



JANVIER
2025

L'avenir de la supériorité aérienne

Maîtriser le ciel en haute intensité

Adrien GORREMANS

Avec la participation de Jean-Christophe NOËL



L’Ifri est, en France, le principal centre indépendant de recherche, d’information et de débat sur les grandes questions internationales. Créé en 1979 par Thierry de Montbrial, l’Ifri est une fondation reconnue d’utilité publique par décret du 16 novembre 2022. Elle n’est soumise à aucune tutelle administrative, définit librement ses activités et publie régulièrement ses travaux.

L’Ifri associe, au travers de ses études et de ses débats, dans une démarche interdisciplinaire, décideurs politiques et experts à l’échelle internationale.

Les opinions exprimées dans ce texte n’engagent que la responsabilité des auteurs.

ISBN : 979-10-373-0975-4

© Tous droits réservés, Ifri, 2025

Couverture : *Rafale* et *Mirage* 2000 volant en formation
© Adrien Gorremans/Armée de l’Air et de l’Espace

Comment citer cette publication :

Adrien Gorremans, avec la participation de Jean-Christophe Noël,
« L’avenir de la supériorité aérienne. Maîtriser le ciel en haute intensité »,
Focus stratégique, n° 122, Ifri, janvier 2025.

Ifri

27 rue de la Procession 75740 Paris Cedex 15 – FRANCE

Tél. : +33 (0)1 40 61 60 00 – Fax : +33 (0)1 40 61 60 60

E-mail : accueil@ifri.org

Site internet : ifri.org

Focus stratégique

Les questions de sécurité exigent une approche intégrée, qui prenne en compte à la fois les aspects régionaux et globaux, les dynamiques technologiques et militaires mais aussi médiatiques et humaines, ou encore la dimension nouvelle acquise par le terrorisme ou la stabilisation post-conflit. Dans cette perspective, le Centre des études de sécurité se propose, par la collection ***Focus stratégique***, d'éclairer par des perspectives renouvelées toutes les problématiques actuelles de la sécurité.

Associant les chercheurs du centre des études de sécurité de l'Ifri et des experts extérieurs, ***Focus stratégique*** fait alterner travaux généralistes et analyses plus spécialisées, réalisées en particulier par l'équipe du Laboratoire de recherche sur la défense (LRD).

Comité de rédaction

Rédacteur en chef : Élie Tenenbaum

Rédactrice en chef adjointe : Amélie Férey

Auteurs

Le lieutenant-colonel Adrien Gorremans est l'officier de l'armée de l'Air et de l'Espace (AAE) inséré au Laboratoire de recherche sur la défense (LRD) du Centre des études de sécurité (CES) de l'Ifri, où il contribue aux études relatives à la puissance aérospatiale. Pilote de chasse sur *Mirage 2000C* et *B*, il a commandé l'Escadron de chasse 2/5 « Île-de-France ». Déployé à plusieurs reprises en opérations extérieures en Afrique et en Europe de l'Est, qualifié *Mission Commander* et instructeur sur *Mirage 2000*, il a également contribué à la défense aérienne du territoire national. Il totalise 2 700 heures de vol et 120 missions de guerre.

Diplômé de l'École de l'air, titulaire d'une maîtrise de mécanique de l'Université d'Aix-Marseille et d'un diplôme universitaire d'astrophysique de l'Observatoire de Paris, il est également breveté de l'École de guerre.

Jean-Christophe Noël est chercheur associé au Centre des études de sécurité (CES) de l'Ifri. Il est un ancien officier de l'armée de l'Air. Après avoir mené une carrière de pilote de chasse, il a tenu diverses places en état-major, traitant notamment des affaires de doctrine ou de prospective.

Il a également été l'adjoint du chef de cabinet du chef d'état-major de l'armée de l'Air de 2006 à 2009, *Military Fellow* au Center for Strategic and International Studies à Washington D.C. en 2009 et expert chargé des affaires politico-militaires pendant cinq ans au Centre d'analyse, de prévision et de stratégie (CAPS) du ministère des Affaires étrangères de 2012 à 2017.

Résumé

La supériorité aérienne, concept clé dans l'art de la guerre occidentale, définit le degré de maîtrise de l'air dans un conflit armé. Condition nécessaire mais non suffisante à la victoire militaire, elle permet de concentrer les efforts aériens au profit des autres objectifs stratégiques et de prémunir les autres armées d'une attrition insupportable. Elle s'obtient par un emploi offensif de la puissance aérienne dans un effort interarmées, afin de neutraliser la puissance aérienne adverse.

Les évolutions récentes de la menace aérienne russe et chinoise remettent en question la capacité occidentale à acquérir la supériorité aérienne, en particulier dans le domaine des défenses sol-air qui présentent un formidable défi aux forces aériennes européennes. La prolifération de technologies balistiques et hypersoniques, la dronisation, l'accès à des moyens avancés de guerre électronique et l'exploitation naissante de la très haute altitude constituent des ruptures capacitaires ayant le potentiel de contourner ou d'épuiser la domination aérienne occidentale.

Le combat aérien de la décennie à venir devrait rester dominé par la furtivité radar et l'impératif de neutralisation des défenses sol-air adverses (SEAD), mais verra aussi un avantage donné aux modèles de force qui auront basculé de la logique de plateformes vers une logique de saturation et de distribution tout en maîtrisant un certain nombre de technologies clés.

Le modèle de force français est construit autour de la dissuasion et de la défense aérienne du territoire métropolitain. Il atteint ses limites pour peser efficacement en coalition dans un conflit de haute intensité, en particulier en raison d'impasses sur la furtivité et la SEAD, et du volume insuffisants des flottes, des équipements de mission et des munitions.

Plusieurs recommandations sont formulées dans cette étude :

- maintenir la pertinence à court et moyen termes de la flotte actuelle d'avions de combat français en modernisant leurs équipements de mission et leur armement ;
- passer d'une logique de plateformes à une logique de capteurs et d'armement distribués travaillant collaborativement pour massifier l'engagement des forces aériennes ;
- à moyen terme, sortir l'aviation de chasse de la spirale augustiniennne en ne payant le prix des capacités les plus haut de spectre que là où elles sont indispensables, et construire une force différenciée entre stand-in et standoff.

Executive summary

Air superiority, understood as the control of the air, is a cornerstone of the Western art of warfare. It is a decisive condition, albeit not sufficient by itself, to achieve military victory, as it enables the concentration of air power towards the achievement of wider strategic objectives and protects other components from unbearable attrition levels. It is best achieved through the offensive use of air power in a joint effort to neutralize the enemy air power.

The recent developments of Russian and Chinese air power challenge the West's ability to acquire air superiority, particularly in the field of integrated air defense systems. The proliferation of ballistic and hypersonic technologies, drones, access to advanced electronic warfare and the emerging exploitation of very high altitudes are potential game changers that might bypass or undermine the traditional Western paradigm of air dominance.

Radar stealth and the Suppression of Enemy Air Defenses (SEAD) are likely to remain the dominant factors of tactical superiority in air combat during the next decade. In addition, any force structure which will have switched from a platform-centric mindset to saturation and distribution strategies, while mastering a certain number of associated technologies, will gain a decisive edge in the battlespace.

The French air power is built around two main missions: nuclear deterrence and the air defense of mainland France. It is reaching the limits of its ability to weigh decisively within large coalitions fighting in high-intensity conflicts, due mostly to the absence of stealth platforms and SEAD capabilities, as well as to its undersized fleet of combat aircraft, lack of mission systems and insufficient ammunition stockpiles.

This study lists several recommendations, broadly aiming at:

- Maintaining the short- and medium-term relevance of the current combat aircraft fleet by modernizing their mission systems and increasing weapons stockpiles;
- Moving from a platform-centric approach to a network of distributed sensors and weapons working together to regain a form of mass;
- In the medium term, freeing fighter aviation from the Augustinian death spiral, by ensuring the cost-effectiveness of its exquisite capabilities and employing them only where they are needed, while building a Hi-Lo mix of differentiated stand-in and standoff platforms.

Sommaire

INTRODUCTION	8
LE TASK – LA MAÎTRISE DE L’AIR.....	11
Définition de la supériorité aérienne	11
<i>Spécificité du milieu aérien.....</i>	<i>11</i>
<i>La notion de maîtrise de l’air</i>	<i>13</i>
<i>Quelle(s) définition(s) ?.....</i>	<i>14</i>
Pourquoi rechercher la supériorité aérienne ?.....	17
<i>Un moyen pour une fin.....</i>	<i>17</i>
<i>Effets de la supériorité aérienne dans les autres milieux</i>	<i>18</i>
<i>Supériorité aérienne et victoires militaires.....</i>	<i>22</i>
Comment rechercher la supériorité aérienne ?.....	23
<i>Une brève histoire de la conquête de la supériorité aérienne.....</i>	<i>23</i>
<i>Gagner la supériorité aérienne aujourd’hui : aspects offensifs.....</i>	<i>26</i>
<i>Gagner la supériorité aérienne : aspects défensifs.....</i>	<i>28</i>
TARGET & THREAT – NOUVELLES MENACES	
SUR LA SUPÉRIORITÉ AÉRIENNE	32
Le potentiel de combat aérien des adversaires potentiels.....	32
<i>Doctrines de contestation aérienne russe et chinoise</i>	<i>33</i>
<i>Quelles aviations de combat pour les adversaires potentiels</i>	
<i>de l’Occident ?.....</i>	<i>34</i>
<i>État des lieux et ruptures dans la menace IADS.....</i>	<i>42</i>
Nouvelles menaces et ruptures technologiques	50
<i>Guerre électronique : une autre forme de déni d’accès.....</i>	<i>50</i>
<i>Capacités de frappe dans la profondeur.....</i>	<i>52</i>
<i>La dissémination massive des drones.....</i>	<i>57</i>
<i>L’exploitation des très hautes altitudes</i>	<i>58</i>

TACTICS – COMMENT ACQUÉRIR LA SUPÉRIORITÉ AÉRIENNE AUJOURD’HUI ?	60
Quel combat aérien futur ?	60
<i>Déterminants technico-opérationnels</i>	<i>60</i>
<i>Le combat air-air</i>	<i>61</i>
<i>La SEAD</i>	<i>63</i>
Nouvelles approches de la supériorité aérienne	67
<i>Sur le plan capacitaire : d’une logique de performance à une logique de saturation</i>	<i>68</i>
<i>Sur le plan tactique : de l’affrontement aérien direct aux stratégies de contournement</i>	<i>71</i>
<i>Vers un C2 distribué</i>	<i>74</i>
Solutions technologiques	75
<i>Détecter – contrer la furtivité en bande X</i>	<i>75</i>
<i>Protéger : investir dans une défense sol-air différenciée</i>	<i>78</i>
<i>Augmenter la survivabilité des plateformes habitées</i>	<i>81</i>
TIMELINE – ÉCHÉANCES ET RECOMMANDATIONS POUR LES ARMÉES FRANÇAISES	83
Le modèle actuel et ses évolutions actées	83
<i>L’ordre de bataille aérien français en 2035</i>	<i>83</i>
<i>Les programmes d’armement structurants pour la supériorité aérienne ...</i>	<i>85</i>
Les vulnérabilités du modèle de forces français	90
<i>Des capacités clés manquantes ou obsolètes</i>	<i>90</i>
<i>L’absence d’épaisseur organique et de masse</i>	<i>94</i>
<i>Les vulnérabilités humaines</i>	<i>98</i>
Recommandations	101
<i>Propositions à court terme</i>	<i>101</i>
Propositions pour 2035	104
CONCLUSION	106

Introduction

Dans la nuit du 16 au 17 janvier 1991, la coalition menée par les États-Unis lance une opération aérienne d'ampleur contre l'Irak de Saddam Hussein, en préparation à la libération du Koweït envahi six mois plus tôt. L'Irak possède alors, numériquement, la 6^e armée de l'Air du monde, aguerrie de plus par huit ans de guerre continue contre l'Iran et dotée d'avions de combat soviétiques et français modernes, soutenue par un des réseaux de défense sol-air les plus denses du monde. Pourtant, une semaine plus tard, ses aérodromes détruits par des vagues d'attaques incessantes de centaines d'avions de combat protégés des systèmes sol-air par des avions brouilleurs et des missiles antiradar, l'armée de l'air irakienne a cessé d'exister comme force de combat effective, et la majorité de ses avions survivants ont été mis en sécurité chez l'ancien ennemi iranien¹. L'aviation de la coalition dispose alors d'une liberté de manœuvre presque illimitée au-dessus de l'Irak et du Koweït, qu'elle exploite en pilonnant les divisions de Saddam Hussein pendant plus d'un mois, provoquant l'effondrement et la déroute de l'armée irakienne dès le début de l'invasion terrestre le 24 février 1991.

Pour obtenir cette victoire militaire sans appel, la coalition a mis en pratique une stratégie interarmées inspirée en grande partie par un colonel américain, John A. Warden III². La première des priorités de cette théorie, dans la lignée de la tradition des études stratégique anglo-saxonne du XX^e siècle, est l'acquisition de la supériorité aérienne, que l'on peut définir en première approche comme la liberté d'action dans le milieu aérien. Les forces coalisées y affectent durant la première phase de *Desert Storm* la quasi-totalité de leurs moyens de frappe aérienne déployés sur le théâtre, mais aussi leurs feux terrestres et navals.

Durant les trois décennies suivantes, les forces armées occidentales³ ont bénéficié des effets de la suprématie aérienne dans toutes leurs opérations militaires, du fait de leur supériorité technologique écrasante et d'adversaires indigents ou au mieux faibles dans le milieu aérien. En Bosnie (1995), au Kosovo (1999), en Afghanistan (2001), en Iraq (2003), en Libye (2011), au Sahel (2013) et au Levant (2015), aucune des entités combattues

1. B. S. Lambeth, « The Winning of Air Supremacy in Operation Desert Storm », RAND, 1993, disponible sur : www.rand.org.

2. J. A. Olsen, *John Warden and the Renaissance of American Air Power*, Washington, D.C., Potomac Books, 2007.

3. Dans la suite, le terme « Occident » sera employé pour désigner l'ensemble géographique, politique et militaire constitué par l'OTAN et l'Union européenne, ainsi que par les puissances militaires du Pacifique, alliées aux États-Unis dont les armées sont influencées par le modèle américain de la puissance aérienne : Japon, Australie, Nouvelle-Zélande et Corée du Sud.

par l'Organisation du traité de l'Atlantique nord (OTAN) ou une coalition occidentale n'a eu à affronter d'opposition à leur mesure dans les airs.

Aujourd'hui, la guerre du Haut-Karabakh de 2019 et l'invasion russe de l'Ukraine, dans un contexte géopolitique de recours à la force débridée et de rivalités de puissance, interrogent sur le retour de la bataille aérienne pour les armées de l'OTAN. En deux ans et demi de guerre, les armées de l'air russes comme ukrainiennes se sont retrouvées réciproquement neutralisées par la densité et la performance des systèmes intégrés de défense aérienne (*Integrated Air Defense Systems* – IADS)⁴. En parallèle, les modes de conflictualité et les technologies évoluent vers des stratégies de déni d'accès (*Anti-Access/Area Denial* – A2/AD) et de contournement qui forcent à s'interroger sur l'approche doctrinale anglo-saxonne de la puissance aérienne, construite sur les enseignements de la Seconde Guerre mondiale et des guerres de Corée et du Vietnam, et consacrée par le triomphe de 1991 en Irak.

Cette question de la capacité de l'OTAN à contrer les A2/AD est posée depuis le retour de la Russie comme acteur géopolitique majeur en Europe⁵. Elle mérite un réexamen dans un contexte stratégique bouleversé. Au vu des évolutions technologiques récentes, mais aussi de la dissémination et de la prolifération des moyens et des doctrines de contournement de la puissance aérienne traditionnelle, l'acquisition de la supériorité aérienne par la structure de force des armées occidentales, et en particulier françaises, a-t-elle encore un sens, est-elle encore possible, sous quelles conditions et avec quelles restrictions ?

La structure de cette étude est calquée sur celle des préparations des missions aériennes de l'OTAN, pendant aérien de la Méthode d'élaboration d'une décision opérationnelle tactique (MEDOT). Son message clé est que quel que soit le prix de l'acquisition puis du maintien de la maîtrise du ciel, ce prix sera toujours inférieur à celui dont devra s'acquitter le belligérant qui perd ce combat. Clin d'œil à la carrière opérationnelle de l'auteur, elle est organisée en 5 phases : *task – target – threat – tactics – timeline*, qui sont le cheminement intellectuel des équipages de chasse occidentaux pour chacune de leurs missions tactiques d'entraînement ou de combat réel.

La première partie (*task – target*) est consacrée à un cadrage conceptuel de la notion de supériorité aérienne, ou, pour reprendre l'expression de Giulio Douhet, de la « maîtrise de l'air⁶ ». Après en avoir

4. J. Bronk, « How Ground-based Air Defenses Shaped the Air War over Ukraine », in D. Henriksen et J. Bronk (dir.), *The Air War in Ukraine – The First Year of Conflict*, New York, Routledge, 2024, p. 137-167.

5. C. Brustlein, É. Tenenbaum et É. de Durand, *La Suprématie aérienne en péril. Menaces et contre-stratégies à l'horizon 2030*, Paris, La Documentation française, 2014, disponible sur : www.ifri.org.

