemi fugace, mobile et exploitant les zones urbanisées pour se cacher et empêcher les frappes du fait de la présence de civils. À ce titre, les Règles d'engagement (*ROE*) appliquées sont identiques pour un avion habité ou un aéronef dont l'équipage est « à distance »⁽³⁾.

L'équipage au cœur de la capacité du drone Male

Pour réaliser ses missions, l'équipage d'un *MQ-9 Reaper* français est constitué de quatre personnes : un pilote, un opérateur capteurs, un interpréteur image et un chef de mission. Les deux premiers s'occupent du temps présent alors que les deux autres analysent les informations recueillies et préparent les actions futures. Lors des missions longues, plusieurs équipages se relaient, afin d'être toujours attentifs et efficaces. L'environnement du cockpit au sol, bien moins contraint que celui d'un avion de chasse, permet d'ajouter de nombreux moyens d'analyse, voire des officiers de liaison pour certaines opérations. Connecté aux différents niveaux

(3) Florence PARLY (ministre des Armées), « Discours de clôture », Université de la défense, 5 septembre 2017 : « Je veux par avance réfuter de possibles amalgames et dissiper d'éventuelles craintes. Non, un drone armé n'est pas un robot tueur. Ce sont deux systèmes qui n'ont rien de semblable. Cette décision [l'armement des *Reaper*] ne change rien aux règles d'usage de la force, au respect du droit des conflits armés » (www.defense.gouv.fr/).

de commandement, aux forces, *via* un large panel de moyens de communication, l'équipage dispose aussi de ressources numériques et informationnelles inégalées, renforçant ses capacités d'analyse, ce qui lui confère souvent un rôle central en matière de renseignement et de coordination de l'action.

Cependant, les opérations létales menées par les drones Male restent régulièrement contestées, essentiellement sur la base de deux arguments. Le premier est la facilité qu'elles procureraient à réaliser des neutralisations ciblées, hors du cadre juridique normé. Or, il ne faut pas confondre le moyen (le drone) et le donneur d'ordre. Le second est la « robotisation » du système parce qu'elles conduiraient à automatiser des processus décisionnels de neutralisation, donc à les déshumaniser. Or, les drones tel que le *Reaper* ne font appel qu'à quelques automatismes pour le vol, assez basiques au regard de ceux des avions de ligne, et les fonctions importantes de renseignement et ciblage sont entièrement réalisées par l'équipage. L'homme est en permanence dans la boucle, en temps réel, de l'identification de la cible jusqu'à sa frappe, donc bien plus que pour une frappe de missile de croisière ou lors d'un tir d'artillerie sur coordonnées. Cet atout de l'homme dans la boucle a d'ailleurs conduit à ce qu'une part importante des attaques menées au Sahel par les chasseurs et hélicoptères soient guidées par des équipages de drones. Ce faisant, les évolutions technologiques qui entrent en service contribueront à renforcer encore le rôle de l'aéronef inhabité dans les missions air-sol en milieu permissif et à diversifier leur emploi.

Des progrès rapides et des usages de plus en plus variés

Le foisonnement technologique dans le domaine des drones de surveillance, qu'ils soient petits ou grands, est considérable. Les progrès sont rapides dans les domaines conceptuels, celui des nouveaux usages, des plateformes, de l'automatisation du pilotage, du recueil, du traitement des informations et de l'insertion dans l'espace aérien. L'Armée de l'air s'intéresse également aux petits drones pour les raisons suivantes : un cadre réglementaire moins rigide facilitant l'innovation, des usages civils et militaires qui génèrent un réel dynamisme, des performances qui augmentent vite (endurance, domaine de vol, qualité des capteurs) et complètent utilement celles des Male. Il est envisagé de pouvoir couvrir avec eux des besoins opérationnels spécifiques aux forces spéciales, la protection de nos sites, la lutte anti-drones, l'exploration de technologies indispensables aux futurs systèmes agissant en meute, et un socle de savoir-faire des opérateurs en formation, car commun à tous les drones.

De nombreux progrès sont également en cours sur les capteurs, optiques et radar (du champ étroit d'origine au champ large permis par des systèmes tels que le *WAMI* – *Wide Area Motion Imagery*), les moyens d'écoute, les systèmes d'intégration dans les espaces aériens, l'armement et bien sûr la connectivité. Parallèlement, de nouvelles capacités apparaissent : équipements offensifs de guerre

électronique, lasers de puissance, bouées acoustiques pour la surveillance maritime, etc. Le traitement automatisé des données notamment *via* l'usage de l'Intelligence artificielle (IA) va également permettre de faciliter le travail des équipages en matière d'analyse et de manœuvre des capteurs, leur permettant d'être encore plus efficaces.

Le domaine d'intérêt le plus emblématique et à fort potentiel de croissance est bien évidemment celui des drones de combat (*UCAV*). Toutefois, la survivabilité des plateformes est un enjeu crucial qui nécessite des compromis importants dans leur conception, semblables à ceux rencontrés dans l'aviation de chasse, et une coordination très précise avec les autres aéronefs en vol. L'échelle de temps pour voir arriver ces drones est un peu plus lointaine.

Pour intégrer ces évolutions, le drone *Male* est et doit rester un porteur *Low Cost* de capteurs *High Tech* ; le vecteur aérien ne revêt pas de défi technique majeur en termes de domaine de vol ou d'emport de passager, au contraire des capteurs et systèmes de communication. Tout l'intérêt repose sur l'adjonction sur une même plateforme de la plus grande variété de capteurs possibles (charge ROEM, radar *SAR-GMTI* ⁽⁴⁾, boules optroniques, etc.), mutualisant ainsi les coûts de mise en œuvre et décuplant les capacités disponibles pour réaliser la mission. Il est donc indispensable de concevoir les plateformes avec des réserves de volume et d'énergie pour recevoir des capacités supplémentaires au cours de leur exploitation mais aussi de réduire les temps nécessaires à la qualification pour permettre l'introduction plus rapide des nouvelles technologies. Toutes ces évolutions techniques permettent de voir l'éventail de leurs actions continuer à évoluer : coordination des missions de reconnaissance et de frappe, brouillage, surveillance maritime, destruction de certains sites sol-air courte portée, mais aussi transport logistique et ravitaillement en vol.