6. G. Douhet, *Il dominio dell'aria*, traduction anglaise de D. Ferrari : *Command of the Air*, Montgomery, Air University Press, 2019.

proposé une définition formelle, elle retrace à grands traits l'évolution historique de la notion. Elle décrit l'effet de la supériorité aérienne sur l'action dans les autres milieux. Enfin, cette partie décrit l'approche doctrinale de la supériorité aérienne dans son acceptation occidentale traditionnelle, consacrée par l'expérience irakienne en 1991.

La seconde partie (*threat*) analyse les adversaires potentiels du monde occidental, en commençant par l'évolution des menaces aériennes et sol-air russes et chinoises, en particulier pour les systèmes à longue portée. Elle décrit ensuite la prolifération de capacités de rupture et de contournement de la puissance aérienne traditionnelle, dont les moyens de frappe dans la profondeur et la dronisation. Ces deux capacités mettent en péril la supériorité aérienne occidentale en neutralisant partiellement son paradigme offensif : elles obligent à investir dans un segment défensif délaissé dans l'OTAN depuis la fin de la guerre froide. Une explication de la situation de déni aérien mutuel qui prévaut en Ukraine depuis les premières semaines de mars 2022 est enfin proposée.

La troisième partie (*tactics*) esquisse la physionomie du combat aérien moderne dans le contexte de ces menaces, en particulier dans les domaines du combat air-air et de la suppression des défenses sol-air (*Suppression of Enemy Air Defenses – SEAD*), les deux piliers de la supériorité aérienne moderne. Elle explore certaines solutions capacitaires, tactiques et technologiques aux problèmes posés par les avancées techniques et les stratégies de contournement adverses exposées dans la partie précédente.

Enfin, la quatrième partie (*timeline*) décrit, dans la structure de force des armées françaises, les moyens concourant à la supériorité aérienne, dans le contexte spécifique de la stratégie de défense française. Elle met en lumière un certain nombre de faiblesses matérielles et doctrinales, dont la plus sérieuse est de nature capacitaire, avec des impasses dans des secteurs technologiques clés et un manque d'épaisseur organique global. Elle propose, enfin, des recommandations, à la fois immédiates et à l'échéance de la décennie à venir, pour consolider le modèle français et tenter de lui donner autant de chances que possible de sortir victorieux d'une confrontation aérienne d'ampleur.

Le *Task* – La maîtrise de l’air

La construction d’une définition de la supériorité aérienne implique une compréhension de la spécificité du milieu aérien, puis une approche historique de la stratégie aérienne. Cette définition est élaborée autour de deux concepts fondamentaux : sa dualité offensive et défensive, et sa dynamique temporelle et spatiale. Depuis la fin de la Seconde Guerre mondiale, la maîtrise de l’air s’est imposée comme un impératif opératif, une condition non suffisante mais nécessaire au succès des armes, qui facilite les opérations dans tous les autres milieux et champs. La doctrine occidentale, construite grâce à l’expérience de cent ans de guerre aérienne et consacrée en 1991 en Irak, place un accent particulier sur son acquisition, qui exige une concentration des efforts offensifs interarmées à son profit en début de campagne tout en assurant le minimum de forces défensives pour assurer la sécurité de sa zone arrière.

Définition de la supériorité aérienne

Définir la supériorité aérienne implique un triple effort conceptuel. Tout d’abord, comme pour toute supériorité de milieu, il est indispensable de comprendre les caractéristiques physiques de l’espace aérien et leurs implications pratiques sur la physionomie des combats et sur les machines qui y opèrent. L’histoire de la théorie de la guerre aérienne permet ensuite de comprendre l’héritage intellectuel dans lequel s’inscrit la réflexion sur la maîtrise de l’air. Fort de ces deux piliers conceptuels, une définition doctrinale, pertinente pour les opérations aériennes quel que soit leur positionnement historique, peut être proposée.

Spécificité du milieu aérien

Le milieu aérien est un milieu dont l’exploration scientifique et l’exploitation par les humains sont très récentes à l’échelle historique. Ses caractéristiques physiques le rendent fondamentalement différent des deux autres milieux historiques de la conflictualité, les milieux terrestre et maritime. Ces spécificités font que « la puissance aérienne offre la capacité de trouver, pister et engager les forces de surface de l’adversaire dans l’entièreté de la profondeur d’un théâtre, sans la majorité des limites

physiques, spatiales et environnementales subies par les forces de surface⁷. »

Tout d'abord, le milieu aérien est tri-dimensionnel, permissif, sans contrainte physique au passage des frontières et sans obstacle au mouvement : les aéronefs ont potentiellement accès à tout point du globe⁸.

Dans le contexte de la lutte pour la maîtrise de l'air, on peut découper l'espace aérien en plusieurs tranches d'altitude :

- La basse altitude, en dessous de 5 000 pieds (ft), domaine d'efficacité de l'artillerie anti-aérienne (AAA) à tir rapide, des hélicoptères, des drones légers, des missiles de croisière, et des chasseurs cherchant à voler sous le volume de détection des radars adverses, masqués par le sol.
- Les altitudes moyennes, entre 5 000 et environ 25 000 pieds, zone d'évolution des missiles sol-air à courte portée, des drones Moyenne altitude longue endurance (MALE), des chasseurs, des avions légers de surveillance et des transports tactiques.
- la haute altitude, entre 25 000 et 66 000⁹ pieds, domaine privilégié de l'aviation de chasse, des aéronefs de soutien aux missions tactiques et de renseignement (ravitailleurs, *Airborne Early Warning* – AEW¹⁰, avions de guerre électronique, drones *High Altitude Long Endurance* – HALE, etc.), et des avions de transport à long rayon d'action. Seuls les missiles sol-air moyenne et longue portée peuvent atteindre ces altitudes.
- Enfin, la très haute altitude, entre 66 000 pieds et la ligne de Karman¹¹, nouveau domaine de conflictualité dans lequel transitent, outre certains avions de reconnaissance, des armes balistiques ou hypervéloces, des ballons de reconnaissance et certains missiles sol-air à longue portée.

L'atmosphère est transparente aux ondes électromagnétiques dans les bandes radio et radar. Dans les bandes à ultraviolets, visibles et infrarouges, elle est partiellement transparente, les microgouttelettes ou les microcristaux composant les nuages y étant opaques. C'est donc un milieu très sensible à la maîtrise du champ électromagnétique, et en particulier à la détection par radar, aux communications radio, à la guerre électronique et, sous réserve des conditions météorologiques, aux systèmes électro-optiques. Afin d'éclairer les réflexions *infra* sur la furtivité, rappelons

7. Allied Joint Publication 3.3 Édition B Version 1, « Allied Joint Doctrine for Air and Space Operations », NSO, avril 2016, p. 1-3, disponible sur : <https://assets.publishing.service.gov.uk>.

8. *Ibid.*, p. 1-2.

9. La limite de 66 000 pieds est ici retenue car elle correspond à la délimitation verticale de l'espace aérien contrôlé. Au-dessus de cette limite, l'espace aérien est toujours national, mais n'est pas contrôlé par les organismes civils. Elle est légèrement supérieure à l'altitude maximum d'évolution de la majorité des avions de combat, qui est autour de 50 000 pieds.

10. Avion radar (type E-3 AWACS, E-2 *Hawkeye*, A-50 *Mainstay*, etc.)

11. La ligne de Karman délimite de manière formelle l'interface entre l'atmosphère et l'espace. Elle est fixée par la Fédération aéronautique internationale à 100 kilomètres de la surface terrestre.

qu'une diminution d'un ordre de grandeur de la surface équivalente radar (SER) se traduit par une réduction d'environ la moitié de la distance de détection¹². On distinguera, à des fins de simplicité et de respect de la confidentialité, trois catégories d'objets en matière de furtivité radar :

- ▀ les objets non furtifs, dont la SER est de l'ordre du mètre carré (m²);
- ▀ les objets possédant une furtivité primitive, dite *Low Observable* (LO), avec une SER de l'ordre de 0,1 m² ;
- ▀ les objets possédant une furtivité élaborée, dite *Very Low Observable* (VLO), avec une SER inférieure à 0,01 m².

Si, à une altitude et un aspect angulaire donné, un objet non furtif est théoriquement détectable par un radar à une distance de 200 milles nautiques (Nm), un objet LO le sera à environ 112 Nm et un objet VLO à seulement 36 Nm¹³.

La notion de maîtrise de l'air

Dans le domaine aérien, l'importance de la maîtrise des airs s'impose comme une évidence dès la Première Guerre mondiale. La création de l'aviation de chasse, branche spécialisée dans l'obtention de cette supériorité, en est une preuve évidente. D'un point de vue théorique, nombre d'auteurs s'emparent du sujet mais c'est Giulio Douhet qui laisse la trace la plus pérenne dans son ouvrage *Il dominio dell'aria*, publié en 1921 et revu en 1926¹⁴.

Le titre du livre est traduit en anglais par *Command of the Air*, référence évidente à l'œuvre d'Alfred Thayer Mahan, l'auteur de *The Influence of Sea Power upon History 1660–1783*¹⁵. Les stratéges maritimes sont en effet les premiers à introduire la notion de supériorité de milieu et à l'installer dans le vocabulaire militaire courant. La contribution de Mahan à la stratégie maritime est complétée au début du XX^e siècle par le concept de *sea control* du britannique Julian Corbett. Corbett montre que la maîtrise d'un milieu n'est pas nécessairement un état de supériorité totale, complète ou définitive. Elle correspond à une situation donnée et peut être pensée de manière différente selon ses objectifs et moyens.

Douhet oscille durant les années 1920 entre la priorité de « détruire les sources de l'activité aérienne ennemie » (son industrie aéronautique) et le développement d'un « avion de bataille », capable de combattre en l'air

12. K. Zikidis, A. Skondras et C. Tokas, « Low Observable Principles, Stealth Aircraft and Anti-Stealth Technologies », *Journal of Computations & Modelling*, vol. 4, n° 1, 2014, p. 129-165, disponible sur : www.researchgate.net.

13. *Ibid.*, p. 137.

14. G. Douhet, *Il dominio dell'aria*, *op. cit.*

15. A. T. Mahan, *The Influence of Sea Power upon History 1660–1783*, Little, Brown and Co, 1890.

pour neutraliser l'aviation ennemie et de frapper en surface¹⁶. En fait, Douhet est surtout intéressé par les applications potentielles que procure cette conquête de l'air. Maîtriser les airs offre l'opportunité de monopoliser l'usage de la troisième dimension tout en l'interdisant à son adversaire. L'ennemi, à la merci de bombardements de grande ampleur, n'aura selon lui d'autre solution rationnelle que d'abandonner la lutte.

Parmi les stratégestes aériens qui vont approfondir cette conception douhetienne de la puissance aérienne, le plus célèbre est John A. Warden, qui réfléchit dans les années 1980 à ce que signifie « être supérieur dans les airs ». Il pose qu'« avoir la supériorité aérienne, veut dire avoir un contrôle de l'air suffisant pour effectuer des attaques aériennes (pilotées ou non) sur l'ennemi sans opposition sérieuse et, à l'opposé, être libre du danger d'incursions aériennes ennemies sérieuses¹⁷ ». Il estime que disposer de la supériorité aérienne est une condition « cruciale » avant de débiter les opérations militaires. Une campagne aérienne sera perdue si l'ennemi devient maître des airs, avec des conséquences tragiques pour l'ensemble des composantes des forces militaires. Pour prévenir cette débâcle, ces mêmes composantes doivent participer ensemble à la conquête de la maîtrise des airs.

Ces penseurs montrent qu'il existe deux versants de la maîtrise aérienne. Le premier est offensif en ce qu'il permet de mettre en œuvre les conditions nécessaires pour que la puissance aérienne amie puisse produire ses effets. Le second est défensif, en ce qu'il empêche le camp ennemi d'employer la puissance aérienne comme il le souhaite contre les propres forces amies.

Quelle(s) définition(s) ?

La pratique opérationnelle d'un siècle de guerre aérienne amène à nuancer la vision des théoriciens. L'état de suprématie aérienne par exemple, souhaitée et conceptualisée par Douhet, n'est pas une situation habituelle dans la guerre aérienne. Trois éléments suscitent notamment des nuances sensibles pour caractériser le degré de maîtrise de l'air : il s'agit de la durée, de l'étendue géographique et altimétrique, et finalement du niveau de contestation que l'ennemi peut maintenir.

La durée de la maîtrise de l'air peut être variable. Elle peut n'être nécessaire que pendant un simple créneau de quelques minutes si l'objectif consiste dans la frappe d'un objectif particulier, comme lors de l'opération

16. T. Hippler, « L'évolution de la pensée politique et stratégique de Douhet », *Nacelles*, n° 9, 2020, disponible sur : <https://interfas.univ-tlse2.fr/nacelles/1022>.

17. J. A. Warden, *The Air Campaign*, Lincoln, iUniverse, 2000, p. 10.

*Hamilton*¹⁸. Elle peut s'étendre sur l'ensemble des phases d'une campagne aérienne, comme durant l'opération *Desert Storm*¹⁹.

En ce qui concerne l'aspect géographique, la maîtrise de l'air peut être restreinte s'il s'agit de défendre un point d'intérêt vital, comme une infrastructure critique, un centre de commandement ou un rassemblement de chefs d'État. Elle s'étend dans ce cas sur une dimension inférieure à une dizaine de kilomètres de rayon, même si elle doit prendre en compte la vitesse des avions volant vers cette zone et s'exercer sur une surface utile bien plus grande. Elle est locale quand son objet est la protection d'une opération ou d'une zone particulière, qui peut recouvrir une zone atteignant plusieurs milliers de kilomètres carrés. Enfin, elle peut s'appliquer sur l'ensemble d'un théâtre d'opérations, d'un pays ou d'une région du monde, en incluant potentiellement les voies de communication entre le théâtre et les pays alliés. La zone à couvrir peut alors être de l'ordre de centaines de milliers de kilomètres carrés.

À cette intégration de la surface s'ajoute la prise en compte de l'altitude. La maîtrise de l'air peut ne concerner, pour des raisons opérationnelles ou techniques, qu'une certaine tranche d'altitudes dans laquelle les vecteurs aériens pourront évoluer librement tandis que d'autres seront plus dangereuses (vol dans le domaine de missiles sol-air par exemple) ou impossibles à atteindre (limite de fonctionnement des réacteurs).

Au vu de ce qui précède, une définition de la supériorité aérienne moderne pourrait être : « La maîtrise de l'air caractérise la liberté d'action des forces amies utilisant le milieu aérien et réciproquement, la contrainte sur l'action des forces adverses utilisant le milieu aérien contre les forces amies. Elle est caractérisée par sa durée, son aire géographique et son domaine d'altitude. »

La supériorité aérienne caractérise donc un état opérationnel qui peut évoluer au cours du déroulement d'une campagne aérienne, en fonction de l'implication des deux belligérants, et qui peut s'appliquer à différentes zones d'opérations, à différentes altitudes selon une durée déterminée.

18. E. Moyal, « L'opération Hamilton... démonstration stratégique et puissance aérienne », *Revue de la défense nationale*, juin 2019, disponible sur : www.defnat.com.

19. T. A. Keaney et E. A. Cohen, *Gulf War Air Power Survey, Summary Report*, Washington D.C., Library of Congress, 1993, disponible sur : <https://media.defense.gov>.

Tableau 1 : Variations d'échelle et d'intensité de la maîtrise de l'air (et exemples d'application)

	Valeur caractéristique	Exemple d'application
Temporalité	Quelques minutes à quelques dizaines de minutes	Protection d'une zone d'objectif pour un raid offensif
	Quelques heures à quelques jours	Protection d'un événement ou d'une opération ponctuelle
	Permanente	Souveraineté, protection d'une opération ou d'un point sensible dans la durée
Géographie	Quelques dizaines de kilomètres	Protection d'un centre de gravité ami ou d'une zone d'objectif pour un raid offensif
	Quelques centaines de kilomètres	Protection d'une zone d'opération ou d'une ligne de front
	Quelques milliers de kilomètres	Supériorité de milieu à l'échelle d'un théâtre d'opérations
Altitude	Basse altitude (Sol – 15 000 ft)	Aviation de chasse Transport tactique Hélicoptères Drones tactiques Missiles de croisière Artillerie anti-aérienne Missiles sol-air dont MANPADS Drones anti-aériens
	Moyennes et hautes altitudes (15 000 ft – 66 000 ft)	Aviation de chasse Ravitaillement en vol Guerre électronique Reconnaissance Transport aérien Drones MALE et HALE Missiles sol-air
	Très hautes altitudes (66 000 ft – ligne de Kármán)	Reconnaissance Guerre électronique Missiles balistiques et hypervéloces
Intensité	Parité défensive	Adversaires trop faibles pour pouvoir exercer une influence aérienne significative
	Parité offensive	Influence aérienne des deux adversaires contre leurs forces mutuelles
	Supériorité aérienne	Un camp conserve l'initiative de ses actions aériennes tout en subissant une influence aérienne non prohibitive de l'adversaire sur ses propres forces
	Suprématie aérienne	Un camp est presque libre de ses actions aériennes en subissant une influence aérienne négligeable de l'adversaire sur ses propres forces
	Domination aérienne	Un camp est totalement libre de ses actions aériennes - l'adversaire n'a pas la moindre action aérienne sur ses propres forces

Pourquoi rechercher la supériorité aérienne ?

La supériorité aérienne permet d'appliquer sans réserve la puissance aérienne au profit de toute la gamme des objectifs tactiques, opératifs et stratégiques interarmées²⁰. Elle génère des effets décisifs dans tous les milieux et champs, mais elle est particulièrement efficace dans le domaine cinétique, à des distances et vitesses rarement accessibles aux autres composantes.