Les mini-drones voient également leurs usages se diversifier. Les forces font de plus en plus appel à eux pour améliorer les capacités de surveillance et d'investigation, puis guider les commandos dans leur action. Au-delà des théâtres d'opération, l'Armée de l'air s'en équipe pour assurer la protection de ses installations sensibles.

Le drone va également permettre d'utiliser des tranches d'espace aérien quasiment vierges d'aviation à ce jour ; ainsi, la stratosphère présente des avantages opérationnels indéniables que l'Armée de l'air pourra mettre à profit. Il est possible à ces très hautes altitudes (au-dessus de 20 km) de maintenir des drones électriques en vol pendant plusieurs semaines, et d'atteindre en quelques jours des zones très éloignées du point de départ. Des fonctions comme relais de communications sont dès lors envisageables, permettant de compléter à moindre coût nos capacités spatiales sur des théâtres permissifs ou semi-permissifs.

(4) Radar fournissant de vastes vues panoramiques avec beaucoup de précision.

Cette extension du domaine de l'aviation inhabitée nécessite de repenser la manœuvre des capteurs, pour assurer une intégration multisenseurs dès les plus bas échelons du recueil, et assurer une diffusion instantanée du renseignement pertinent vers les forces comme vers les plus hauts échelons stratégiques.

Malgré cette profusion d'innovations, la capacité à utiliser l'aviation inhabitée de manière aussi fluide, souple et réactive qu'un avion habité n'existe pas au-delà des mini-drones. L'intégration des drones dans des espaces aériens toujours plus congestionnés et dans la circulation aérienne générale est donc un axe d'effort majeur, pour garantir sur le plan militaire la liberté d'action de nos systèmes. La tendance technologique va également vers la diminution de certaines barrières entre l'usage des drones de petite et grande taille en termes d'altitude, de rayon d'action, d'autonomie et donc d'emploi, même si leurs conditions de mise en œuvre, liées à leur taille, maintiennent une certaine segmentation. Il est alors pertinent de se poser la question : que peut-on automatiser ? Que doit-on conserver dans la main de l'homme ? Cette question de l'automatisation est en lien étroit avec la formation nécessaire à l'équipage.

Les enjeux cruciaux de la formation

La réglementation balbutiante ⁽⁵⁾ ségrègue les drones par leur masse. Or, les évolutions technologiques vont rendre obsolète cette ségrégation par l'aptitude progressive des drones de faible taille à accéder à des espaces aériens plus élevés (au-dessus de 2 km). De plus, une grande partie des espaces aériens est densément utilisée et obéit à des règles de navigation strictes, que ce soit sur le territoire national ou en opérations, pour lesquelles une formation adéquate doit être dispensée aux opérateurs. La formation au pilotage des systèmes inhabités doit donc être repensée. C'est tout l'objet du projet *Cyclope* que mène actuellement l'Armée de l'air visant à créer un Centre d'initiation et de formation des équipages de drones (Cifed) à vocation interarmées sur la Base de Salon-de-Provence, afin de dispenser une formation aéronautique commune, indépendante de la masse des drones mais adaptée aux classes d'espaces aériens dans lesquelles ils opèrent et du profil des missions réalisées. Il est essentiel pour la sécurité aérienne que les espaces aériens soient utilisés selon des règles communes. Une formation inculquant les fondamentaux de la coordination est donc nécessaire afin que les opérateurs puissent insérer leurs drones en toute sécurité dans des espaces normés.

Le deuxième volet de la formation consiste en une formation pointue à la conduite des systèmes, pour donner aux opérateurs de conduite des drones les moyens de détecter les atteintes à l'intégrité de leur système. Face à toutes les menaces potentielles (cyberattaque, brouillage, arme à énergie dirigée, brouillage

(5) Arrêté du 17 décembre 2015 relatif à l'utilisation de l'espace aérien par les aéronefs qui circulent sans personne à bord (www.legifrance.gouv.fr/eli/arrete/2015/12/17/DEVA1528469A/jo/texte).

GPS, attaques cinétiques), dans des espaces aériens toujours plus utilisés, la résilience reposera plus que jamais sur l'aviateur aux commandes, maîtrisant le fonctionnement précis de son système, donc apte à comprendre ses dysfonctionnements et reprendre le contrôle en mode manuel. La science cognitive et l'ergonomie seront ici fondamentales ; les expérimentations menées par le Centre d'expertise aérienne militaire (CEAM, Mont-de-Marsan) devront mettre la démarche cognitive humaine au cœur de la réflexion sur l'Interface homme-machine (IHM).

Il est également impératif de placer l'homme au cœur de la transformation numérique qui consiste à créer de la valeur pour les bénéficiaires, à savoir les forces et les centres de décision. La connectivité, le combat collaboratif, les liaisons de données ne doivent pas aboutir à ce qu'un *data scientist* ou un *scrum master* soit *in fine* la personne responsable d'une action militaire parce qu'il aura conçu l'IA d'un système d'interprétation. Au cœur du système, là où se prend la décision, la place de l'homme doit rester centrale. L'ergonomie et le degré d'autonomie accordé à la plateforme aérienne non habitée doivent conserver l'homme au cœur du système (*Human in the loop*), afin que par son éthique de combattant, il soit le gardien de l'usage de son système de combat et du niveau de violence utilisé.

*

**

Si toutes ces évolutions sont prometteuses, il faut rester particulièrement humble dans la prédiction de ce que pourront être les drones militaires en 2035 car 90 % des innovations à venir dans les domaines de l'IA ou de la robotique restent inconnues aujourd'hui. Cependant, la dronisation des systèmes militaires, aériens mais aussi terrestres et navals, est une tendance lourde. La surcomplexité des systèmes, les menaces cyber et la contestation dans l'espace extra-atmosphérique (communications et positionnement) auront des effets sur le tout téléopéré et le tout automatisé. Il faudra donc savoir encadrer l'évolution des technologies et accompagner les femmes et les hommes qui vont opérer ces systèmes. Les enjeux de sécurité et de sûreté des opérations nécessiteront de concevoir les systèmes de manière robuste et de former le personnel militaire à l'aéronautique, à la conduite de systèmes téléopérés et à l'éthique du militaire en opération, et donc d'y consacrer le temps et les moyens nécessaires. ♦

Les bases aériennes de l'Armée de l'air face aux défis des menaces et opérations futures

Bruno DE SAN NICOLAS et Bruno VALLOS

Respectivement colonel et lieutenant-colonel au Bureau
Plans de l'État-major de l'Armée de l'air (EMAA).