Un moyen pour une fin

Si des auteurs comme Douhet, Ritter²¹ ou Warden ont insisté sur la nécessité d'obtenir la supériorité aérienne, ce qui paraît être une évidence pour les aviateurs n'est pas toujours partagé. Le doute étant nourri par l'absence d'une chaîne de causalité directe entre la victoire militaire dans un milieu donné et la victoire dans une guerre. La défaite peut survenir dans un autre milieu physique, entraînant des conséquences bien plus graves, ou dans le champ politique, comme lors de la guerre du Vietnam, en Afghanistan ou au Sahel. Même si des avions ennemis sont abattus les uns après les autres, un tel résultat peut ne pas empêcher de perdre un conflit dans la sphère informationnelle.

Ce raisonnement était déjà celui du commandement français il y a un peu plus d'un siècle, qui s'effrayait des demandes des aviateurs pour vaincre les allemands dans les airs, peinant à comprendre l'utilité de nettoyer le ciel si Paris était conquis à la suite d'une offensive ennemie²². Pourtant, entre mars et juillet 1918, les avions de l'Entente interviennent à différentes reprises directement sur le champ de bataille pour enrayer les percées allemandes critiques. Les assauts aériens des Breguet 14 produisent des effets indéniables le 11 juin 1918 lors de la bataille de la Matz²³, anticipant la contre-attaque des troupes de Mangin qui se rassemblent, ou lors de la traversée de la Marne par les Allemands, en infligeant le 15 juillet 1918 des dommages significatifs aux péniches de débarquement ennemies et en démoralisant les troupes qui traversent le fleuve²⁴. Si ces attaques sont possibles, c'est parce que leurs actions ne sont pas empêchées par la chasse allemande.

La logique actuelle qui pousse à rechercher la supériorité aérienne demeure la même. Chasser les avions adverses du ciel ne provoque pas directement la défaite de l'ennemi, même si cela peut l'amener à renoncer,

20. Allied Joint Publication 3.3 Édition B Version 1, *op. cit.*, p. 1-10.

21. H. Ritter, *La Guerre aérienne*, CESA, La Documentation française, 2013, p. 211.

22. Général Voisin, *La Doctrine de l'aviation française de combat*, Paris, Lavauzelle, 1932, p. 39.

23. *Ibid.*, p. 135-138.

24. *Ibid.*, p. 139-143.

comme lors de la bataille d'Angleterre. Cette action donne l'opportunité de produire des effets essentiels, voire décisifs, en offrant la liberté d'action nécessaire à toutes les composantes, dans la logique des principes stratégiques de Foch, car leurs actions ne sont pas entravées par la puissance aérienne adverse. C'est le volet défensif de la supériorité aérienne. Moins de moyens sont mobilisés pour se défendre contre les attaques aériennes ennemies et elles disposeront de plus d'options qui seraient contraintes autrement. Les pertes humaines occasionnées par les bombardements ennemis sont limitées, voire même inexistantes. La United States Air Force (USAF) communique d'ailleurs régulièrement sur ce point : grâce aux moyens qu'elle consacre à la mission de supériorité aérienne, aucun soldat américain n'est mort depuis la guerre de Corée à la suite du tir d'un avion ennemi²⁵. La supériorité aérienne profite donc bien à la manœuvre interarmées.

Effets de la supériorité aérienne dans les autres milieux

Le *Field Marshal* Bernard Montgomery résume au sortir de la Seconde Guerre mondiale son appréhension du fait aérien : « Si nous perdons la guerre dans les airs, nous perdons la guerre, et nous la perdons rapidement²⁶. » La supériorité aérienne permet en effet d'appliquer sans réserve la puissance aérienne au profit de toute la gamme des objectifs tactiques, opératifs et stratégiques interarmées²⁷. Elle génère des effets décisifs dans tous les milieux et champs, mais elle est particulièrement efficace sur le plan cinétique, à des distances et vitesses inaccessibles aux autres composantes, et à un coût humain et matériel réduit, laissant au Winston Churchill d'après-guerre l'impression que :

« Pour le meilleur ou pour le pire, la maîtrise de l'air est aujourd'hui l'expression suprême de la puissance militaire...²⁸ »

Lorsqu'elle opère au profit des forces terrestres, la puissance aérienne apporte une concentration de feu inégalée à toutes les distances, de l'appui-feu direct (*Close Air Support* – CAS), à l'interdiction (*Air Interdiction* – AI) bien au-delà des portées de l'artillerie actuelle, et dans des volumes de feu inaccessibles au petit nombre d'armes sol-sol à très longue portée envisagées pour la décennie à venir²⁹.

25. P. Grier, « April 15, 1953 », *Air Force Magazine*, juin 2011, disponible sur : www.airandspaceforces.com.

26. « If we lose the war in the air, we lose the war, and we lose it quickly. » Cité par P. S. Meilinger, *Ten Propositions Regarding Airpower*, USAF School of Advanced Airpower Studies, Maxwell AFB, 1995.

27. Allied Joint Publication 3.3 Édition B Version 1, *op. cit.*, p. 1-10.

28. « For good or for ill, air mastery is today the supreme expression of military power... » Discours prononcé par W. Churchill, MIT Mid-Century Convocation, Boston, 31 mars 1949.

29. Allied Joint Publication 3.3 Édition B Version 1, *op. cit.*, p. 1-11.

Le CAS permet de renverser des situations tactiques critiques, comme lors de la bataille de Kamdesh en 2009 en Afghanistan³⁰. Une frappe aérienne massive permet également de créer des brèches décisives dans un front terrestre, comme lors de l'opération Cobra, dans le bocage Normand, en 1944³¹. L'armée russe profite de cet avantage tactique depuis l'introduction en masse des kits planants UMPK³² début 2024, tirés à haute altitude depuis les territoires sous leur contrôle, sans être menacés par la chasse ou les batteries sol-air ukrainiennes à longue portée déployées pour protéger Kyiv³³. Comme le précise un combattant ukrainien d'Avdiïvka contraint de se retirer en avril 2024 :

« Ces bombes détruisent complètement n'importe quelle position. Tous les bâtiments et les structures sont pulvérisés après l'impact d'une seule d'entre elles et ils en larguent soixante à quatre-vingts sur nous en une seule journée. ³⁴ »

À l'échelle opérative, l'interdiction ralentit ou empêche les mouvements adverses vers le front³⁵, comme illustré par les trois semaines que met la 2^e division Panzer SS *Das Reich* en juin 1944 pour rejoindre la Normandie dans le chaos³⁶. Elle gêne également les mouvements latéraux derrière la ligne de front, facilitant l'exploitation des percées comme celle des alliés en Italie en 1943³⁷. Elle transforme une retraite en bon ordre en déroute, comme sur « l'autoroute de la mort » en Irak en 1991³⁸ ou, à l'inverse, peut sauver de la destruction une armée qui se replie, comme lors de la retraite de la 8^e armée américaine en Corée à l'automne 1950³⁹.

À l'échelle stratégique, les opérations aériennes de soutien aux forces terrestres permettent de compenser une infériorité numérique terrestre et de générer une attrition insoutenable pour l'adversaire comme durant l'opération *Desert Storm*, qui voit en 41 jours l'aviation de la coalition détruire le potentiel de combat et le moral de la 6^e armée terrestre mondiale⁴⁰.

En plus de cette puissance de feu caractéristique, la puissance aérienne génère des effets uniques dans tous les domaines clés du combat terrestre dans la profondeur, en particulier dans la reconnaissance, la logistique, les

30. J. Tapper, *The Outpost: An Untold Story of American Valor*, New York, Back Bay Books, 2013.

31. M. Hastings, *Overlord: D-Day and the Battle for Normandy*, New York, Vintage Books, 2006.

32. « Russia Develops Guidance Modules for Air-dropped Munitions », Ukraine Field Dispatch, Conflict Armament Research, décembre 2023, disponible sur : <https://storymaps.arcgis.com>.

33. P. Butowski, « The Truth About Russia's Mysterious Winged Glide Bombs », *The War Zone*, 19 juillet 2023, disponible sur : www.twz.com.

34. J.-P. Lefief, « Les bombes planantes, « arme absolue » des forces russes, ou révélateur du sous-équipement des Ukrainiens ? », *Le Monde*, 23 avril 2024, disponible sur : www.lemonde.fr.

35. Allied Joint Publication 3.3 Édition B Version 1, *op. cit.*, p. 1-10.

36. J. A. Warden, *The Air Campaign*, *op. cit.*, p. 76-77.

37. *Ibid.*, p. 78-79.

38. T. A. Keaney et E. A. Cohen, *op. cit.*, p. 112-117.

39. J. A. Warden, *The Air Campaign*, *op. cit.*, p. 72-73.

40. T. A. Keaney et E. A. Cohen, *op. cit.*, p. 102-117.

opérations spéciales et l'évacuation sanitaire : flexibilité, fulgurance et concentration de la puissance de feu⁴¹.

Dans le domaine naval, cette concentration de puissance de feu est particulièrement critique vu le faible nombre de cibles et leur petite empreinte à la surface. La supériorité aérienne, même fugace, permet d'abord et avant tout de remporter le combat naval⁴².

La bascule de la puissance maritime de l'ère du cuirassé vers l'ère du porte-avions au cours de la Seconde Guerre mondiale illustre la criticité de la contribution de l'arme aérienne au combat naval. Durant la bataille de Midway, le 3 juin 1942, 47 bombardiers légers mettent hors de combat trois porte-avions en cinq minutes⁴³. Par comparaison, le matin du 25 octobre 1944, lors de la bataille du détroit de Surigao, deux heures sont nécessaires à une force navale écrasante pour couler deux cuirassés obsolètes, un croiseur et trois destroyers⁴⁴.

Depuis 1943 et la bataille de l'Atlantique, la puissance aérienne s'est également révélée un multiplicateur d'effets dans la lutte anti-sous-marine, par sa capacité unique à couvrir des grandes surfaces océaniques et à trouver et détruire les sous-marins adverses à distance, avant qu'ils n'arrivent à portée de tir des navires amis⁴⁵.

Enfin, la puissance aérienne permet aussi d'étendre le combat à l'interdiction d'accès aux bases navales et d'y surprendre des flottes, comme à Pearl Harbor et à Tarente⁴⁶, ainsi que d'attaquer la logistique indispensable aux opérations maritimes et de fermer des détroits.

Au niveau stratégique, la puissance aérienne a démontré au cours du XX^e siècle une capacité unique à attaquer directement les centres de gravités adverses en s'affranchissant des obstacles géographiques et militaires. L'efficacité de ces frappes stratégiques dépend avant tout de l'identification et de l'analyse systémique de ces centres de gravités, et donc de la qualité du ciblage, parmi lesquels on peut citer :

- La destruction des centres de production industrielle de l'ennemi, cible de la *Combined Bomber Offensive* alliée contre l'Allemagne nazie décidée à Casablanca en janvier 1943, au succès très mitigé⁴⁷.

41. Allied Joint Publication 3.3 Édition B Version 1, *op. cit.*, p. 1-14.

42. *Ibid.*, p. 1-11.

43. W. J. Koenig, *Epic Sea Battles*, Londres, Peerage Books, 1975, p. 212-232.

44. D. A. Johnson, « How the Battle of Surigao Strait Brought Revenge for Pearl Harbor », Warfare History Network, décembre 2008, disponible sur : <https://warfarehistorynetwork.com>.

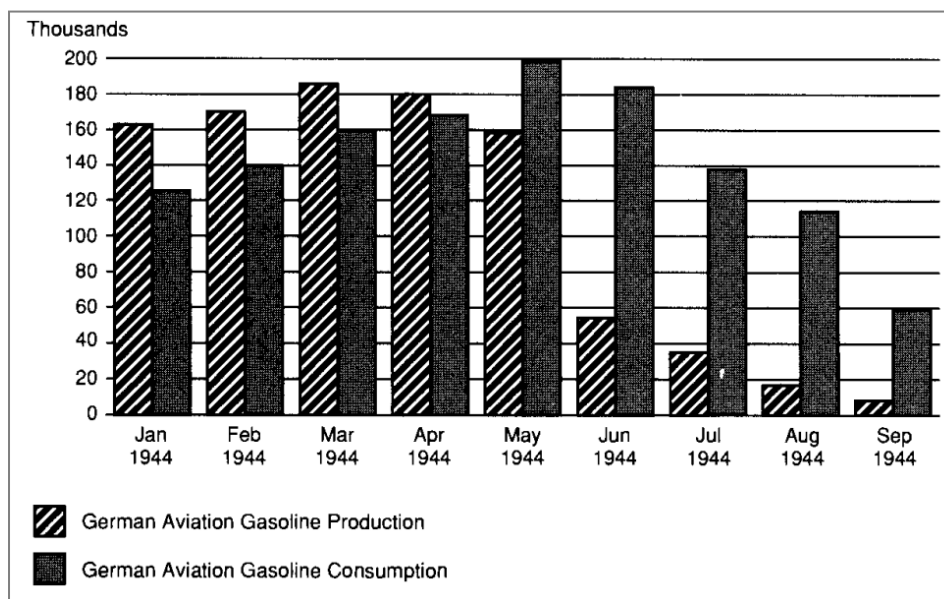
45. P. Facon, *La Guerre Aérienne (1933-1945)*, Docavia, Éditions Larivière, 2003, p. 114-121.

46. D. Hardin, *Operation Judgment*, Londres, Magna Large Print Books, 2008.

47. *The United States Strategic Bombing Surveys (European War) (Pacific War)*, Maxwell Air Force Base, Air University Press, 2001, disponible sur : www.airuniversity.af.edu ; W. A. Jacobs, « Operation OVERLORD », *Case Studies for the achievement of Air Superiority*, Air Force History and Museum Programs, 1994, p. 292-293, disponible sur : <https://media.defense.gov> ; P. Facon, *La Guerre aérienne (1933-1945)*, Docavia, Éditions Larivière, 2003, p. 135-146.

- La dégradation des réseaux de transport et des ressources critiques à la capacité d'une nation à continuer le combat, comme l'industrie pétrolière nazie, dont la destruction presque complète par l'aviation américaine au cours du deuxième semestre 1944 a paralysé les armées allemandes et une partie de son industrie⁴⁸.

Schéma 1 : Production et consommation allemandes de carburant d'aviation



Source : W. A. Jacobs, « Operation OVERLORD », op. cit., p. 297.

- Enfin, la paralysie stratégique par l'attaque des centres de pouvoir et de décision, et des communications de l'adversaire, point d'attention particulier de Warden⁴⁹. Si les positions parfois outrancières de ses apôtres ont pu décrédibiliser cette approche, elle a cependant produit des effets remarquables en 1991 et en 2003 en Irak, en 1999 en Serbie, et reste au cœur de la doctrine occidentale moderne⁵⁰.

La supériorité aérienne est donc rarement une fin en soi, mais plutôt une condition décisive qui permet à la puissance aérienne d'agir comme multiplicateur d'effets aux côtés des autres composantes et d'obtenir des effets stratégiques décisifs et rapides en réduisant radicalement les pertes de toutes les composantes.

48. C. Gray, *Air Power for Strategic Effects*, Maxwell (Alabama), Air University Press, 2012, p. 143, disponible sur : www.airuniversity.af.edu.

49. D. S. Faddock, *La Paralysie stratégique par la puissance aérienne – John Boyd et John Warden*, Paris, Economica, 1999 ; E. Luttwak, *La Renaissance de la puissance aérienne stratégique*, Paris, Economica, 1998 ; J. A. Warden III, « The Enemy as a System », *Airpower Journal*, vol. IX, n° 1, printemps 1995, disponible sur : www.airuniversity.af.edu.

50. R. A. Pape, *Bombing to Win – Air Power and Coercion in War*, Ithaca, Cornell University Press, 1996 ; C. Gray, *Air Power for Strategic Effects*, op. cit., p. 52.

Supériorité aérienne et victoires militaires

Cette approche est confirmée par les résultats d'une étude universitaire récente. R. Saunders et M. Souva de la Florida State University ont ainsi réalisé une étude quantitative où ils analysent la relation entre l'obtention de la supériorité aérienne et la victoire finale⁵¹. Comme ils le font remarquer, la supériorité aérienne valorise la manœuvrabilité des troupes de son propre camp, qui peuvent se déplacer rapidement et sans opposition sérieuse vers un point faible du dispositif ennemi. Par ailleurs, elle produit les conditions nécessaires pour stopper plus facilement une offensive adverse grâce à un surcroît de puissance de feu disponible par les airs. D'une manière générale, la supériorité aérienne facilite les opérations combinées aéroterrestres.

Les chercheurs ont intégré dans leur étude initiale 45 conflits qui se sont déroulés entre 1932 et 2003, impliquant 99 participants. Deux conclusions principales ressortent de leurs travaux. La première est que dans quatre cas sur cinq, au niveau tactique, les vainqueurs des batailles décisives disposaient de la supériorité aérienne. Dans deux cas seulement, une armée maîtrisant les cieux a perdu une bataille décisive. Ces résultats peuvent cependant être nuancés. Le premier cas de défaite est celui de l'Italie face à la Grèce en 1940, dans lequel l'appui aérien apporté par les Britanniques aux Grecs n'est pas pris en compte. Le second cas est celui du Cambodge contre le Vietnam. Le Cambodge bénéficiait des bombardements américains contre les Viêt-Cong, mais il n'y avait aucune coordination entre les deux armées. Selon les auteurs, la supériorité aérienne est la variable dont l'effet est le plus important sur l'issue d'une bataille. Les auteurs affirment même que la maîtrise de l'air a un effet plus grand pour la décision finale que l'adoption du système de forces terrestres modernes développé par S. Biddle⁵².