Les bases aériennes, et le réseau qu'elles composent, sont de véritables outils de combat qui permettent à l'Armée de l'air de conduire ses missions permanentes ou de projeter, dans des délais très courts, de la puissance ou des forces afin d'offrir au niveau politique la réactivité souhaitée. À ce titre, elles doivent s'adapter aux nouvelles menaces qui pèsent sur elles au même titre que l'ensemble des forces. La répartition sur le territoire national et en opération obéit à des principes qui définissent aujourd'hui le plan de stationnement de l'Armée de l'air.

Lancée depuis plusieurs bases aériennes, dans la nuit du vendredi 13 avril 2018, l'opération *Hamilton* ⁽¹⁾ illustre le caractère primordial de celles-ci dans la préparation et la conduite de toute opération aérienne de grande envergure. Cette opération, comme les actions lancées sous très faible préavis en 2013 au Mali, met en exergue l'importance de ce réseau pour la puissance aérienne, démontrant sa pertinence et son efficacité.

La base aérienne de nos jours

Le Code de la défense ⁽²⁾ définit une Base aérienne (BA) comme le lieu de stationnement des forces ainsi que des moyens de support et de soutien répartis en unités. Mais la BA n'est pas uniquement une notion administrative. Elle est à la fois une plateforme de combat, un aérodrome à partir duquel s'exécutent simultanément les missions opérationnelles de l'Armée de l'air ⁽³⁾, un lieu d'entraînement et de maintien en condition des forces aériennes, et un lieu de vie des aviateurs. Ses fonctions sont donc multiples, ce qui lui confère une place centrale dans

(1) Opération menée conjointement par les États-Unis, la France et le Royaume-Uni contre des installations du régime syrien à Damas et près de Homs, en représailles à l'attaque chimique de Douma (7 avril).

(2) Article R3224-11 du Code de la défense (www.legifrance.gouv.fr/).

(3) Composante aéroportée de la dissuasion, Posture permanente de sûreté air (PPSA) avec des avions de chasse et des hélicoptères en alerte, intervention directe depuis la métropole vers les théâtres par projection de forces ou de puissance, missions de service public.

l'organisation de l'Armée de l'air comme le soulignait le général d'armée aérienne André LANATA, ancien Chef d'état-major de l'Armée de l'air (CEMAA) : « Pour cette raison, le fonctionnement en bases aériennes constitue la clef de compréhension de l'organisation de l'Armée de l'air, et la base aérienne constitue une partie intrinsèque de l'outil de combat de l'Armée de l'air. Le réseau de nos bases constitue en effet le maillage indispensable à la réactivité, à la permanence et la résilience de nos actions. »⁽⁴⁾.

Plus largement, les BA contribuent à la résilience de la Nation, en prenant part à la gestion de crise et au rétablissement des fonctions indispensables à la continuité de l'État, comme en atteste le rôle joué par le réseau des bases lors d'événements majeurs, comme les catastrophes naturelles. Ainsi, après l'ouragan *Irma* (2017), l'Armée de l'air a mis en place très rapidement des moyens au profit des populations sinistrées, a acheminé du fret en masse et a permis les évacuations nécessaires, en s'appuyant notamment sur la BA 367 de Cayenne. Les bases aériennes constituent également des zones protégées où les moyens publics et services de l'État peuvent temporairement trouver refuge comme ce fut le cas à Évreux lors des émeutes de 2005 avec la mise à l'abri des bus de la ville.

Le réseau des bases aériennes : les principes du plan de stationnement

La répartition géographique des BA repose sur un plan de stationnement qui obéit à plusieurs principes, au-delà du poids de l'Histoire. Ce plan doit d'abord permettre d'assurer la tenue des contrats opérationnels permanents.

La dissuasion nécessite de disposer de sites permettant la résilience des forces *via* la dilution des moyens et la redondance des plateformes comme des centres opérations. Certains d'entre eux sont durcis et enterrés. Cela concerne également un grand nombre de sites dédiés à l'implantation de moyens de communication redondants et hautement sécurisés.

La défense aérienne du territoire, par l'intermédiaire de la Posture permanente de sûreté aérienne (PPSA), impose la détection de toute menace aérienne et le déclenchement immédiat de mesures de réaction grâce à une surveillance de l'espace aérien. Cette surveillance repose sur un maillage global du territoire national par des stations radars et radios reliées aux centres de contrôle et au commandement des opérations aériennes. Ce maillage doit tenir compte des réalités physiques et géographiques des territoires à protéger, et nécessite donc la création de nombreux sites isolés, généralement positionnés sur des points hauts, et rattachés à la BA la plus proche pour leur soutien permanent. Cette défense s'étendra bientôt au milieu spatial. La localisation des plateformes accueillant les moyens aériens dédiés à la PPSA permet aux avions de chasse et hélicoptères d'intercepter tout

(4) COMMISSION DE LA DÉFENSE NATIONALE ET DES FORCES ARMÉES, « Audition du général André Lanata, Chef d'état-major de l'Armée de l'air », 19 juillet 2017, Assemblée nationale (www.assemblee-nationale.fr/).

aéronef survolant le territoire national dans un délai réduit. Il est donc nécessaire de disposer dans chaque quart de France de deux bases aériennes aptes à recevoir des avions d'armes, mais aussi de bases à proximité des sites sensibles pour accueillir les hélicoptères en charge de la police du ciel vis-à-vis des vecteurs les plus lents.

Au titre des missions de frappes immédiates depuis le territoire national, le plan de stationnement doit prendre en compte la nécessité de diluer les forces pour assurer un haut niveau de résilience en cas de menace directe, mais aussi la capacité à ravitailler facilement les unités en carburant et munitions. Par ailleurs, la projection des forces conventionnelles ou spéciales doit être réalisée à partir d'un réseau d'escalas aériennes militaires adaptées et sécurisées, à proximité des lieux d'implantation des forces terrestres et des dépôts logistiques, afin de limiter les délais d'acheminement qui nuisent à la réactivité.

Au titre de la mission permanente de service public de recherche et sauvetage (*SAR OACI* ⁽⁵⁾, sauvetage maritime), les hélicoptères de l'Armée de l'air doivent intervenir à terre et en mer en fonction des zones de responsabilité qui lui sont confiées. La mission d'Évacuation sanitaire (Évasan) impose également une proximité avec les grandes structures hospitalières militaires.

La répartition des BA doit aussi permettre la préparation opérationnelle des unités. Afin de limiter la consommation de potentiel en transit, les bases sont positionnées au plus près des zones aériennes d'entraînement disponibles et adaptées et des champs de tir. Pour l'aviation de chasse, ces espaces aériens doivent permettre la réalisation des vols supersoniques et être cohérents avec les performances des munitions de nouvelle génération dont les portées sont accrues, nécessitant donc des espaces plus vastes pour maintenir un entraînement réaliste.

L'optimisation de la maintenance des aéronefs, des flux logistiques, des moyens de soutien et de simulation, et des ressources humaines est aussi recherchée en regroupant les aéronefs de même type sur une même base aérienne. Cette densification a pour limite la résilience des moyens et les contraintes environnementales dont les gênes sonores. C'est pourquoi il n'y a en général que deux à trois unités aériennes stationnées par base.

L'accueil de ces moyens militaires nécessite des infrastructures aéroportuaires souvent imposantes, des installations industrielles particulières notamment pour la maintenance ainsi que des moyens de restauration et hôtellerie permettant d'assurer la permanence des alertes et des missions. Certaines BA positionnées à des emplacements stratégiques sont aussi appelées à être renforcées dans certaines situations. Elles disposent alors de parkings avions et d'escadrons de passage adaptés pour ces renforts à l'instar de Solenzara (Corse) ou Djibouti. Compte tenu de ces moyens, déménager une base aérienne n'est donc ni simple, ni immédiat et souvent onéreux.

(5) Organisation de l'aviation civile internationale.

Enfin, la condition du personnel doit être prise en compte dans l'élaboration du plan de stationnement. La proximité d'un bassin de vie et d'emploi attractif pour les conjoints contribue directement à la fidélisation du personnel dans un contexte de ressources humaines tendu. Avec des BA comptant de 1 500 à 5 000 personnels militaires et civils, elles sont aussi des outils de rayonnement, de lien entre les Armées et la Nation comme de recrutement.

Ces principes configurent donc le réseau des bases aériennes, permettant à l'Armée de l'air d'assurer à la fois la tenue de ses contrats opérationnels, notamment pour ses missions permanentes (dissuasion et protection du territoire), une préparation opérationnelle efficace de ses forces, dans un modèle soutenable sur le long terme.

Les bases aériennes face aux menaces futures

Les BA, en métropole comme sur les théâtres d'opération, sont donc des outils militaires performants mais elles représentent aussi des cibles car les avions sont plus vulnérables au sol qu'en l'air. C'est pourquoi les bases doivent pouvoir faire face aux menaces de tout ordre : aérospatiales, terrestres, potentiellement saturantes et hybrides, et non cinétiques.

La menace aérospatiale correspond aux frappes par bombes guidées et missiles de croisière. Sont considérées comme menace terrestre, les missiles balistiques, les missiles antichars, l'artillerie, les roquettes, les obus de mortier et les attaques directes par des unités légères et mobiles de type commando. La menace non cinétique englobe les actions cybernétiques ou de guerre électronique, les actions liées à la dégradation du signal de positionnement par satellite et ses conséquences. Les attaques par mini-drones font partie des menaces hybrides ou asymétriques avec les attaques terroristes.

Si ces menaces étaient pour la plupart, il y a encore quelques décennies, l'apanage de puissances étatiques, la prolifération des armements permet aujourd'hui à des adversaires infra-étatiques de disposer d'une partie de ces moyens. Ils sont obtenus soit par la capture dans les arsenaux d'États faillis, soit directement auprès des puissances régionales qui les utilisent comme des intermédiaires.

Contre les menaces aérospatiales : l'Anti Access/Aerial Denial (A2/AD)

Face aux menaces aérospatiales, seule une défense en profondeur, *via* un système de défense basé sur le concept d'A2/AD, peut empêcher les forces adverses d'attaquer nos bases aériennes. Ce système de défense est défini par ses capacités de détection, d'interception et de résilience.

Face aux menaces aérospatiales modernes, très rapides, longue portée et potentiellement furtives, il faut une grande distance de détection assurée par la

multiplication de capteurs mis en réseau pour augmenter la performance globale de détection et mieux voir les moyens furtifs. Les capacités d'interceptions doivent être réparties géographiquement pour se couvrir entre elles et assurer une défense multicouche : canons, missiles longue, moyenne et courte portées. Cela permet d'utiliser le meilleur moyen en fonction de la menace *via* une analyse coût-efficacité. Enfin, la résilience est consubstantielle au réseau maillé et à l'aspect multicouches. Elle est indispensable dans un système défensif appelé à continuer à fonctionner malgré des attaques réussies. Le maillage global de défense s'appuie naturellement sur le réseau des bases aériennes.

Ces systèmes composites et intégrés (*Integrated Air and Missile Defence System* ou *IAMDS*) ont vocation également à coopérer avec les avions pour limiter tout contournement adverse et mettre en place une posture de défense en profondeur robuste.

Les programmes d'armement destinés à la défense aérienne (*Système de commandement et de conduite des opérations aérospatiales – SCCOA 4 puis 5*) ainsi que SAMPT-NG (*Système sol-air moyenne portée terrestre-nouvelle génération*) couvriront ces besoins en qualité et en quantité. Mais la seule supériorité qualitative ne permet plus d'assurer la victoire face à des adversaires qui bénéficient de moyens et de savoir-faire réduisant l'écart avec les nôtres. Il est donc nécessaire de disposer du nombre suffisant de systèmes et de munitions permettant de résister et durer. La modernisation des moyens prendra aussi en compte les menaces cybernétiques et les actions de guerre électronique, nouveaux chevaux de Troie du combat moderne.

Par ailleurs, une base aérienne projetée avec ce type de défense est une épine dans le dispositif adverse limitant sa liberté d'action. C'est donc un outil défensif mais aussi offensif.

Le cas particulier de la Lutte anti-drones (LAD)

En parallèle des opérations aériennes classiques, les opérations au Levant de ces trois dernières années ont vu une utilisation accrue des drones par toutes les parties. Utilisés au départ comme outil de reconnaissance et de coordination des actions, ils sont devenus depuis des armes.