La recherche de la supériorité aérienne semble ainsi être étroitement associée à l'art de la guerre occidental. Remettre en cause cette approche revient à penser la guerre autrement et à imaginer des affrontements beaucoup plus longs et sanglants, qui remettraient en question la place de l'engagement militaire dans les sociétés occidentales.

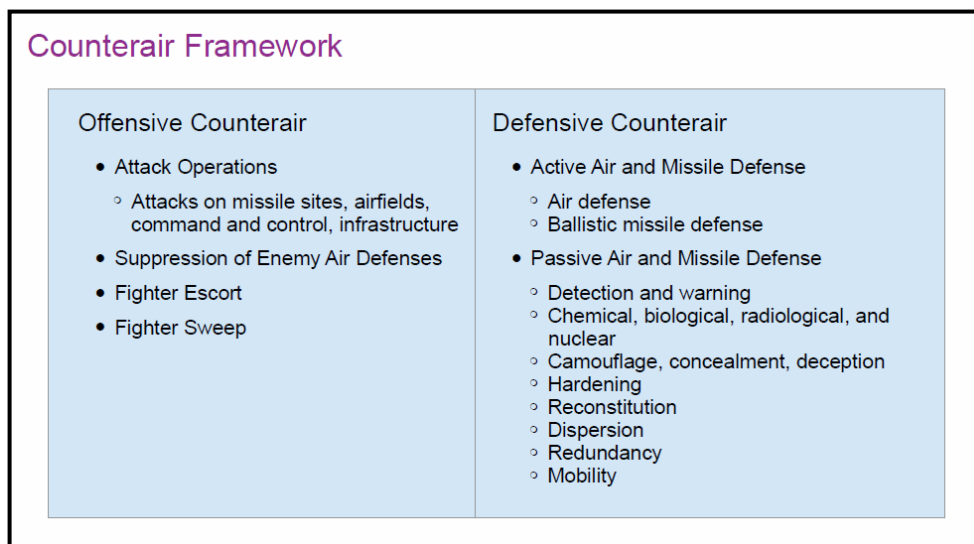
51. R. Saunders et M. Souva, « Air Superiority and Battlefield Victory », *Research & Politics*, vol. 7, n° 4, octobre 2020, disponible sur : www.researchgate.net.

52. S. Biddle, *Military Power: Explaining Victory and Defeat in Modern Battle*, Princeton, Princeton University Press, 2006.

Comment rechercher la supériorité aérienne ?

La lutte pour la supériorité aérienne a fait partie intégrante de tous les conflits majeurs du XX^e siècle. Après une première période, entre 1914 et 1940, d'héroïsme individuel, d'expériences et de prophéties, le combat aérien, à partir du printemps 1941, est déterminé par une approche industrielle et massive. À partir de la banalisation de l'emploi des missiles sol-air durant la guerre du Vietnam, l'accélération des technologies, en particulier dans le domaine de l'électronique embarquée et de la maîtrise de l'information, transforme profondément la nature de la guerre aérienne. Dans la doctrine occidentale moderne, la supériorité aérienne est une ligne d'opérations interarmées qui s'articule autour de deux approches, offensive et défensive.

Schéma 2 : Concept cadre de supériorité aérienne de l'USAF



Source : US Joint Publication 3-01, *Countering Air and Missile Threats*, 21 avril 2017, p. I-5, disponible sur : <https://irp.fas.org>.

Une brève histoire de la conquête de la supériorité aérienne

Les armées découvrent la guerre aérienne pendant la Première Guerre mondiale, avec ses principes et ses contraintes. La supériorité aérienne change régulièrement de camp sur le front ouest entre Alliés et Allemands au cours du conflit. La maîtrise de la technologie joue d'abord un rôle important, en déterminant les performances intrinsèques des avions. Le Fokker *Eindecker*, premier avion à pouvoir tirer à travers son hélice, domine les cieux à partir du second semestre de 1915, à tel point que les Britanniques parlent du fléau Fokker (*Fokker Scourge*). L'apparition du Nieuport 11 ou *Bébé Nieuport* lors de la bataille de Verdun, beaucoup plus maniable, contribue à renverser la situation jusqu'à l'apparition de

l'Albatros D.III allemand, aux performances supérieures, et ainsi de suite jusqu'aux affrontements entre Spad XIII et Fokker D.VII en 1918.

D'autres déterminants comme la spécialisation des unités (en *Kek* puis en *Jasta* et *Geschwadern* pour les Allemands, en escadrille et en groupe d'escadrilles, voire en division aérienne pour les Français) qui augmentent progressivement de taille sont également à souligner. C'est cependant la puissance industrielle et la capacité à produire en nombre des avions de qualité qui s'avèrent essentielles. La guerre dans les airs en 1918 ressemble de ce point de vue à la guerre terrestre. Le général Spaatz, commandant des forces stratégiques américaines en Europe pendant la Seconde Guerre mondiale, résume cet état de fait en affirmant que « la maîtrise de l'air peut être établie grâce à la supériorité du nombre, un meilleur emploi, de meilleurs équipements ou par une combinaison de ces facteurs ».

La Seconde Guerre mondiale confirme en effet ces leçons. Elle s'étend au champ électromagnétique avec le développement des radars et des contre-mesures électroniques. Elle montre une nouvelle fois que l'obtention de la supériorité aérienne réclame des efforts constants et coûteux face à un adversaire de force égale. Les Allemands, appliquant une stratégie aérienne erratique, n'y parviennent pas à l'été 1940 contre les Britanniques pendant la bataille d'Angleterre. Entre février 1942 et avril 1944, les Alliés perdent 10 338 avions et un total de 55 097 hommes⁵³ lors de leur campagne de bombardement stratégique au-dessus de l'Allemagne qui permet, entre autres, de chasser la Luftwaffe des cieux du théâtre ouest-européen.

Après 1945, la recherche de la supériorité aérienne s'inscrit souvent dans le contexte de guerres limitées par des contraintes politiques ou stratégiques. L'aviation américaine est par exemple entravée dans son action en Corée où elle ne peut attaquer directement les aérodromes chinois d'où décollent les avions de chasse communistes qui menacent ses bombardiers et chasseurs-bombardiers. Au Vietnam, souhaitant éviter toute escalade, les Américains ne frappent les bases aériennes du Nord qu'en 1967, deux années après le début de l'offensive aérienne Rolling Thunder (1965-1968).

En même temps, de nouvelles technologies ou modes d'action apparaissent, qui compliquent la nature de la lutte pour la supériorité aérienne. Déclinant leur affection pour l'artillerie dans le domaine sol-air, les Soviétiques développent plusieurs modèles successifs de batteries sol-air équipées de missiles, qui sont spécialisées pour les tirs couvrant différentes portées et altitudes, comme les S-75 (SA-2 Guideline), S-200 (SA-5 Gammon) et Kub (SA-6 Gainful) et Osa (SA-8 Gecko). Elles causent lors de leur introduction des pertes sévères aux aviations américaines et israéliennes. Lors de Rolling Thunder (1965-1968), la US Air Force (USAF)

53. J. Ellis, *The World War II Data Book*, Londres, Aurum Press, 1993, p. 217.

perd autant d'avions (66) à la suite de tirs de SA-2 que lors de combats aériens contre des MiG (60)⁵⁴. L'aviation israélienne, qui compte 357 avions le 1^{er} avril 1973, est incapable de percer la défense sol-air égyptienne dans les premiers jours de la guerre du Kippour. Elle perd officiellement 102 avions lors des affrontements contre ses voisins arabes, principalement du fait des tirs sol-air⁵⁵, et ne regagne la supériorité aérienne dans le secteur du canal de Suez que lorsque les unités terrestres enfoncent les lignes égyptiennes, avec de lourdes pertes, et neutralisent avec leur artillerie les SA-6 déployés sur la rive ouest du canal.

Les Occidentaux lancent de nombreux programmes industriels pour limiter la menace représentée par les batteries soviétiques. Des contre-mesures électroniques sont mises en place en même temps que le développement d'unités spécialisées, équipées de chasseurs F-105F Thunderchief puis F-4G Phantom modifiés pour la guerre électronique, surnommés Wild Weasel, pour neutraliser les systèmes sol-air soviétiques. Ils emploient des missiles AGM-45 Shrike puis AGM-78 Standart ARM qui se guident sur les émissions des radars, les remontent et volent jusqu'à leur source pour la détruire.

Par ailleurs, mettant en œuvre des principes de *fleet in being* de Corbett, d'autres acteurs privilégient les actions ponctuelles contre une armée de l'air dominante. Le but est de lui infliger des dégâts réguliers tout en limitant les siens. Sa propre armée de l'air est relativement préservée, le combat peut continuer et l'adversaire est empêché de dominer le ciel. La Royal Air Force avait déjà procédé de la sorte contre la Luftwaffe pendant la bataille d'Angleterre jusqu'au début de septembre 1940. Les MiG vietnamiens, dans les années 1960-1970, tentent généralement une seule passe de tir contre les raids américains avant de fuir et replonger vers leurs bases aériennes. Parfois, les responsables aériens choisissent même de ne pas faire décoller leurs avions pour préserver leurs forces aériennes. En 1999, conscients de leur très grande infériorité, les Serbes renoncent après les premiers jours des opérations au Kosovo à défier l'aviation occidentale dans les airs, mais maintiennent en état de vol leurs unités. En restant « en vie », ils font peser une menace latente, dans la logique de *fleet in being* de Corbett, dont les planificateurs occidentaux doivent tenir compte, qui les contraignent à disperser des moyens utiles pour d'autres tâches.

Pour autant, l'USAF trouve les ressources pour rétablir sa supériorité dans les airs. Analysant les enseignements des guerres récentes, maîtrisant les arcanes de la guerre électronique, mettant en œuvre des avions de chasse furtifs « invisibles » par les radars, les forces aériennes américaines font aboutir durant les années 1980 une pensée doctrinale très aboutie.

54. USAF, *Comparative Analysis of USAF Fixed-Wing Aircraft Losses in SEA Combat*, AFFDL-TR-77-115 (décembre 1977), Tableau A-1, (Partie 1), p. 78.

55. L. Nordeen, *Fighters Over Israel*, New York, Orion Books, 1990, p. 146.

Elles paralysent le système de défense aérienne irakien en 1991 lors de la guerre du Golfe, en attaquant notamment ses infrastructures de commandement et en détruisant systématiquement les avions irakiens au sol ou en vol⁵⁶.

Cette démonstration de force impressionne fortement les esprits et le plan mis en œuvre devient une sorte d'idéal-type pour les forces occidentales. Il est possible d'obtenir la suprématie aérienne pourvu que ce soit un objectif déclaré, accepté par tous et que les ressources nécessaires y soient consacrées. Ce doit être la première priorité avant de mener d'autres actions militaires plus complexes. Une période de suprématie aérienne s'ouvre, comme le prouve le ratio de victoires aériennes obtenu par les F-15 ou les F-16 qui serait respectivement de l'ordre de 103 contre 0 et de 76 contre 1⁵⁷.

Après avoir été défiées dans les années 1960 et 1970 par le développement de la défense sol-air soviétique, les aviations occidentales ont repris le dessus dans la lutte incessante contre leurs adversaires pour détenir la supériorité aérienne. Elles se sont appuyées sur des évolutions technologiques performantes, des doctrines pertinentes et ont eu le luxe d'affronter dans des guerres de choix des adversaires inférieurs.

Gagner la supériorité aérienne aujourd'hui : aspects offensifs

Afin de gagner la supériorité aérienne, la doctrine occidentale comporte deux volets, correspondant aux aspects offensifs et défensifs précédemment décrits. D'un point de vue offensif, la mission principale est appelée *Offensive Counter Air* (OCA)⁵⁸. Elle est évoquée pour la première fois en 1943 dans le manuel FM 100-200 de l'US Army, qui décrit la manière dont les aviateurs américains conçoivent la guerre aérienne après la défaite de Kasserine. Selon ce texte :

« La supériorité aérienne est obtenue au mieux par l'attaque des aérodromes adverses, la destruction des aéronefs au sol, et par l'action des chasseurs en vol. Cette méthode est beaucoup plus efficace que toute couverture aérienne de chasse au-dessus de nos propres troupes. »

56. R. Hallion, *Storm over Irak: Air Power and the Gulf War*, Washington D.C., Smithsonian Institute, 1992.

57. J. Meilak, « The Combat Statistics for All the Aircraft Currently in Use », blog MiGFlug, non daté, disponible sur : <https://migflug.com>.

58. « Air superiority is best obtained by the attack on hostile airdromes, the destruction of aircraft at rest, and by fighter action in the air. This is much more effective than any attempt to furnish an umbrella of fighter aviation over our own troops », Field Service Regulation FM 100-20, *Command and Employment of Air Power*, Washington D.C., War Department, US Government Printing Office, 21 juillet 1943, p. 11, disponible sur : www.ibiblio.org.

Son but est de neutraliser le potentiel aérien de l'adversaire au-dessus du territoire ennemi, en ciblant son aviation et ses défenses sol-air⁵⁹.

Le premier but recherché par cette mission⁶⁰ est la neutralisation des moyens aériens de l'adversaire au sol, des infrastructures et soutiens critiques permettant leur emploi, voire des usines qui les produisent⁶¹. La destruction d'un avion au sol peut produire un effet immédiat sur la bataille aérienne⁶², mais les conséquences auront tendance à s'estomper si l'adversaire peut produire d'autres avions dans des usines intactes, ou en importer de l'étranger. Ce ciblage tactique est donc bien adapté pour des campagnes aériennes courtes et rapides, ou face à des pays ayant des capacités de production aéronautiques inexistantes ou limitées. À l'inverse, la frappe dans le cadre d'une campagne de ciblage contre les usines de production d'avions adverses ou leur chaîne d'approvisionnement critique donnera des résultats perceptibles à plus long terme, qui seront plus durables et structurels.

Outre les aéronefs, il existe un ensemble de cibles comme les aérodromes, les réserves de carburant, les dépôts de munitions, les radars de veille terrestres, les moyens de guerre électronique et les centres de commandement et de contrôle, dont la destruction produit cette fois des effets à court et moyen termes, limitant sévèrement la liberté d'action adverse dans les airs⁶³. Certaines de ces cibles sont facilement réparables, comme les pistes d'aérodromes. Elles doivent être frappées de manière régulière pour être neutralisées.

Le deuxième but de cette posture offensive est de détruire les avions adverses dans les airs. Deux types de tactiques sont retenus à cet effet. Les « *sweeps* », ou missions de chasse libre, et l'escorte accompagnent plus ou moins étroitement des chasseurs-bombardiers. Historiquement, le débat entre l'efficacité opérative de la *sweep* et de l'escorte a été tranché en faveur de la première mission. Attacher des chasseurs à une formation d'autres avions restreint en effet leur liberté d'action pour le combat aérien qui nécessite, au contraire, fluidité et fulgurance. Pour autant, l'escorte ne peut être négligée jusqu'à la neutralisation de l'aviation adverse, ne serait-ce que pour limiter des pertes en avions d'attaque.

Enfin, le troisième but de la mission OCA est la neutralisation ou la destruction des défenses sol-air ennemies, connue sous l'acronyme anglo-saxon *Suppression of Enemy Air Defenses* (SEAD). À ce jour, seuls les États-Unis possèdent la palette complète de capacités pour réussir cette mission, à laquelle peuvent contribuer localement une dizaine d'autres

59. Allied Joint Publication 3.3 Édition B Version 1, *op. cit.*, p. 1-9.

60. Field Service Regulation FM 100-20, *Command and Employment of Air Power*, *op. cit.*, p. 11.

61. US Air Force Doctrine Publication 3-01, *Counterair Operations*, 15 juin 2023, p. 4, disponible sur : www.doctrine.af.mil.

62. *Ibid.*, p. 26-27.

63. *Ibid.*

armées de l'Air occidentales ainsi qu'Israël. Cette palette repose sur une combinaison de leurrage, de brouillage radar et radio, d'attaque cyber et d'attaque cinétique avec des missiles antiradars et de croisière ou de l'artillerie à longue portée ou navale et des opérations spéciales. Il est à noter que la mission SEAD peut imposer une prise de risque considérable pour les avions qui en sont chargés, en particulier s'ils ne sont pas furtifs, contre des défenses sol-air intégrées modernes et multicouches.

Ces trois approches (frappe sur les moyens terrestres, combat aérien et SEAD) sont complémentaires et *a priori* toutes nécessaires dans un environnement de haute intensité. En Ukraine, l'incapacité des forces aérospatiales russes (VKS) à coordonner les différentes composantes OCA entre elles, voire à être en mesure de mener à bien la seule mission SEAD, a largement contribué à leur échec opératif⁶⁴. Elles n'ont pas pu acquérir la supériorité aérienne dans les premiers jours de l'invasion, ni dans les mois qui ont suivi, et cet échec pèse lourd dans l'échec des opérations offensives terrestres de l'armée russe et dans l'attrition subie par ses unités⁶⁵.

Gagner la supériorité aérienne : aspects défensifs

Si l'OCA est la mission privilégiée par les armées de l'air occidentales contemporaines, opérant souvent à grande distance de leurs bases, son versant défensif, la *Defensive Counter Air* (DCA⁶⁶) a pour but de protéger les forces armées, la population, les infrastructures et d'une manière générale ses propres intérêts face aux attaques aériennes de l'adversaire. Les missions de DCA peuvent se répartir entre missions de DCA active et de DCA passive⁶⁷.

La DCA active cherche à détruire les forces adverses qui chercheraient à pénétrer dans l'espace aérien pour frapper des cibles amies⁶⁸. Elle repose sur le triptyque incontournable de détection/identification/engagement, assuré par des capacités de détection (essentiellement radar) adaptées au volume de l'espace à protéger, une chaîne de commandement et de contrôle, et des moyens d'engagement cinétiques adaptés aux menaces. Les avions de chasse et les défenses sol-air constituent les moyens d'engagement principaux.

64. J.-C. Noël, « Quelle campagne aérienne au-dessus de l'Ukraine ? Premiers éléments de réflexion », *Briefing de l'Ifri*, Ifri, 31 mars 2022, disponible sur : www.ifri.org.

65. J. Bronk, « The Mysterious Case of the Missing Russian Air Force », *Commentary*, RUSI, 28 février 2022, disponible sur : <https://rusi.org>.

66. Qui est aussi l'acronyme historique français de la Défense Contre Aéronef, moins utilisé aujourd'hui que Défense Sol-Air (DSA).

67. J. R. Carter, *Airpower and the Cult of the Offensive*, College of Aerospace Doctrine, Research and Education, Air University, octobre 1998, p. 9, disponible sur : <https://media.defense.gov>.

68. Joint Doctrine Publication 0-30, *UK Air Power*, novembre 2022, p. 30, disponible sur : <https://assets.publishing.service.gov.uk>.

Les chasseurs de défense aérienne pouvaient engager la majorité des menaces connues jusqu'à récemment. Ils présentent plusieurs avantages fondamentaux, qui expliquent en partie pourquoi les forces aériennes occidentales ont historiquement orienté leurs efforts vers cette capacité.

Les avions de chasse participent à la défense dans la profondeur, en pouvant détecter et engager les menaces très en avant des positions à défendre, ce qui donne à la défense plus de temps pour agir⁶⁹. D'un point de vue plus tactique, les dispositifs aériens peuvent se repositionner aisément face à des attaques empruntant un axe non défendu. La détection aérienne des cibles conventionnelles volant à basse altitude est également beaucoup plus facile depuis un avion de chasse qui peut s'affranchir en partie des reliefs et de la rotondité terrestre, contrairement à un système sol-air. Les pilotes peuvent également identifier à vue leur cible, et éviter dans certains cas les risques de dommages collatéraux ou de tirs fratricides⁷⁰. Enfin, d'un point de vue financier, les missiles air-air sont en moyenne quatre fois moins chers que leurs équivalents sol-air de portée équivalente : un missile AIM-120D coûte un peu plus d'un million de dollars (M\$), un PAC-3 ou un SM-6 environ 4 M\$⁷¹.

Les chasseurs de défense aérienne ont cependant un défaut majeur : leur persistance dans les airs est faible, ce qui impose pour une défense continue un effort significatif en termes d'hommes et de machines. Les VKS ne disposent par exemple que d'une capacité de ce type très limitée en Ukraine, avec seulement deux *Combat Air Patrol* (CAP) permanentes d'un ou deux avions⁷². Ceci explique en partie le très faible nombre d'engagements air-air répertoriés sur ce théâtre depuis le 24 février 2022.

L'autre moyen efficace pour engager des menaces aériennes est constitué par l'ensemble des défenses sol-air, qui regroupe plusieurs familles de systèmes allant de l'artillerie anti-aérienne à la défense antimissile balistique. Ces systèmes possèdent des qualités propres qui complètent celles de l'aviation de chasse. Un système sol-air est par exemple très adapté pour un emploi dans la durée. Son empreinte au sol est par ailleurs relativement faible, comparée à la dimension d'une base aérienne. Plusieurs types de systèmes, létaux à différentes altitudes, peuvent être concentrés dans un espace restreint pour s'assurer un soutien mutuel et compliquer l'engagement SEAD de l'adversaire. Une batterie de missiles sol-air (*Surface to Air Missile – SAM*) courte portée peut ainsi défendre un système longue portée contre les armes antiradar en phase terminale, tandis que le système longue portée peut éloigner les avions porteurs d'armement SEAD avant même qu'ils ne puissent tirer. Enfin, les

69. US Air Force Doctrine Publication 3-01, *op. cit.*, p. 27.

70. NATO MC 362/1 *Rules of Engagement*, 23 juillet 2003.

71. « What the Patriot Missile System Can Do for Ukraine », *CBS News*, 21 décembre 2022, disponible sur : www.cbsnews.com.

72. Entretien de recherche auprès d'officiers de l'armée ukrainienne.

réserves de munitions d'une batterie de défense sol-air sont en général plus importantes que les munitions emportées par une patrouille d'avions de chasse. Les batteries peuvent faire face à un nombre de menaces plus important par unité de temps.

La défense sol-air est par conséquent très adaptée à la défense des cibles ponctuelles à haute valeur ajoutée contre tous les types de menaces. Son emploi est en revanche mal adapté pour défendre efficacement un large front continu. La ligne de front en Ukraine, longue d'environ 1 000 kilomètres (km), est défendue côté russe par environ 1 000 objets (radars, véhicules lance-missiles, postes de commandement) participant à la défense sol-air⁷³ et qui ne parviennent pourtant pas à former une barrière hermétique⁷⁴.

Une DCA trop appuyée sur la défense sol-air peut susciter des risques de dommages collatéraux importants contre des avions civils et des tirs fratricides contre des avions amis, exigeant en contrepartie des règles d'engagement très strictes.

Rappelons pour clore ce panorama les caractéristiques de la DCA passive, qui désigne l'ensemble des moyens et mesures prises pour diminuer l'efficacité d'une attaque aérienne adverse ayant échappé aux avions de chasse ou aux batteries sol-air⁷⁵. Le camouflage, la dissimulation, le leurrage, le durcissement, la discipline électronique participent à cette mission. La dispersion des moyens est également essentielle. La DCA passive est cependant tombée quelque peu en désuétude depuis la fin de la guerre froide au sein des démocraties occidentales, peu menacées par des frappes aériennes sur leur territoire.

Aujourd'hui, l'approche occidentale de la DCA repose donc sur une combinaison de chasseurs de défense aérienne positionnés sur les axes les plus probables d'arrivée des menaces, soutenus par un avion de détection et de contrôle AWACS et des ravitailleurs, en avant d'une défense sol-air multicouche employée comme dernier filet de sécurité.

En conclusion de cette première partie, retenons quelques principes issus de l'expérience de la guerre aérienne du XX^e siècle, simples mais essentiels au paradigme occidental de la supériorité aérienne :

- obtenir la supériorité aérienne contribue très significativement au succès militaire d'une opération interarmées, et dans une moindre mesure si cette supériorité est strictement défensive ;
- une posture offensive est plus propice à l'obtention de la supériorité aérienne que la posture défensive ;

73. Entretien de recherche auprès d'officiers de l'armée ukrainienne.

74. P. Grasser, « Des vides et des pièges : défendre l'espace aérien russe », *Vortex*, n° 3, CESA, juin 2022, p. 163-177, disponible sur : www.calameo.com.

75. Allied Joint Publication 3.3, Édition B Version 1, *op. cit.*, p. 1-9.

- le meilleur ratio d'attribution des forces est donc celui qui maximise les effets de l'OCA tout en ne gardant que le minimum de ressources dédiées à la DCA pour protéger les forces militaires ainsi que les autres centres de gravité amis.

Si l'approche occidentale de la supériorité aérienne a triomphé depuis 1991, elle semble néanmoins remise en cause depuis quelques années. D'une part, les opérations actuelles en Ukraine témoignent de l'incapacité des deux belligérants à obtenir la maîtrise du ciel. D'autre part, les adversaires potentiels de l'Occident, Russie et Chine en tête, ont réagi après la démonstration aérienne de 1991. En parallèle d'un renforcement de leurs stratégies capacitaires de déni d'accès, ils développent activement des moyens de contournement de la puissance aérienne occidentale qui leur permettent de menacer la sécurité des zones arrière dont elle dépend.

Target & Threat – Nouvelles menaces sur la supériorité aérienne

La puissance aérienne occidentale est confrontée à deux défis principaux, dans un environnement international volatil et chaotique. Le premier est la montée en gamme capacitaire de ses adversaires potentiels, au premier rang desquels la Russie et la Chine, dans les domaines traditionnels du combat pour la maîtrise de l'air : le combat aérien et les défenses sol-air⁷⁶. Le second est la vulnérabilité accrue des infrastructures essentielles à la supériorité aérienne, comme les bases aériennes ou les systèmes de défense aérienne intégrés (*Integrated Air Defense Systems – IADS*) occidentaux, face au développement et à la prolifération de moyens de frappe dans la profondeur, dont le nombre ou les performances permettent le contournement de la puissance aérienne traditionnelle. À l'œuvre en Ukraine et au Moyen Orient, ces nouvelles technologies peuvent alimenter des stratégies de déni d'accès suffisamment efficaces pour augmenter très fortement le coût d'acquisition de la supériorité aérienne.

Le potentiel de combat aérien des adversaires potentiels

La coalition emmenée en Irak par les États-Unis est parvenue à déployer, entre août 1990 et janvier 1991 près d'un million d'hommes et 2 400 aéronefs sans aucune opposition⁷⁷. Ces forces intervinrent quand elles le souhaitèrent, après la décision des autorités politiques et une montée en puissance des forces militaires.

En cas d'affrontement avec les États-Unis, leurs adversaires ne souhaitent évidemment plus leur laisser une telle initiative et entendent affaiblir significativement les performances de leur dispositif militaire dès le commencement des hostilités. Le but est de contester l'accès au théâtre d'opérations (*Anti-Access – A2*) et d'entraver les actions de l'ennemi s'il parvient à évoluer l'intérieur de celui-ci (*Area Denial – AD*)⁷⁸.

76. US Air Force Doctrine Publication 3-01, *op. cit.*, p. 1.

77. *Gulf War Air Power Survey – Volume V: A Statistical Compendium*, Washington D.C., Library of Congress, 1993, disponible sur : <https://media.defense.gov>.

78. A. Krepinevich, B. Watts et R. Work, « Meeting the Anti-Access and Area-Denial Challenge », Center for Strategic and Budgetary Assessment, 2003, disponible sur : <https://csbaonline.org>.

L'analyse des capacités militaires russes et surtout chinoises montre aujourd'hui leur désir de se donner les moyens de maintenir le plus loin possible de leurs territoires les forces occidentales, en particulier aériennes. Elles disposent à cet effet de missiles capables de frapper des postes de commandement, des bases aériennes, des ports, des *hubs* logistiques, à courte, moyenne et longue distance. Bien sûr, elles mettent aussi en œuvre des systèmes sol-air multicouches intégrés, des avions de chasse de 4^e ou 5^e générations performants dont le but est de rendre cette « bulle » défensive impénétrable.

La puissance aérienne occidentale se trouve confrontée à un défi de taille dans ce contexte. Comment venir à bout de ces défenses pour retrouver sa liberté d'action ?

Doctrines de contestation aérienne russe et chinoise

Les forces aériennes russes et chinoises sont construites sur un modèle très différent de celles des pays occidentaux. Leurs stratégies et doctrines de contestation et de contournement constituent la clé de compréhension de ces écarts conceptuels, technologiques et capacitaires.

Depuis leur création, les forces aériennes soviétiques puis russes sont pensées et équipées principalement pour appuyer les forces terrestres⁷⁹ et défendre l'immense territoire russe. Dans la doctrine russe actuelle, construite sur l'hypothèse d'une agression militaire de l'OTAN, les VKS se préparent à faire face à une série de frappes aériennes massives dans les premières heures d'un conflit⁸⁰. Le haut commandement militaire russe, conscient de son infériorité structurelle dans les airs, cherche à limiter les effets d'une telle frappe et éviter une défaite précoce par une stratégie dite de « défense active », pour ensuite engager l'OTAN dans un conflit d'attrition que la Russie pense pouvoir terminer dans des conditions favorables⁸¹. La culture des VKS ne pense la supériorité aérienne que dans son acceptation défensive, et recherche la densité et les performances de ses systèmes sol-air⁸², tout en dégradant les capacités aériennes de son adversaire par des frappes à longue portée sur les infrastructures de sa puissance aérienne. Les VKS sont historiquement et politiquement subordonnées à l'armée de terre russe⁸³, elle-même subordonnée aux

79. M. Benichou et X. Méal, « L'aviation de Staline au combat », in *Les Avions de combat soviétique de la Deuxième Guerre mondiale, Le Fana de l'Aviation*, hors-série n° 6, mai 1997, p. 21.

80. M. Kofman et al., *Russian Military Strategy: Core Tenets and Operational Concepts*, CNA Research Memorandum, Center for Naval Analyses, août 2021, p. 21-23, disponible sur : www.cna.org.

81. *Ibid.*, p. 14.

82. T. Withington, « Defending Mother Russia's Skies », *Commentary*, RUSI, 13 juillet 2022, disponible sur : <https://rusi.org>.

83. J.-C. Noël, « Quelle campagne aérienne au-dessus de l'Ukraine ? Premiers éléments de réflexion », *op. cit.*, p. 6 et 7.

organes de sécurité⁸⁴, et sont structurées autour d'un C2 particulièrement directif, qui laisse très peu de place à l'initiative des échelons tactiques. Les VKS ne sont pour l'instant ni conçues, ni structurées, ni entraînées pour acquérir la supériorité aérienne dans un environnement contesté. De fait, l'appareil militaire soviétique puis russe tend à considérer les forces aériennes comme une sorte d'artillerie à courte (Su-25 et bombes lisses) ou longue portée (Tu-22M, Su-34, Su-30MK2 et bombes planantes et missiles de croisière).

L'Armée populaire de libération (APL) chinoise appréhende le concept de supériorité aérienne sous la terminologie « zhikongquan » (制空权), « contrôle de l'air⁸⁵ ». Elle conceptualise son acquisition de manière progressive par un triptyque d'actions cinétiques, de guerre électronique et de cyberattaques, et de guerre informationnelle⁸⁶, dans une acceptation locale et limitée dans le temps, qui insiste sur le concept de déni du contrôle de l'air par l'adversaire, grâce à la densité de son IADS et l'attaque des bases aériennes adverses⁸⁷. L'organisation des forces aériennes chinoises est entièrement calquée sur la structure des forces terrestres, même si l'armée de l'Air chinoise (AAC) a gagné une indépendance politique dans les réformes de 2004⁸⁸. Contrairement aux VKS, elle a lancé une démarche de décentralisation du commandement tactique, donnant plus d'autorité à ses pilotes au détriment des centres de contrôle⁸⁹.

Quelles aviations de combat pour les adversaires potentiels de l'Occident ?

Depuis l'effondrement de l'Union soviétique, les aviations de combat occidentales n'ont été véritablement confrontées à une aviation de chasse adverse qu'à deux reprises : en Irak en 1991 et durant la guerre du Kosovo en 1999. Dans ces deux cas, ces aviations adverses étaient dans une situation de faiblesse numérique, technologique, et doctrinale qui a donné aux forces aériennes de l'OTAN un sentiment de supériorité justifié dans le domaine du combat aérien.

84. S. M. Wiswesser, « Russian VKS Operational Planning for Ukraine, Hybrid War, and the Role of the Russian Special Services », in D. Henriksen et J. Bronk (dir.), *The Air War in Ukraine – The First Year of Conflict*, op. cit., p. 30-65.

85. D. Solen, « The PLA Reconceptualizes Control of the Air », *China Brief*, vol. 23, n° 13, The Jamestown Foundation, 21 juillet 2023, disponible sur : <https://jamestown.org>.

86. *Ibid.*

87. *The Science of Military Strategy*, National Key Discipline Theory Works of National Defense University, National Defense University Press, édition remise à jour en 2020 et traduite par le China Aerospace Studies Institute, janvier 2022, disponible sur : www.airuniversity.af.edu.

88. N. Rabé, « L'organisation de l'armée de l'Air chinoise », *Vortex*, n° 5, CESA, juin 2023, p. 125-128, disponible sur : www.calameo.com.

89. A. Yanan Zhang, « L'évolution de la doctrine chinoise depuis la guerre du Golfe (1991). Quelles implications pour l'armée de l'Air ? », *Vortex*, n° 5, CESA, juin 2023, p. 178, disponible sur : www.calameo.com.

Pourtant, depuis le début des années 2000, les principaux adversaires potentiels de l'Occident, Chine et Russie en tête, ont affiché une démarche capacitaire très ambitieuse dans le domaine, avec deux axes d'efforts majeurs : les avions de chasse et leur armement air-air.

Potentiel de combat air-air et SEAD russe

L'analyse des capacités de combat aérien d'un adversaire potentiel est un préalable indispensable à toute évaluation de la pertinence de la structure de force et de la doctrine occidentale. Seule l'évaluation de la menace (*threat*) permet de déterminer les meilleures solutions tactiques, doctrinales et capacitaires qui y répondent.

La Russie continue l'amélioration incrémentale des dérivés du *Sukhoi Su-27 Flanker* de 4^e génération, très adapté au combat aérien par sa motorisation, sa manœuvrabilité, son autonomie et sa capacité d'emport. Les VKS utilisent principalement le Su-35S *Flanker-M* pour la mission offensive de supériorité aérienne⁹⁰. La flotte de MiG-29SMT russe, qui présente de graves carences technologiques pour le combat aérien moderne (autonomie, électronique embarquée, emport d'armement), est utilisée principalement comme *aggressor* au profit de l'entraînement des autres unités⁹¹ et serait en cours de transfert vers la Corée du Nord⁹².