La taille d'un drone peut varier de quelques millimètres (nano-drone) à plusieurs dizaines de mètres d'envergure (jusqu'au drone Haute altitude et longue endurance – Hale). Si les grands drones sont traités comme la menace aérienne classique, les plus petits nécessitent une adaptation des outils de défense.

Les mini-drones, par leur taille et l'utilisation de matière plastique, sont presque invisibles au radar. Ils naviguent à l'aide du *GPS*, évoluent lentement et à très faible hauteur sur quelques dizaines de kilomètres. Ils sont facilement mis en

œuvre, nécessitent peu de formation. Ces moyens permettent ainsi de mener des attaques surprises, de basse technologie et sans exposer les opérateurs. Des drones rustiques emportant des obus de mortier ont été utilisés avec succès début 2018 contre des bases aériennes russes en Syrie avec des attaques saturantes contre les bombardiers stationnés qu'ils ont réussi à endommager.

La lutte anti-drone dans l'Armée de l'air est mise en œuvre dans le cadre des Dispositifs de protection et sûreté aérienne (DPSA) et de la protection des installations sensibles du ministère dont les bases aériennes. À leur niveau, les escadrons de protection et de défense sol-air sont en charge de mettre en œuvre les nouveaux moyens de détection et protection.

Dans le cadre de la protection des installations, il est nécessaire d'assurer le *continuum* entre la logique centralisée de sûreté aérienne, dont le Commandement de la défense aérienne et des opérations aériennes (CDAOA) a la responsabilité devant le Premier ministre et qui prend en compte les menaces aériennes, et la logique décentralisée de sécurité-protection qui fait face à la menace des « petits drones » pour la protection des sites. Ces deux fonctions sont étroitement imbriquées afin de pouvoir offrir en permanence, un *continuum* de réponse adapté face à cette menace.

En plus de la protection active contre les avions et les drones, les anciennes règles de l'art dans le domaine de la protection des BA sont conservées : défense terrestre en profondeur et multicouches, durcissement et dilution des abris avions pour éviter les destructions en chaîne, protection des dépôts munitions et carburant, protection des personnels et forces d'intervention. Les patrouilles d'hélicoptères MASA ⁽⁶⁾ et de gendarmes de l'air permettent aussi d'assurer une protection au-delà des limites physiques de la base.

Atout des drones dans la protection-défense des bases aériennes

Le défi PRODEF ⁽⁷⁾ récemment organisé par l'Armée de l'air et l'Agence de l'innovation de défense (AID) a mis en évidence la contribution possible à la mission de sécurité-protection des nouvelles technologies telles que des drones patrouilleurs ou de surveillance, utilisant l'Intelligence artificielle (IA) pour détecter les comportements suspects. Les BA sont, elles aussi, très dynamiques dans ce domaine. Ainsi la *Smart Base* d'Évreux avait organisé en 2016 le premier *hackathon* sur la sécurité-protection. Cette manifestation avait permis de faire émerger des idées novatrices pour détecter d'éventuelles menaces à l'encontre des bases aériennes notamment *via* l'utilisation d'outils numériques. Enfin, le Centre d'expérimentations aériennes

(6) Mesures actives de sûreté aérienne.

(7) LAGNEAU Laurent, « L'Agence de l'innovation de Défense lance un défi pour améliorer la sécurité des bases aériennes », Zone militaire-Opex 360, 11 janvier 2019 (www.opex360.com/).

militaires (CEAM) poursuit des essais visant à utiliser des drones du secteur commercial pour renforcer les capacités de surveillance des bases aériennes.

Les premières mises en service sont en cours et permettront – à terme – de faire des rondes de surveillance et ainsi détecter, intercepter et identifier les intrus augmentant de fait le niveau de protection des sites. On peut même imaginer l'usage des drones pour éloigner les oiseaux des pistes. Néanmoins, la co-activité des drones de surveillance et des avions de la BA nécessite la mise en place de règles strictes pour garantir la sécurité aérienne.

L'innovation est très présente à la fois dans le secteur des drones et de la lutte anti-drones, notamment grâce au dynamisme du secteur civil. Ce domaine est suivi dans l'Armée de l'air par le Centre d'excellence drones implanté sur la Base aérienne de Salon-de-Provence et le CEAM sur celle de Mont-de-Marsan.

*
**

Les opérations aériennes n'existent que grâce aux bases aériennes, qu'elles soient en métropole ou déployées sur les territoires ultramarins, à l'étranger ou sur les théâtres d'opération. Elles sont l'outil de combat fondamental de l'Armée de l'air, mais aussi le lieu de préparation opérationnelle, de stationnement de ses unités et de vie des aviateurs. Par leur taille, leur niveau de protection et leur rôle de pôle logistique, elles accueillent facilement des organismes interarmées en particulier sur les théâtres.

Face à un environnement géostratégique instable, les armées et l'Armée de l'air veillent donc à maintenir un plan de stationnement basé sur une juste répartition géographique des BA, permettant de diluer les moyens, d'offrir un niveau de résilience suffisant et de conserver la réactivité nécessaire à ses missions permanentes ou aux opérations déclenchées depuis le territoire qui tendent à croître depuis une décennie.

Essentielle, la protection des BA prend en compte la diversification de la menace, notamment sur le segment des drones en pleine évolution. Mais il s'agit également de garantir la protection de nos bases projetées contre des menaces du haut de l'éventail, autrefois apanage des États, mais qui tendent aujourd'hui, *via* une prolifération galopante, à entrer dans l'arsenal de nombreux adversaires irréguliers.

Outil remarquable, réactif et performant, la base aérienne est un système complexe, dont il faut concevoir la sécurité à 360 degrés, dans une vision holistique lui permettant de garantir la continuité des opérations quelle que soit la situation. L'Armée de l'air y consacre des efforts importants qui devront être maintenus dans les années à venir compte tenu du durcissement des menaces. ♦

Les perspectives nouvelles de la simulation

Tanguy BENZAQUEN

| Colonel, État-major de l'Armée de l'air (EMAA).