Les VKS comptent environ 90 MiG-31BM *Foxhound*⁹³, intercepteurs des années 1980 modernisés pour travailler en réseau avec l'IADS russe et pour détecter et engager des cibles à très grande distance tout en restant dans le volume de protection de leur propre IADS⁹⁴, véritable *quarterback* des hautes altitudes mais inadapté à la mission de supériorité aérienne offensive.

En parallèle, la Russie travaille depuis 2002 sur le Su-57 *Felon*, un chasseur furtif de 5^e génération dérivé du Su-27, à la SER réduite mais de façon beaucoup moins significative que ses compétiteurs américains (F-22 et F-35)⁹⁵. Seulement une douzaine d'exemplaires de série sont sortis d'usine⁹⁶ et ont été mis en service limité depuis 2020⁹⁷, la production se poursuivant avec une cadence très lente depuis le début de l'invasion de

90. J. Bronk, « Russian and Chinese Combat Air Trends: Current Capabilities and Future Threat Outlook », *Whitehall Report*, RUSI, 30 octobre 2020, p. 15-20, disponible sur : <https://static.rusi.org>.

91. *Ibid.*, p. 24-26.

92. T. Newdick, « Russia Giving North Korea MiG-29s And Su-27s Isn't That Straightforward », *The War Zone*, 10 décembre 2024, disponible sur : www.twz.com.

93. *Military Balance 2024*, IISS, 12 février 2024, p. 200.

94. J. Bronk, « Russian and Chinese Combat Air Trends: Current Capabilities and Future Threat Outlook », *op. cit.*, p. 26-29.

95. VuVuZela (pseudo), « Su-57 Radar Scattering Simulation », 26 septembre 2022, disponible sur : <https://basicsaboutaerodynamicsandavionics.wordpress.com>.

96. *Military Balance 2024*, *op. cit.*

97. S. D'Urso, « First Serial Production Su-57 Felon Delivered To The Russian Aerospace Forces », *The Aviationist*, 30 décembre 2020, disponible sur : <https://theaviationist.com>.

l'Ukraine. Le développement troublé du Su-57 est toujours en cours, achoppant sur certains sous-ensembles critiques, comme les moteurs⁹⁸, et souffrant des sanctions occidentales sur les composants électroniques⁹⁹. 76 exemplaires ont été commandés par les VKS, à livrer d'ici 2028¹⁰⁰. Le contexte économique¹⁰¹ et militaire interroge cependant sur la capacité de l'industrie russe à mener de front le développement d'un programme de 5^e génération et le maintien de la production des avions de 4^e génération indispensables à la guerre en cours. Le programme de chasseur Su-75 *Checkmate* risque de subir les mêmes déboires malgré un *tempo* de développement très ambitieux, caractéristique des annonces officielles russes¹⁰². L'arrêt du financement du projet par les Émirats arabes unis¹⁰³ pourrait le retarder voire le compromettre complètement.

Tableau 2 : Avions de chasse des VKS contribuant à la supériorité aérienne, 2024

Type	Nombre	Contribution
Su-27S (<i>Flanker-B</i>)	27	DCA (obsolète)
Su-27SM (<i>Flanker-J</i>)	47	DCA
Su-30SM (<i>Flanker-H</i>) ¹⁰⁴	80+	DCA - OCA - SEAD
Su-34 (<i>Fullback</i>)	124+	OCA - SEAD
Su-35S (<i>Flanker-M</i>)	111+	DCA - OCA - SEAD
MiG-29S (<i>Fulcrum-A et -C</i>)	70	DCA (obsolète)
MiG-29SMT (<i>Fulcrum</i>)	14	DCA
MiG-31BM (<i>Foxhound-C</i>)	88	DCA
Su-57 (<i>Felon</i>)	12+	DCA - OCA

Sources : *Military Balance 2024*, IISS, 12 février 2024 ; J. Bronk, « Russian and Chinese Combat Air Trends: Current Capabilities and Future Threat Outlook », *Whitehall Report, RUSI*, 30 octobre 2020.

La Russie expérimente un drone de combat collaboratif, le S-70 *Okhotnik-B*¹⁰⁵. Les lacunes de l'industrie aéronautique russe, en partie dans le domaine de l'automatisation et de la furtivité, et son retard sur les projets

98. *Ibid.*

99. S. Atlamazoglou, « Russia's Su-57 Felon Fighter Nightmare Might Not Be 'Solvable' », *The National Interest*, 28 août 2024, disponible sur : <https://nationalinterest.org>.

100. « Russia's Su-57 Outshines US Fifth-generation Fighters, Says Expert », *TASS*, 21 octobre 2021, disponible sur : <https://tass.com>.

101. R. Bauer et P. A. Wilson, « Russia's Su-57 Heavy Fighter Bomber: Is It Really a Fifth-Generation Aircraft? », *Commentaire, RAND*, 17 août 2020, disponible sur : www.rand.org.

102. J. V. Parachini et P. A. Wilson, « Is Russia's Su-75 'Checkmate' Aircraft a Case of Vapor Marketing? », *Commentaire, RAND*, 6 janvier 2022, disponible sur : www.rand.org.

103. B. Nikolov, « UAE Appears to Have Stopped Funding the Sukhoi Su-75 Project », *Bulgarian Military*, 2 octobre 2022, disponible sur : <https://bulgarianmilitary.com>.

104. Les 19 Su-30M2, dérivés de la version export Su-30MKK développée pour la Chine, ne sont pas comptabilisés car utilisés comme avion de transformation opérationnelle.

105. S. D'Urso, « The Russian S-70 Okhotnik UCAV Struck Ground Targets with Unguided Bombs During Weapons Testing », *The Aviationist*, 14 janvier 2021, disponible sur : <https://theaviationist.com>.

occidentaux similaires ne laissent cependant pas présager un UCAV furtif opérationnel pour la décennie à venir¹⁰⁶.

Dans le domaine des missiles air-air, la Russie n'a pas fait de bond capacitaire notable depuis les années 1990. Pour le combat à moyenne portée, les VKS emploient surtout le R-77-1 (AA-12B *Adder*)¹⁰⁷, un missile air-air à guidage actif aux performances inférieures à celle de l'AIM-120C AMRAAM américain, et son évolution K-77M (AA-12C). L'introduction du missile à très longue portée R-37M (AA-13 *Axehead*) a en revanche créé une surprise tactique en Ukraine. Pour le combat rapproché, les VKS sont toujours dotées du R-73 (AA-11A *Archer*) et sa version modernisée R-74M (AA-11B), très en retard technologiquement par rapport aux missiles occidentaux car non doté d'autodirecteur à imageur infrarouge, tout en ayant des performances cinématiques très inférieures à celle du MICA IR, de l'IRIS-T ou de l'AIM-9X¹⁰⁸.

Les VKS utilisent pour la SEAD le missile antiradar supersonique Kh-31P (AS-17 *Krypton*)¹⁰⁹, en remplacement du Kh-58 (AS-11 *Kilter*), copie soviétique de l'AS-37 *Martel* français. Ces deux missiles, dont la technologie remonte aux années 1980, ont été employés en Géorgie en 2008 et en Ukraine depuis 2022, avec un succès opérationnel mitigé, dû à leur obsolescence technologique, à l'absence d'une doctrine de SEAD et de pilotes expérimentés, et à l'efficacité des contre-tactiques de l'IADS ukrainien¹¹⁰.

La réelle faiblesse de l'aviation de combat russe n'est en effet pas technologique, mais doctrinale et humaine. L'entraînement des pilotes de chasse russe reste en deçà des standards de l'OTAN, à la fois en termes qualitatifs, avec des missions d'entraînement qui restent peu complexes et une pratique très irrégulière du ravitaillement en vol, et quantitatifs, avec un faible nombre d'heures de vol¹¹¹. Les tactiques russes restent caractérisées par une chaîne de commandement rigide et une grande dépendance au contrôle, sans dimension opérative cohérente à l'instar des structures de commandement occidentales. Les multiples incidents entre les forces aériennes de l'OTAN et les VKS ont mis en lumière l'indiscipline

106. J. Bronk, « Russian and Chinese Combat Air Trends: Current Capabilities and Future Threat Outlook », *op. cit.*, p. 33-34.

107. *Ibid.*, p. 14.

108. D. Barrie, « Moscow Dusts Off Decades-delayed 'Dogfight' Missile », *Military Balance Blog*, IISS, 24 février 2021, disponible sur : www.iiss.org.

109. C. Kopp, « Soviet/Russian Tactical Air to Surface Missiles », Technical Report APA-TR-2009-0804, *Air Power Australia*, août 2009, mis à jour en avril 2012, disponible sur : www.airsairpower.net.

110. I. Williams, « Putin's Missile War: Russia's Strike Campaign in Ukraine », CSIS, mai 2023, p. 29, disponible sur : www.csis.org ; J.-C. Noël, « Quelle campagne aérienne au-dessus de l'Ukraine ? Premiers éléments de réflexion », *op. cit.*, p. 9-10 ; J. Bronk, « How Ground-based Air Defenses Shaped the Air War over Ukraine », *op. cit.*, p. 137-167.

111. J. Bronk, « The Mysterious Case of the Missing Russian Air Force », Commentaire, RUSI, 28 février 2022, disponible sur : <https://rusi.org>.

endémique, encouragée ou non par le commandement, des pilotes de chasse russe, mais aussi leur incapacité à planifier et exécuter les opérations aériennes complexes nécessaires pour conquérir la supériorité aérienne, qui ne figurent de toute façon pas dans leurs doctrines d'emploi¹¹².

Au bilan, la capacité de combat aérien des VKS est très limitée, principalement défensive, tandis que la pénétration d'un espace aérien défendu pour imposer une supériorité aérienne semble hors de leur portée. L'armée de l'air ukrainienne a certes perdu quelques MiG-29S et Su-25 obsolètes, surpris par des tirs de missiles air-air R-77-1 et R-37M russes¹¹³. Mais sa résilience, vu son infériorité numérique et technologique, est autant une preuve de l'adaptabilité et de l'inventivité tactique des pilotes ukrainiens¹¹⁴, lourdement appuyées sur les capacités de renseignement américaines, que des insuffisances de l'aviation de combat russe, troisième flotte de chasse du monde en volume.

Potentiel de combat air-air et SEAD chinois

L'aviation de chasse de l'APL, très longtemps construite sur une force massive de copies d'avions soviétiques, dédiée à la défense aérienne du territoire chinois, est engagée depuis l'électrochoc de la première guerre du Golfe¹¹⁵ dans un processus de modernisation très rapide. Elle remplace ses avions de 3^e génération par une aviation moderne caractérisée par un *Hi-Lo mix* d'avions de 4^e et de 5^e générations, avec de fortes capacités offensives mais peu de capacités de projection à longue portée¹¹⁶.

La colonne vertébrale de l'AAC est sa flotte de chasseurs de 4^e génération. Le J-10 *Firebird*, dont la configuration est largement empruntée au LAVI israélien, clone malheureux du F-16, constitue la partie basse du *mix*¹¹⁷. Son développement a joué un rôle majeur dans la montée en puissance de l'industrie aéronautique chinoise, et suit une progression qualitative constante : le J-10C affiche des capacités de combat (radar à

112. S. D'Urso, « Russian Pilot Deliberately Shot At RAF RC-135 Last Year », *The Aviationist*, 14 septembre 2023, disponible sur : <https://theaviationist.com> ; R. Browne et B. Starr, « Russian Fighter Jet Makes 'Unsafe' Intercept of US Aircraft », CNN, 8 septembre 2016, disponible sur : <https://edition.cnn.com> ; « Police du ciel en mer Baltique » [Dans le viseur #66], podcast Le Collimateur, 10 mai 2024, disponible sur : <https://lerubicon.org> ; J. Bronk, « Is the Russian Air Force Actually Incapable of Complex Air Operations? », *RUSI Defence Systems*, n° 24, RUSI, 4 mars 2022, disponible sur : <https://rusi.org>.

113. J. Bronk, N. Reynolds et J. Watling, « The Russian Air War and Ukrainian Requirements for Air Defence », *Special Report*, RUSI, novembre 2022, p. 6-20, disponible sur : <https://rusi.org>.

114. D. Henriksen et J. Bronk (dir.), *The Air War in Ukraine – The First Year of Conflict*, op. cit.

115. A. Yanan Zhang, « L'évolution de la doctrine chinoise depuis la guerre du Golfe (1991). Quelles implications pour l'armée de l'Air ? », op. cit., p. 166 et 161-163.

116. *Military Balance 2024*, op. cit., p. 260.

117. C. Kopp, « Chengdu J-10 », *Technical Report APA-TR-2007-0701*, Australian Air Power, avril 2012, disponible sur : www.ausairpower.net.

antenne active *Active Electronically Scanned Array* – AESA, IRSTS, liaison de données, etc.) comparables à celles du *Rafale* F3.4+ ou du F-16V Viper¹¹⁸.

Le segment moyen du *mix* est constitué par les nombreux dérivés chinois du Su-27 *Flanker* en service dans l'AAC et dans la marine chinoise¹¹⁹. Comme le J-10, les *Flankers* chinois sont améliorés de manière incrémentale sur les chaînes de production, les dernières versions disposant de systèmes d'armes conçus en Chine et réputés de meilleure facture que les composants russes¹²⁰.

Tableau 3 : Évolution du parc d'avions de chasse de l'armée de l'Air chinoise contribuant à la supériorité aérienne

Type	Parc 2004	Parc 2024	Contribution
A-50 (<i>Fantan</i>)	300	0	Attaque au sol
J-6 (<i>Farmer</i>)	350	0	Attaque au sol
J-7 (<i>Fishcan</i>)	674	289	DCA
J-8II (<i>Finback</i>)	184	50	DCA
J-10 (<i>Firebird</i>)	0	580	DCA – OCA
J-11A (Su-27SK <i>Flanker-B</i>)	100	95	DCA
J-11B/BS (<i>Flanker-L</i>)	0	150	DCA – OCA
Su-30MKK / MK2 (<i>Flanker-G</i>)	58	97	DCA – OCA – SEAD
J-16 (<i>Flanker-N</i>)	0	280	DCA – OCA – SEAD
J-16D (<i>Flanker- ?</i>)	0	12	SEAD - EA
Su-35 (<i>Flanker-M</i>)	0	24	DCA – OCA – SEAD
J-20A (<i>Fagin</i>)	0	200+	DCA – OCA

Sources : *Military Balance 2004, IISS, octobre 2003 et Military Balance 2024, IISS, 12 février 2024.*

Contrairement à la Russie, la Chine a réussi son entrée dans le club des chasseurs de 5^e génération, ayant déployé une flotte de J-20 opérationnels de la taille de l'aviation de chasse française, en augmentation et en amélioration permanente¹²¹. Les qualités furtives du J-20 sont, une fois encore, très inférieures à celles des chasseurs américains¹²², mais cet appareil pose cependant un défi de portée de détection et d'engagement aux chasseurs de 4^e génération occidentaux, tout en faisant peser une menace sur les avions de soutien (AWACS et ravitailleurs), essentiels aux forces américaines dans le Pacifique. Le J-20 est en effet pensé d'abord et avant

118. J. Bronk, « Russian and Chinese Combat Air Trends: Current Capabilities and Future Threat Outlook », *op. cit.*, p. 39-41.

119. C. Kopp, « PLA-AF and PLA-N Flanker Variants », *Technical Report APA-TR-2012-0401*, Australian Air Power, mai 2012, disponible sur : www.ausairpower.net.

120. J. Bronk, « Russian and Chinese Combat Air Trends: Current Capabilities and Future Threat Outlook », *op. cit.*, p. 37-39.

121. E. Tirk, « Status of 41st Aviation Brigade Transition to the J-20 », China Aerospace Studies Institute, Department of the Air Force, avril 2024, disponible sur : www.airuniversity.af.edu.

122. J. Bronk, « Russian and Chinese Combat Air Trends: Current Capabilities and Future Threat Outlook », *op. cit.*, p. 41-44.

tout comme un moyen de servir la stratégie chinoise de déni d'accès en mer de Chine en faisant peser une menace sur ces avions de soutien sans nécessairement engager directement la chasse américaine¹²³. La Chine développe également depuis 2011 le chasseur furtif léger FC-31/J-35, inspiré du F-35 américain, pour son aéronavale et son armée de l'Air, et a dévoilé le 26 décembre 2024, jour anniversaire de la naissance de Mao Zedong, deux prototypes d'aéronefs de combat furtifs, les J-36 et J-50, dont les rôles exacts restent à déterminer¹²⁴.

Du côté des drones de combat, la Chine développe activement le GJ-11, un UCAV équipé de soutes, qu'elle semble adapter également au profit de ses forces aéronavales¹²⁵. En revanche, le *Dark Sword*, un concept de drone de combat de type *loyal wingman* supersonique et furtif à propulsion hybride, n'est plus mentionné depuis 2018, et le projet a probablement été annulé au profit du FH-97A, connu depuis 2021 et dévoilé au salon de Zhuhai en 2024¹²⁶.

Les armements air-air chinois, contrairement à leurs équivalents russes, affichent une progression très rapide tout en s'affranchissant des technologies soviétiques et occidentales. Jusqu'au début des années 2010, la Chine a en effet copié ou amélioré des missiles étrangers, à l'instar du PL-8, copie du *Python 3* israélien¹²⁷, ce qui a permis à l'industrie de l'armement chinoise de monter en compétence. Elle développe maintenant une famille de missiles air-air nationaux, dont les performances seraient comparables à celles de leurs homologues occidentaux :

- le PL-15 à double impulsion, qui aurait une portée supérieure à celle de l'AIM-120D¹²⁸ ;
- le PL-17, conçu pour détruire à très longue distance les avions de soutien à forte valeur (*High Value Airborne Asset – HVAA*), similaire

123. G. Barber, « Le rôle du J-20 dans la puissance aérienne chinoise », *Vortex*, n° 5, CESA, juin 2023, p. 181-193, disponible sur : www.calameo.com.

124. P. Satam et S. D'Urso, « China's J-35A Stealth Fighter to be Officially Unveiled at Zhuhai Air Show », *The Aviationist*, 5 novembre 2024, disponible sur : <https://theaviationist.com> ; T. Newdick et T. Rogoway, « China Stuns with Heavy Stealth Tactical Jet's Sudden Appearance (Updated) », *The War Zone*, 26 décembre 2024, disponible sur : www.twz.com ; T. Newdick, « Yes, China Just Flew Another Tailless Next-Generation Stealth Combat Aircraft », *The War Zone*, 26 décembre 2024, disponible sur : www.twz.com.

125. J. Bronk, « Russian and Chinese Combat Air Trends: Current Capabilities and Future Threat Outlook », *op. cit.*, p. 55 ; T. Newdick, « Mockup of Chinese Stealth Drone Appears on Full-Size Aircraft Carrier Test Rig », *The War Zone*, 19 décembre 2023, disponible sur : www.twz.com.

126. T. Rogoway, « Image of China's Stealthy 'Dark Sword' Fighter-Like Combat Drone Emerges », *The War Zone*, 5 juin 2018, disponible sur : www.twz.com ; J. Saballa, « China Develops Own 'Loyal Wingman' to Rival US », *The Defense Post*, 16 décembre 2024, disponible sur : <https://thedefensepost.com> ; « Dark Sword (An-Jian/Anjian) », *Global Security*, n. d., disponible sur : www.globalsecurity.org.

127. T. Newdick, « A Guide to China's Increasingly Impressive Air-To-Air Missile Inventory », *The War Zone*, 1^{er} septembre 2022, disponible sur : www.twz.com.

128. P. Wood, D. Yang et R. Cliff, « Air to Air Missiles Capabilities and Development in China », *China Aerospace Studies Institute*, novembre 2020, p. 39, disponible sur : www.airuniversity.af.edu.

dans le concept au R-37M russe, affiche une portée maximale très supérieure à celle du *Meteor* européen. Sa propulsion traditionnelle ne lui donne cependant pas les mêmes capacités cinématiques contre des chasseurs¹²⁹ ;

- le PL-21, projet de missile longue portée à statoréacteur comparable au *Meteor* mais dont les performances sont inconnues¹³⁰.

La SEAD chinoise concerne surtout la capacité antinavire passive. Le seul armement dédié dans l'APL est le Kh-31P russe et son dérivé chinois, le YJ-91, en service dans la marine chinoise sur Su-30MK2 et JH-7A, ainsi que sur les dérivés du *Flanker* de l'AAC¹³¹. L'intérêt chinois semble modéré pour la SEAD traditionnelle car les bases américaines potentiellement ciblées par Pékin sont trop éloignées des bases chinoises au regard de leurs modestes capacités de projection de force, en particulier dans le domaine du ravitaillement en vol¹³². La stratégie de déni d'accès chinoise fait en effet appel, pour les attaquer, à des capacités balistiques et de croisière¹³³.

Le niveau de compétence des aviateurs chinois est difficile à évaluer. L'AAC est restée jusqu'au début de la décennie 2010 une force extrêmement centralisée, laissant le moins d'initiative possible à ses pilotes¹³⁴ dans la même philosophie d'emploi que les VKS, avec les mêmes indisciplines et les mêmes manques de professionnalisme¹³⁵. Elle n'a pas d'expérience du feu depuis 1979 et n'organise que depuis très récemment des exercices internationaux¹³⁶. Plusieurs indices laissent cependant penser que l'APL dans son ensemble conduit une montée en gamme dans ce domaine¹³⁷, à commencer par le recrutement agressif d'anciens pilotes occidentaux¹³⁸. L'ampleur des incursions aériennes chinoises dans la zone d'identification

129. J. Bronk, « Russian and Chinese Combat Air Trends: Current Capabilities and Future Threat Outlook », *op. cit.*, p. 36.

130. P. Wood, D. Yang et R. Cliff, « Air to Air Missiles Capabilities and Development in China », *op. cit.*, p. 40.

131. D. M. Gormley, A. S. Erickson et Jingdong Yuan, « A Low-Visibility Force Multiplier - Assessing China's Cruise Missile Ambitions », Center for the Study of Chinese Military Affairs, Institute for National Strategic Studies, 2014, p. 22, disponible sur : <https://inss.ndu.edu>.

132. J. G. McPhilamy, « Air Supremacy - Are the Chinese Ready? », *Military Review*, janvier-février 2020, p. 58-59, disponible sur : www.armyupress.army.mil.

133. E. Heginbotham *et al.*, « US-China Military Scorecard, Forces, Geography, and the Evolving Balance of Power », RAND Corporation, 2015, p. 46-70, disponible sur : www.rand.org.

134. Expérience personnelle de l'auteur lors d'un vol d'information d'un pilote chinois sur *Mirage 2000* ayant eu lieu en 2010.

135. B. Gertz, « The Last Flight of Wang Wei », *Air & Space Forces Magazine*, 1^{er} juillet 2001, disponible sur : www.airandspaceforces.com.

136. A. Vidal Ribes et J. Dempsey, « More Than a Mirage: UAE Combat Aircraft in China », Military Balance Blog, IISS, 22 juillet 2024, disponible sur : www.iiiss.org.

137. E. Tegler, « China Is Finally Seeking Fighter Pilots with College Degrees », *Forbes*, 27 septembre 2023, disponible sur : www.forbes.com.

138. B. Bennett, « U.S. Cracks Down on Former 'Top Gun' Pilots Found to Be Training China's Air Force », *Time*, 5 juin 2024, disponible sur : <https://time.com>.

de la défense aérienne taïwanaise démontre l'acquisition d'un savoir-faire dans la coordination des missions aériennes¹³⁹.

Enfin, pour conclure cet état des lieux de la menace aérienne, il convient de mentionner la généralisation de la technologie furtive, au moins *Low Observable*, dans des pays prenant de l'importance sur le marché de l'armement depuis la décennie 2010, comme la Turquie¹⁴⁰ et la Corée du Sud¹⁴¹. Dans les années à venir, des pays tiers pourraient acquérir auprès de la Russie ou de la Chine des avions de combat furtifs ou des technologies associées, de qualité inférieure aux avions américains, mais qui pourraient présenter un problème tactique significatif aux forces aériennes occidentales qui resteraient cantonnées à la 4^e génération. Un client non confirmé aurait déjà commandé un lot de Su-57 à la Russie¹⁴². Sur le théâtre européen, les compétences air-air et SEAD russe restent très inférieures à celles de l'OTAN et le combat air-air, considéré isolément, n'est pas un sujet de préoccupation pour les responsables militaires français. Cette perception pourrait néanmoins rapidement évoluer si une percée dans le domaine de l'Intelligence artificielle (IA), pas encore observable, transformait la maîtrise de la guerre électronique ou des tactiques collectives dans les VKS¹⁴³.

En revanche, le combat air-air dans la zone d'engagement de l'IADS adverse est un défi tactique et capacitaire immense, qui force à s'interroger sur les capacités de défense sol-air des adversaires potentiels de l'Occident.

État des lieux et ruptures dans la menace IADS

Au-delà de la menace air-air, sérieuse en Chine à moyen terme, plus modérée en Russie, le principal défi posé aux forces aériennes occidentales dans la bataille pour la maîtrise de l'air est la défense sol-air russe, sa déclinaison chinoise avec la prise de compétence de ses industriels, et leur prolifération dans des pays potentiellement hostiles aux intérêts occidentaux. Ces défenses sol-air, fondement de la stratégie aérienne russe¹⁴⁴, sont un outil de dégradation et non de destruction de la puissance

139. Lee Jyun-yi, Sheu Jyh-shyang et Shu Hsiao-huang, « L'incursion de la Chine dans la zone d'identification de défense aérienne de Taïwan et ses implications pour la sécurité régionale », *Vortex*, n° 5, CESA, juin 2023, p. 309-322, disponible sur : www.calameo.com.

140. J. Trevithick, « Our First Full Look At Turkey's New TF-X Stealthy Fighter », *The War Zone*, 17 mars 2023, disponible sur : www.twz.com.

141. T. Newdick, « South Korea's KF-21 Next Generation Fighter Begins Tanker Trials », *The War Zone*, 19 mars 2024, disponible sur : www.twz.com.

142. M. Rojoef, « Russia Inks First Su-57 Supersonic Fighter Jet Export Deals », *The Defense Post*, 14 novembre 2024, disponible sur : <https://thedefensepost.com>.

143. Entretien de recherche auprès d'un officier général de l'armée de l'Air et de l'Espace.

144. J. Bronk, « Modern Russian and Chinese Integrated Air Defence Systems - The Nature of the Threat, Growth Trajectory and Western Options », *Occasional Paper*, RUSI, janvier 2020, p. 15, disponible sur : <https://rusi.org>.

aérienne occidentale¹⁴⁵. Elles présentent trois caractéristiques principales qui résument l'ampleur de l'obstacle qu'elles posent à l'acquisition de la supériorité aérienne : l'augmentation de la performance individuelle des systèmes d'armes, leur mobilité, et leur déploiement en couches redondantes se soutenant mutuellement.

Augmentation des performances

Les systèmes sol-air russes et chinois affichent, depuis les années 1990, des performances en augmentation beaucoup plus rapide que celles des contre-mesures traditionnelles représentées par les armes antiradar américaines.

La portée des missiles sol-air à longue portée de la famille S-300¹⁴⁶ (SA-10 *Grumble* et SA-20 *Gargoyle*) / HQ-9¹⁴⁷ / S-400¹⁴⁸ (SA-21 *Growler*) / S-500¹⁴⁹ (SA-31) suit une augmentation constante et conséquente. Ces portées ne doivent pas être vues comme des zones d'interdiction d'accès absolue, car le domaine de tir d'un système sol-air possède une forme en trois dimensions complexe qui laisse des ouvertures à des avions de chasse et à des armes aériennes ou balistiques.

Cependant, même déployés quelques dizaines de kilomètres en arrière des lignes, à l'abri de l'artillerie adverse, ces systèmes ont une portée suffisante pour complexifier l'approche du front par les avions de combat. Ils repoussent les avions de ravitaillement en vol et de soutien opérationnel occidentaux aux limites de leur efficacité opérationnelle sur le champ de bataille aérien¹⁵⁰. La portée d'engagement de ces systèmes est cependant en train d'atteindre une asymptote, déterminée par les lois de la physique¹⁵¹.

145. Entretien de recherche auprès d'un officier général de l'armée de l'Air et de l'Espace en 2^e section.

146. C. Kopp, « Almaz S-300P/PT/PS/PMU/PMU1/PMU2 Almaz-Antey S-400 Triumf SA-10/20/21 Grumble/Gargoyle », *Technical Report* APA-TR-2006-1201, Air Power Australia, avril 2012, disponible sur : www.ausairpower.net.

147. C. Kopp, « CPMIEC HQ-9/HHQ-9/FD-2000/FT-2000 Self Propelled Air Defence System », *Technical Report* APA-TR-2009-1103, Air Power Australia, avril 2012, disponible sur : www.ausairpower.net.

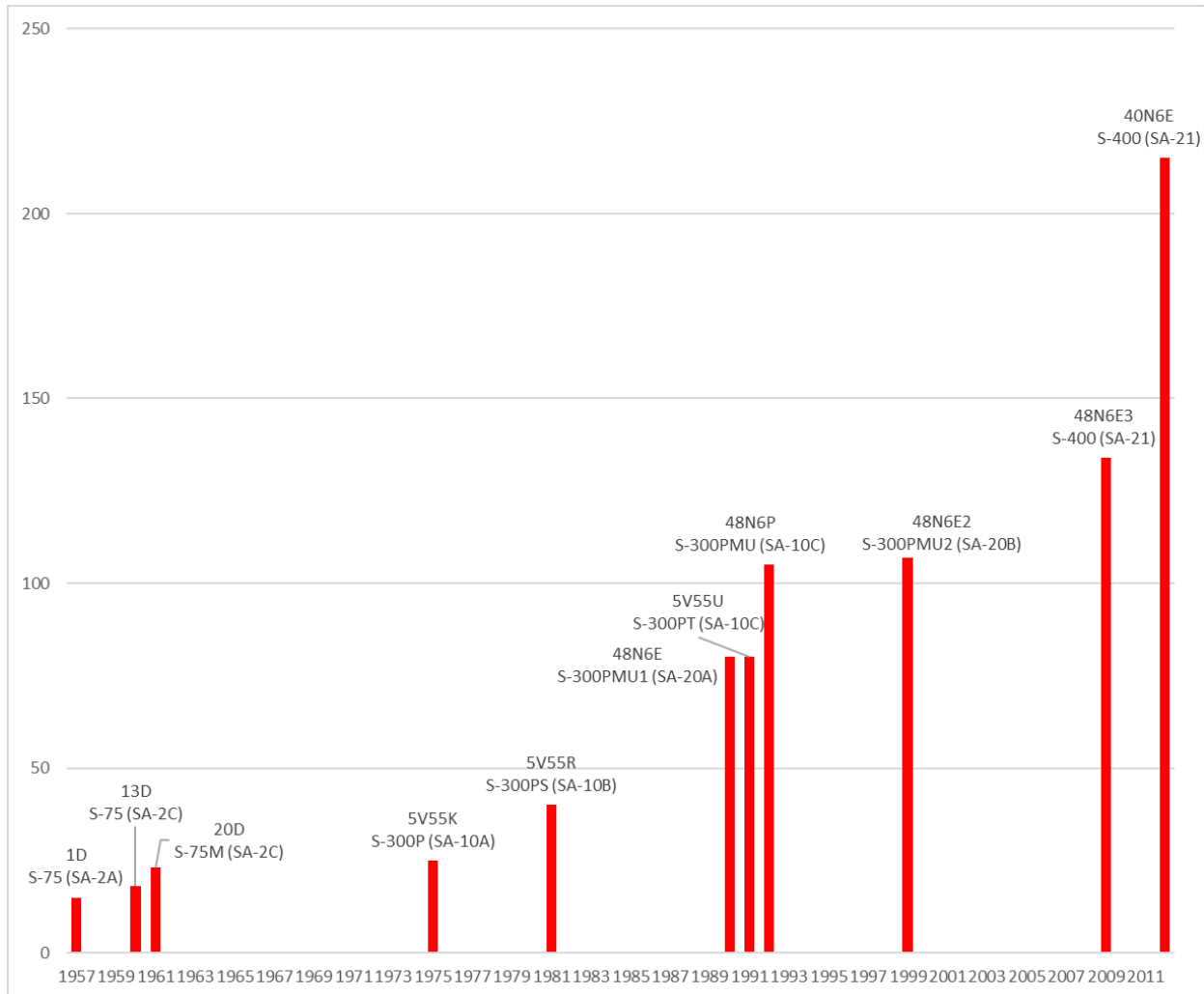
148. C. Kopp, « Almaz-Antey 40R6/S-400 Triumf Self Propelled Air Defence System/SA-21 », *Technical Report* APA-TR-2009-0503, Air Power Australia, avril 2012, disponible sur : www.ausairpower.net.

149. C. Kopp, « Almaz-Antey S-500 Triumfator M Self Propelled Air/Missile Defence System/SA-X-NN », *Technical Report* APA-TR-2011-0602, Air Power Australia, avril 2012, disponible sur : www.ausairpower.net.

150. J. Bronk, « Modern Russian and Chinese Integrated Air Defence Systems – The Nature of the Threat, Growth Trajectory and Western Options », *Occasional Paper*, RUSI, janvier 2020, p. 15.

151. Entretien de recherche auprès d'un officier de l'Armée de l'Air et de l'Espace spécialiste des systèmes sol-air.

Graphique 1 : Évolution des portées, en milles nautiques (Nm), des missiles sol-air longue portée soviétiques et russe

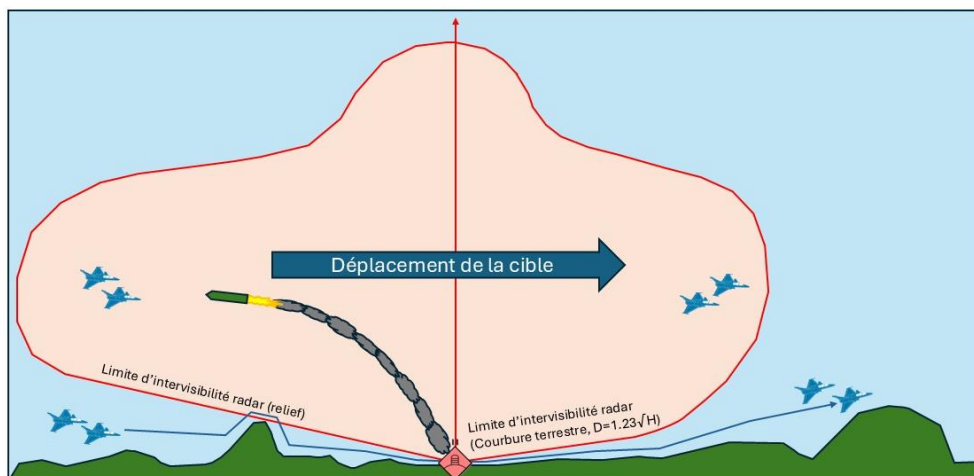


Sources : C. Kopp, « Almaz S-75 Dvina/Desna/Volkhov Air Defence System / HQ-2A/B / CSA-1 / SA-2 Guideline », Technical Report APA-TR-2009-0702, Air Power Australia, avril 2012 ; C. Kopp, « Almaz S-300P/PT/PS/PMU/PMU1/PMU2 Almaz-Antey S-400 Triumf SA-10/20/21 Grumble/Gargoyle », Technical Report APA-TR-2006-1201, Air Power Australia, avril 2012 et J. Bronk, « Modern Russian and Chinese Integrated Air Defence Systems - The Nature of the Threat, Growth Trajectory and Western Options », Occasional Paper, RUSI, janvier 2020.