Les armées de l'air les plus modernes mettent en œuvre des équipements complexes pour répondre à des menaces multiples, aux performances croissantes. Intervenant souvent au sein de coalitions, dans des contextes stratégiques fragiles, le droit à l'erreur n'existe pas. Les équipages doivent détenir des compétences de très haut niveau, acquises par un processus de formation sélectif et maintenues par une préparation opérationnelle exigeante et représentative des conflits actuels et possibles.

Cette préparation opérationnelle est réalisée principalement grâce à l'activité aérienne des équipages et recouvre l'instruction, l'entraînement quotidien et l'aguerrissement au combat de haut niveau. Chaque vol a un programme adapté s'inscrivant dans le cycle global de préparation opérationnelle. En parallèle, la simulation est utilisée depuis plus de 40 ans pour apprendre le fonctionnement de l'avion, mécaniser les gestes du pilote ainsi que pour standardiser le travail en équipage.

Les évolutions technologiques récentes dans le domaine du numérique améliorent en continu les outils de simulation en termes de fidélité, de mise en réseau et donc d'immersion, tout en facilitant leur utilisation et leur gestion. Elles permettent d'envisager de faire évoluer l'éventail d'emploi de la simulation et amènent à étendre son usage. Faisant face à de grands défis de préparation opérationnelle, l'Armée de l'air élabore une modernisation importante de ses outils de simulation. Les grands domaines d'application envisagés sont la simulation au sol massivement en réseau avec des situations tactiques complexes et des menaces réalistes, mais aussi la simulation dans les cockpits des avions en vol. Le but est de faire se rencontrer les deux mondes afin d'améliorer l'aguerrissement.

Pourquoi s'entraîner ?

En vol à 900 km/h, dans un cockpit, tous les événements se précipitent, chaque action peut être fatale, tandis que l'environnement physiologique (pression, facteur de charge) tend à réduire la perception et les capacités cognitives de tout individu. Pour être les meilleurs au combat, la préparation opérationnelle des équipages est donc une fonction primordiale.

Elle se décline en trois volets : instruction, entraînement régulier et aguerissement. L'instruction consiste à apprendre le fonctionnement technique et opérationnel de l'aéronef, dans ses modes normaux et dégradés, puis à acquérir des compétences telles que la voltige, le vol sans visibilité, la navigation, le vol en formation et les manœuvres basiques de combat. Le deuxième volet consiste à répéter des actions au quotidien afin de consolider les compétences avec un niveau plus élevé d'exigence et dans un environnement plus représentatif des situations réelles de combat. Cet entraînement couvre les activités demandant beaucoup de dextérité telles que le ravitaillement en vol et le tir. Il entretient aussi la coordination des actions et trajectoires des équipiers, la compréhension de la situation aérienne adverse pour déjouer ses manœuvres et l'utilisation avec efficacité des armements qui sont comptés. Enfin, le troisième volet est l'aguerrissement, qui donne aux équipages la capacité à gérer des situations de combat complexes dans des environnements éprouvants, fortement évolutifs et non prévisibles.

La préparation opérationnelle est donc un *continuum* apportant connaissance, pratique et expérience tout en entretenant les qualités physiques individuelles indispensables au vol. Par ailleurs, plus l'avion et la mission sont complexes, plus l'entraînement est long et astreignant et plus l'expérience est décisive.

Pour disposer d'équipages aptes à remplir l'ensemble de ses missions, l'Armée de l'air doit assurer ces trois volets qui reposent concrètement sur plusieurs processus : la connaissance de l'aéronef et la mécanisation, la standardisation des procédures, le développement puis le maintien de l'esprit guerrier, de l'aisance et de l'endurance en vol de combat, et enfin le développement du sens tactique, du jugement, de l'initiative et du *leadership*. Aujourd'hui, seul le vol réel entraîne simultanément tous ces processus et permet aux équipages d'être performants face à l'inattendu même quand ils sont exposés à un stress intense. Ils réalisent ainsi 180 heures de vol par an. Cependant, depuis 15 ans, l'engagement en opérations a réduit la part de préparation opérationnelle au profit des vols sur les théâtres. Ces missions, bien qu'éprouvantes, sont centrées sur le bombardement (*CAS*⁽¹⁾ et *AI*⁽²⁾) en environnement aérien non contesté, délaissant les autres aspects du combat aérien, notamment l'acquisition de la supériorité aérienne.

Parallèlement, l'avion s'est complexifié. Il y a 20 ans, chaque appareil était spécialisé : bombardement (*Jaguar*, *Mirage 2000N* et *2000D*), défense aérienne (*Mirage F-1C*, *Mirage 2000C*) ou reconnaissance (*Mirage F-1CR*). Les spécificités des missions et des équipements avaient conduit à séparer les métiers. Avec l'avènement du *Rafale* totalement polyvalent et la compression des flottes, les équipages doivent désormais maîtriser toutes les missions. Sur *F-15E Strike Eagle*, lui aussi polyvalent, les pilotes américains volent environ 250 heures par an. Compte tenu des contraintes budgétaires, l'activité en vol des pilotes de *Rafale* a

(1) *Close Air Support* : mission d'appui aérien.

(2) *Air Interdiction* : mission de bombardement.

été maintenue à 180 heures par an, comme sur les avions de génération précédente, complétée par 70 heures de simulation pour maîtriser un système d'armes bien plus complexe et l'ensemble des missions. Ces 180 heures de vol sont un socle pour garantir la sécurité et l'endurance aux sollicitations physiologiques du vol et le développement du sens de l'air. Elles sont essentielles pour être capable, sous 6 à 9 G, de piloter son avion, comprendre la situation tactique, prendre de bonnes décisions, coordonner l'action de ses équipiers et tirer son armement.

Au-delà de la préparation opérationnelle des équipages, l'activité aérienne d'entraînement doit aussi couvrir l'entraînement spécifique du commandement et de la conduite des opérations (C2) et permettre la répétition de missions réelles de frappe (*rehearsal*). Elle doit impliquer tous les acteurs des opérations (du niveau tactique au niveau stratégique) et assurer l'interopérabilité avec les alliés.

Enfin l'aguerrissement – l'acquisition des savoir-faire les plus élevés – achoppe sur des contraintes de disponibilité en moyens d'environnements réalistes : zones d'entraînement adéquates, plastrons aérien et sol/air représentatifs, systèmes de guerre électronique, équipements de mission...

Si la simulation ne participe aujourd'hui qu'à la mécanisation et la standardisation, les nouvelles technologies devront lui permettre demain de faire face à tous les défis de la préparation opérationnelle.

Atouts et limites de la simulation

La simulation possède avant tout des vertus pédagogiques remarquables permettant d'accélérer les cycles de formation. Sans contraintes de disponibilité ou de météorologie, elle offre la possibilité de se focaliser sur les phases importantes du vol et autorise la répétition des scénarios en faisant varier les paramètres choisis. Le rejeu des missions permet un débriefing très fin et l'amélioration pas à pas des performances. La simulation permet aussi d'explorer des situations dangereuses (pannes, agressivité des menaces) qu'il serait trop risqué de tester en réel.

Concernant l'aguerrissement, seule la simulation peut aider à s'affranchir, en partie, des contraintes, complétant et enrichissant l'activité réelle. En effet, seul le monde virtuel permet de générer le niveau de menace rencontré aujourd'hui dans les environnements les plus contestés.

Malgré l'absence d'indicateur sur le rapport coût/efficacité de la simulation, on constate qu'augmenter l'activité de simulation permet de réduire la durée des formations ou d'atteindre un meilleur niveau à activité aérienne constante. Ce mécanisme est en place pour la formation des pilotes de *Rafale* et se poursuivra avec l'arrivée du Pilatus *PC-21* à Cognac. Par ailleurs, l'*US Air Force* a expérimenté de nouvelles méthodes avec le programme *Pilot Training Next* : en s'appuyant sur un recours massif à la simulation en libre accès, le temps de formation initiale des

pilotes de chasse a été divisé par quatre. Cette expérience est prometteuse sur les savoir-faire même s'il convient d'attendre un retour d'expérience plus consolidé notamment sur les savoir être attendus de la part d'un pilote de chasse.

Dans tous les cas, la conformité de l'outil de simulation au système réel est fondamentale pour éviter un « *negative training* », généré par les temps d'adaptation entre un simulateur non conforme et le système réel. Or, on distingue plusieurs niveaux de conformité :

– Haute conformité : l'interface du simulateur reproduit à l'identique l'avion et ses capacités. C'est le cas du simulateur *A400M* ou des Centres de simulation *Rafale* (CSR).

– Moindre conformité : l'outil de simulation reproduit presque à l'identique une situation tactique réelle complexe, les sensations et l'environnement visuel, mais l'opérateur ne dispose pas de la réplique de son cockpit. C'est le cas des jeux vidéo de simulateurs de vol de dernière génération.

Les prix des simulateurs variant en fonction du niveau de conformité et le volume d'activité réalisable avec un simulateur étant limité, les objectifs d'instruction poursuivis doivent dimensionner les outils de simulation avec un juste besoin de conformité avec les systèmes réels. Par exemple, un simulateur pour l'apprentissage basique du vecteur (procédures normales, pannes, vol sans visibilité) et un simulateur pour l'entraînement tactique avancé en réseau auront des besoins de précision des modèles de vol et de représentativité du cockpit très différents. Dans un contexte budgétaire contraint, le développement de simulateurs conformes à coûts maîtrisés est un défi majeur pour l'industrie de la simulation. Sur *PC-21*, il y aura ainsi trois types différents de simulateurs, chacun adapté à une phase d'apprentissage.

De plus, la simulation fait face aujourd'hui à des difficultés techniques, humaines et financières : lenteur d'évolution des standards simulateurs pour suivre ceux des avions, traitement difficile des obsolescences, performances limitées des modèles de menace qui nuisent à la représentativité, mise en réseau limitée des simulateurs, normes de sécurité des systèmes d'information, manque de personnel pour l'animation des missions, manque de postes de simulation. Ces contraintes réduisent la plus-value de la simulation dans l'entraînement actuel.

Toutefois, les progrès des technologies numériques dans le secteur civil permettent d'être optimiste vis-à-vis des contraintes actuelles et d'envisager l'augmentation du recours à la simulation et un plus large emploi.

Évolutions technologiques et perspectives

Dans la simulation, le domaine de l'apprentissage du vecteur et du système d'armes étant globalement bien couvert, les investissements doivent maintenant porter sur l'amélioration qualitative et quantitative, ainsi que sur l'interopérabilité des systèmes de simulation entre eux.

Le passage à des simulateurs « tout numérique » permettra de s'affranchir progressivement de l'utilisation de pièces réelles d'avion, facilitant les mises à jour au gré des évolutions de standard et diminuant sensiblement les coûts de production et de maintenance. Les capacités croissantes des algorithmes d'IA permettront de rendre les comportements des plastrons automates plus cohérents et mieux paramétrables (ennemis plus ou moins agressifs), améliorant l'atteinte des objectifs d'instruction. L'amélioration des graphismes mis en œuvre en réalités virtuelle et augmentée offrira une sensation d'immersion inégalée.

Ces nouvelles technologies présagent de la mise en œuvre d'outils adaptables, interopérables et nativement capables d'échanger des données de tous types, au sein de réseaux dédiés.

Les simulateurs classiques et la Simulation distribuée distante (SIM2D)

Sur chaque base aérienne chasse, il y a entre un et quatre simulateurs, ce qui ne permet pas l'aguerrissement. La SIM2D a pour objectif de connecter les centres de simulation de plusieurs bases pour un entraînement simultané au sein d'un même scénario virtuel. Souvent développés par des industriels différents, ces simulateurs n'ont pas été conçus pour échanger des informations entre eux.

La SIM2D vise donc à les connecter avec des passerelles multiniveaux souveraines. À court terme, seuls les plus récents (*Rafale* et *Mirage 2000D*) pourront être connectés. C'est un premier jalon important mais l'objectif est l'interconnexion de tous les acteurs opérationnels de l'Armée de l'air : drones, transports, hélicoptères, contrôleurs aériens, personnel des centres de conduite des opérations, opérateurs de défense sol-air, responsables d'appui aérien...

Le Live Virtual Constructive Training (LVC), la simulation embarquée et le DMOC

Parallèlement au développement de la SIM2D, l'Armée de l'air poursuit ses travaux pour développer l'hybridation LVC, qui permet d'enrichir l'environnement tactique des missions aériennes et participe ainsi à l'optimisation de la préparation opérationnelle. Cette hybridation fonctionne aujourd'hui à un premier niveau et permettra, à l'horizon 2025, l'entraînement des combattants en vol réel (*Live*) face à des menaces réelles ou simulées, générées par de l'IA (*Constructive*) ou par des simulateurs pilotés (*Virtual*).

L'intégration de la simulation embarquée dans les systèmes d'armes est un prérequis pour assurer la compatibilité des mondes réel et virtuel. Il faut en effet présenter à l'équipage les pistes simulées, par l'intermédiaire de son système, comme des pistes réelles, et donc « leurrer » le cœur système, car cette piste simulée n'est pas détectée réellement par les capteurs de l'aéronef.

Les bases de cette technologie sont utilisées depuis longtemps sur les avions de combat à travers des modes fictifs de tir. Toutefois, de nombreuses voies de progrès existent à l'instar de ce que proposent les avions d'entraînement modernes (*PC-21*), qui échangent les pistes simulées *via* des liaisons de données entre avions. De même, l'utilisation de *pods* spécifiques apporte un très haut degré de réalisme opérationnel aux vols d'entraînement notamment grâce à la restitution temps réel des tirs effectués. La simulation embarquée sera introduite progressivement sur *Rafale* à l'horizon du standard *F4* vers 2025.

Pour exploiter pleinement le potentiel de la SIM2D et du *LVC*, l'Armée de l'air a créé, depuis l'été 2018, le *Distribution Mission Operation Center (DMOC)* qui a pour ambition de constituer le centre de préparation, d'animation et d'analyse de l'environnement tactique simulé en proposant des créneaux de simulation à la demande. C'est la brique initiale préfigurant l'entraînement virtuel au combat collaboratif connecté multidomaines que l'Armée de l'air développera d'ici 2040.

Ces solutions permettent de donner une nouvelle dimension aux entraînements opérationnels en multipliant le nombre de participants et les scénarios possibles. En parallèle des travaux de SIM2D et de *LVC*, de nouveaux outils émergent, porteurs d'une rupture dans l'emploi de la simulation.

La Simulation massive en réseau (SMR)

La SMR s'appuie sur des technologies issues du « *serious gaming* ». Il s'agit d'utiliser des logiciels de simulation de dernière génération, initialement destinés au grand public, obéissant à des critères de réalisme poussés et nativement conçus pour faire interagir de très nombreux acteurs dans le même espace virtuel. Dotés d'interfaces simples et conviviales, leur prise en main est rapide, assurant une adhésion facilitée du personnel à leur emploi, tout en limitant les besoins d'encadrement.

Les contraintes financières, techniques et de sécurité des systèmes d'information (SSI) rendant délicate l'interconnexion de simulateurs hétérogènes, la SMR apparaît comme la piste la plus intéressante pour disposer d'outils de simulation de masse, extrêmement immersifs et à coût réduit. De tels outils de simulation permettront l'aguerrissement pour des équipages déjà expérimentés, en complément des simulateurs classiques.

Ils sont en cours d'expérimentation dans l'Armée de l'air. Un projet de passage à l'échelle est à l'étude par l'Agence de l'innovation de défense (AID), avec pour ambition le déploiement d'une première capacité fin 2019, à ce stade sur *Mirage 2000*. Elle permettra de disposer rapidement d'un premier retour d'expérience afin de dimensionner les futurs outils dans une vision incrémentale.

Cependant, pour que la SMR se développe, les industriels qui équipent l'Armée de l'air doivent être impliqués pour reproduire les modèles de vol des

aéronefs au niveau requis de fidélité. Le développement de ces outils viendra compléter très avantageusement leurs simulateurs, en fournissant un module complémentaire, adapté aux entraînements les plus difficiles, et offrant ainsi un dispositif de simulation complet.

Si le besoin d'un haut niveau de conformité système reste indispensable pour l'instruction et l'entraînement de base, la combinaison des technologies haptiques, de réalité virtuelle et augmentée permet d'imaginer à un horizon plus lointain le remplacement des cockpits physiques des simulateurs actuels par des cockpits totalement virtuels, au sein desquels les équipages pourront actionner toutes les commandes, à l'identique de l'environnement réel. Cette révolution permettra l'avènement de systèmes plus légers, moins coûteux, offrant un large panel d'emploi, qui ouvrent la voie aux développements d'outils de simulation pour d'autres spécialités (mécaniciens, commandos...).

*

**

Pour répondre à l'évolution du besoin en matière d'entraînement, l'Armée de l'air poursuit donc la transformation de ses outils de simulation en s'appuyant sur les nouvelles technologies « pour générer des évolutions significatives dans les usages et les modes de travail, permettant *in fine* de mieux remplir [ses] missions »⁽³⁾.

Cependant, quels que soient les bénéfices de l'entraînement virtuel, le vol demeure essentiel. Rien ne le remplacera pour éprouver le matériel, vérifier le bon fonctionnement et les interactions de systèmes d'armes sophistiqués, mais surtout construire le sens de l'air des équipages et maîtriser les contraintes physiologiques du monde réel (désorientation spatiale, facteur de charge, stress du combat, météorologie et ses conséquences sur la tenue de formation, péril aviaire, déconflition avec les trafics civils...).

La simulation est un complément indispensable pour parfaire la formation et la préparation opérationnelle, permettant d'accélérer les progressions et de rehausser le niveau tactique, mais n'est pas un palliatif ou un moyen de substitution à moindre coût.

Les simulateurs doivent évoluer vers des outils fidèles et faciles à mettre en œuvre au niveau de chaque escadron par les équipages eux-mêmes. Cela permettra d'obtenir l'adhésion du personnel, essentielle pour atteindre les ambitions d'augmentation d'activité et d'élargissement d'emploi de la simulation. La SMR constitue une voie prometteuse pour proposer des outils conformes, connectés et immersifs à coût modéré, avec lesquels chacun pourra plus aisément et plus fréquemment se former et s'entraîner, au bénéfice du niveau de performance des forces au combat. ♦

(3) Rapport annexé à la loi n° 2018-607 relative à la programmation militaire pour les années 2019 à 2025, 13 juillet 2018 ([www2.assemblee-nationale.fr/documents/notice/15/projets/pl1013/\(index\)/projets-loi](http://www2.assemblee-nationale.fr/documents/notice/15/projets/pl1013/(index)/projets-loi)).