Cette augmentation concerne également les systèmes tactiques à moyenne portée de la famille *Buk*¹⁵² (SA-11 *Gadfly*, SA-17 *Gizzly* et SA-27 *Gollum*) / HQ-16, dont les domaines d'engagement en 2025 sont comparables ceux des systèmes à longue portée des années 1990.

152. C. Kopp, « NIIP 9K37/9K37M1/9K317 Buk M1/M2 Self Propelled Air Defence System/SA-11/17 Gadfly/Grizzly », Technical Report APA-TR-2009-0706, Air Power Australia, avril 2012, disponible sur : www.ausairpower.net.

Schéma 3 : Domaine de tir générique d'un missile sol-air (coupe verticale) en fonction de l'axe de déplacement de la cible et profil de pénétration en basse altitude



Source : expérience opérationnelle de l'auteur.

Outre cet aspect purement cinétique, la qualité des radars, des systèmes de conduite de tir et du fonctionnement en réseau des systèmes sol-air russes et chinois est en progression constante. La technologie des radars AESA se généralise pour les radars de conduite de tir¹⁵³, tandis que les radars de veille bi-statiques ou travaillant en dehors des bandes de fréquence « usuelles » se multiplient pour contrer la technologie VLO américaine, à l'instar du *Struna-1*¹⁵⁴ et du *Nebo-M*¹⁵⁵ russes et de son dérivé chinois *JY-27*. Si la capacité de ces systèmes à détecter des avions furtifs fait peu de doute¹⁵⁶, elle ne se traduit pas pour le moment en capacités d'engagement : les radars en bande VHF ne produisent pas de pistes assez précises pour servir de désignation d'objectif à un missile sol-air¹⁵⁷. En parallèle, la Russie et la Chine disposent de technologies de radar pouvant détecter des pistes au-delà de l'horizon radar (dites *Over the horizon – OTH*), avec les *Konteyner*, *Rezonans-NE*¹⁵⁸ et le *Type SLR-66* chinois.

La performance réelle des radars russes semble toujours inférieure à celle des équivalents occidentaux, et s'est révélée très vulnérable au

153. C. Brustlein, É. de Durant et É. Tenenbaum, *La Suprématie aérienne en péril. Menaces et contre-stratégies à l'horizon 2030*, op. cit., p. 75-78.

154. M. Gyűrösi, « NNIIRT 52E6MU Struna-1MU/Barrier E Bistatic Radar », *Technical Report APA-TR-2009-1101*, Air Power Australia, avril 2012, disponible sur : www.ausairpower.net.

155. J.-C. Noël, M. Paglia et É. Tenebaum, « Les armées françaises face aux menaces anti-aériennes de nouvelle génération », *Focus stratégique*, n° 86, Ifri, décembre 2018, p. 14, disponible sur : www.ifri.org.

156. K. Zikidis, A. Skondras et C. Tokas, « Low Observable Principles, Stealth Aircraft and Anti-Stealth Technologies », op. cit., p. 153-154.

157. « The S-400 Myth: Why Russia's Air Defense Prowess is Exaggerated », *Sandboxx*, Airpower, 21 juillet 2022, disponible sur : www.sandboxx.us.

158. T. Nielsen, « Satellite Images Reveal Construction of Russian Radar to Track Stealthy F-35 », *The Barents Observer*, 27 juin 2022, disponible sur : www.thebarentsobserver.com.

brouillage fratricide des forces russes au début de l'invasion de l'Ukraine¹⁵⁹. En revanche, la Chine a remplacé, dans ses versions domestiques des systèmes russes, les radars de veille et de conduite de tir par des composants chinois réputés de meilleure facture¹⁶⁰.

Cette montée en gamme technologique donne aux systèmes sol-air modernes russes et chinois une capacité d'autodéfense par la destruction des armes aériennes tirées contre eux, démontrée en Ukraine, qui décline partiellement le concept d'emploi de la SEAD traditionnelle, basée sur un nombre limité de missiles antiradar ou de croisière pour dégrader l'IADS adverse. Les missiles HARM peuvent désormais être interceptés par les systèmes qu'ils ciblent ou les systèmes courte portée qui les protègent (type *Pantsir-S1*¹⁶¹ – *SA-22 Greyhound*), ce qui force à repenser les tactiques SEAD/DEAD et laisse peu d'alternatives cinétiques à l'attaque par saturation. Cette capacité anti-arme est crédibilisée par la dotation en munitions des unités de défense sol-air russes, avec par exemple entre 48 et 192 missiles (selon le type) par bataillon de S-400.

Mobilité et redondance

Cependant, malgré cette augmentation des performances des SAM, la sophistication des armes antiradar américaines et des capacités occidentales de pénétration en basse altitude, en particulier les missiles de croisière, ont forcé la Russie à beaucoup investir dans la résilience de ses capacités sol-air, en particulier à travers leur mobilité technique, après avoir constaté en Irak en 1991 et en 2003, et en Libye en 2011, la vulnérabilité des systèmes sol-air fixes.

Cette mobilité, pensée depuis la guerre froide, a été optimisée sous la pression des combats en Ukraine, où les systèmes de courte et moyenne portée (*SA-15 Gauntlet*, *SA-22*, *SA-11*, *SA-17* et *SA-27*) se déplacent plusieurs fois par jour¹⁶². Même les systèmes longue portée S-300 et S-400 se redéplient plus rapidement que le temps de préparation d'un raid de missile de croisière, moyen privilégié pour les détruire dans la doctrine occidentale d'avant 2022. La suppression planifiée des systèmes sol-air à moyenne et courte portée, au cœur de la doctrine de SEAD offensive, devient très complexe à réaliser avec les missiles antiradars. En Ukraine, les succès principaux de la SEAD de part et d'autre sont réalisés par les missiles

159. J. Bronk, N. Reynolds et J. Watling, « The Russian Air War and Ukrainian Requirements for Air Defence », *op. cit.*, p. 13.

160. J. Bronk, « Modern Russian and Chinese Integrated Air Defence Systems – The Nature of the Threat, Growth Trajectory and Western Options », *op. cit.*, p. 21.

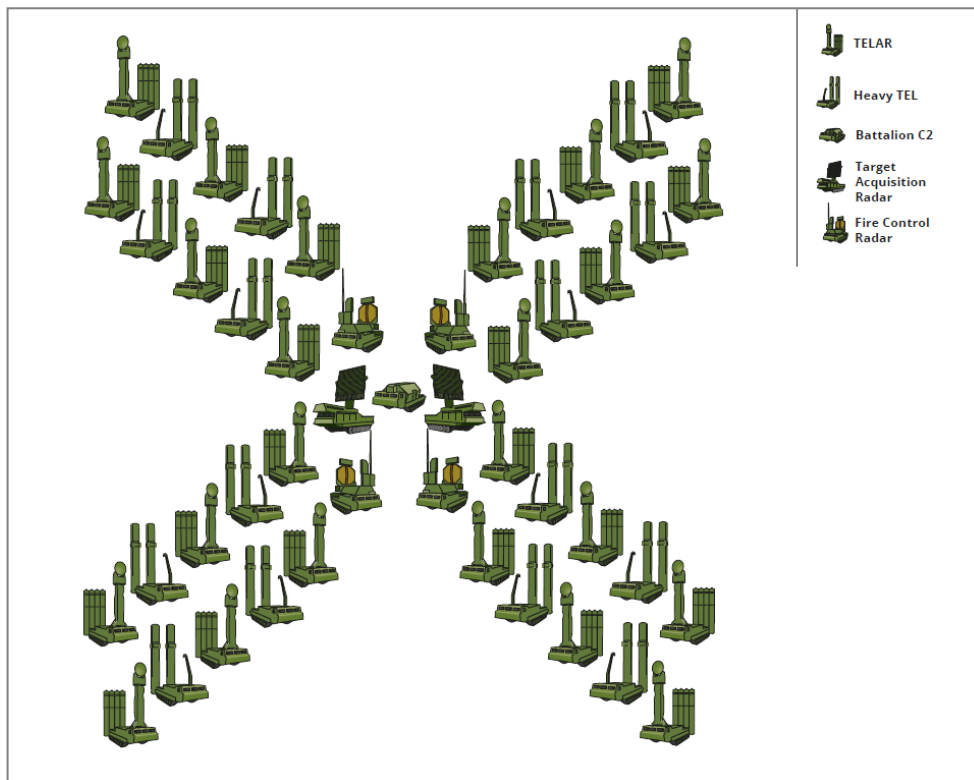
161. C. Kopp, « KBP 2K22/2K22M/M1 Tunguska SA-19 Grison/96K6 Pantsir S /SA-22 Greyhound SPAAGM », *Technical Report APA-TR-2009-0703*, *Air Power Australia*, avril 2012, disponible sur : www.ausairpower.net.

162. J. Bronk, « How Ground-based Air Defenses Shaped the Air War over Ukraine », *op. cit.*, p. 137-167.

balistiques de théâtre ATACMS¹⁶³ et *Iskander-M*¹⁶⁴, seuls à avoir un temps de vol assez court devant la mobilité adverse pour faire du ciblage dynamique efficace.

La résilience des systèmes sol-air russes modernes passe également par la redondance des composants de chaque batterie, où chaque type de sous-système est présent en plusieurs exemplaires pour compenser l'attrition et les pannes.

Schéma 4 : Bataillon de SA-23



Source : J. Bronk, « Modern Russian and Chinese Integrated Air Defence Systems – The Nature of the Threat, Growth Trajectory and Western Options », Occasional Paper, RUSI, janvier 2020, p. 7.

Cette résilience est renforcée par la compatibilité entre les différentes itérations de chaque gamme de système sol-air, le système de contrôle 30K6E du S-400 pouvant par exemple donner des ordres d'engagement aux S-300 de toutes versions et même aux systèmes à moyenne et courte portée des familles *Buk* et *Pantsir*¹⁶⁵. Cette compatibilité est également native dans le domaine des munitions, le S-400 pouvant tirer et guider avec son radar 92N6E *Grave Stone* toutes les munitions de la gamme S-300.

163. D. Axe, « Ukrainian ATACMS Rockets Are Blowing Up Russia's Best S-400 Air Defenses As Fast As The S-400s Can Deploy To Crimea », *Forbes*, 12 juin 2024, disponible sur : www.forbes.com.

164. B. Nikolov, « Kyiv 'Confirms Painful Strike' on Patriot Radar System by Iskander-M », *Bulgarian Military*, 10 octobre 2024, disponible sur : <https://bulgarianmilitary.com>.

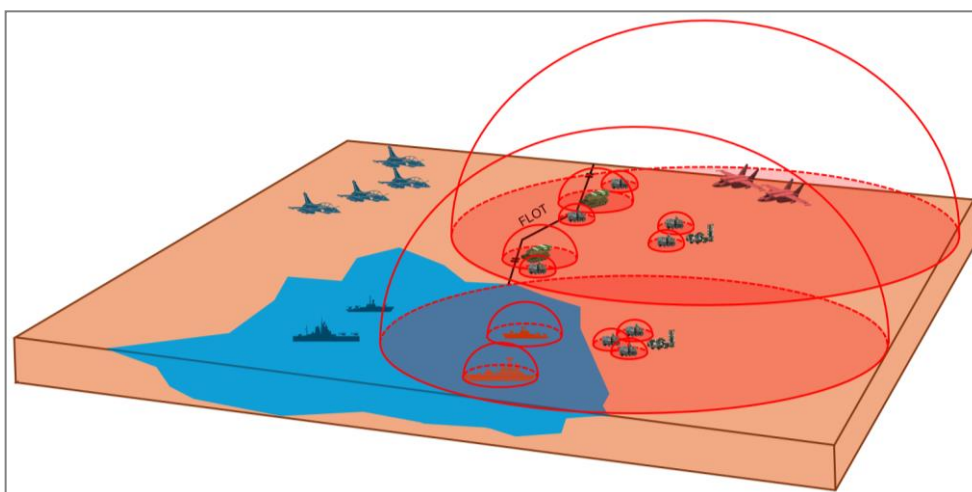
165. C. Kopp, « Almaz-Antey 40R6/S-400 Triumf Self Propelled Air Defence System/SA-21 », *op. cit.*

Enfin, cette résilience passe également par le nombre, particulièrement en ce qui concerne les lance-missiles de défense aérienne portable à très courte portée, ou *Man-Portable Air Defense System* (MANPADS), armes simples et en prolifération très rapide, dont la discrétion électromagnétique et la dissémination dans les forces terrestres rendent quasiment impossible la maîtrise absolue du ciel au-dessus de la ligne de contact et des arrières de l'adversaire au-dessous de 15 000 pieds, par beau temps.

Distribution et couches multiples

Au-delà des qualités intrinsèques des systèmes sol-air russes et chinois, la véritable menace pour la supériorité aérienne occidentale réside dans leur déploiement au sein d'un IADS multicouche présentant des capacités d'engagement distribuées.

Schéma 5 : Représentation schématique de l'IADS russe



FLOT : Forward Line of Own Troops.

Source : © Adrien Gorremans/Ifri, 2025.

Le concept russe d'IADS, employé en Ukraine depuis le printemps 2022, est en effet un maillage très dense du terrain suivant une logique de couverture mutuelle des différents systèmes. La ligne de front est couverte par des MANPADS portés par l'infanterie et par des batteries de SAM à courte et moyenne portée *Tor* (SA-15) et *Buk* (SA-11, SA-17 et SA-27) positionnés quelques kilomètres derrière la ligne de contact. Quelques dizaines de kilomètres en arrière sont déployées des batteries de SAM longue portée S-300 (SA-20) ou S-400 (SA-21) protégées contre les armes aériennes par des SAM courte portée *Pantsir* (SA-22)¹⁶⁶.

166. Entretiens de recherche auprès d'officiers supérieurs français et ukrainiens.

**Tableau 4 : Tactiques de SEAD traditionnelles
et contre-stratégies russes**

Cible	Tactique et arme SEAD ou DEAD	Contre stratégie russe
SAM longue portée (S-300, S400, etc.)	Frappe DEAD par missiles de croisière tirés en <i>standoff</i> par tous types de porteurs	Mobilité des systèmes Capacité antimissile Défense rapprochée (C-RAM)
Système moyenne ou courte portée dont la position approximative est connue	Suppression préventive sur coordonnées par le tir régulier de missiles antiradar (<i>Pre-Briefed</i> ou <i>PET shot</i>) par des avions SEAD dédiés	Engagement avant d'arriver à portée de HARM par les SAM longue portée Mobilité des systèmes
Système moyenne ou courte portée dont la position approximative est soupçonnée	Suppression réactive par le tir régulier de missiles antiradar après localisation par <i>Electronic Intelligence</i> (ELINT) : mode <i>Target of Opportunity</i> ou TOO par des avions SEAD dédiés	Engagement avant d'arriver à portée de HARM par les SAM longue portée Mobilité des systèmes Tirs distribués Discipline électromagnétique (EMCON)
Système moyenne et courte portée allumant leur radar à la dernière minute pour engager les avions pénétrant en <i>stand-in</i>	Suppression réactive par le tir immédiat de missile antiradar sans localisation (<i>Self-Protect</i>) par des avions d'escorte SEAD	Engagement avant d'arriver à portée de HARM par les SAM longue portée Mobilité des systèmes Tirs distribués EMCON

Sources : J. Bronk, « *How Ground-based Air Defenses Shaped the Air War over Ukraine* », *op. cit.*, p. 137 à 167, et expérience opérationnelle de l'auteur.

La mise en réseau des capteurs et des unités de tir, et la dispersion géographique des différents composants d'un même système permettent en théorie d'effectuer des engagements distribués avec des tireurs déportés par rapport aux radars de conduite de tir¹⁶⁷. En entrant dans le domaine de tir de n'importe quel système sol-air de l'IADS, un aéronef ennemi peut donc être engagé même si le radar de conduite de tir du système tireur est éteint. Enfin, cette mise en réseau permet à l'IADS d'être renseigné par l'alerte avancée fournie par les radars de veille et OTH, et par les avions radar A-50U *Mainstay* et les chasseurs MiG-31BM en patrouille défensive au-dessus des SAM longue portée. Ces deux derniers moyens sont essentiels à la fonction de détection en basse altitude¹⁶⁸, tout en assurant la défense des axes les moins bien défendus par les systèmes sol-air.

167. J. Bronk, « Modern Russian and Chinese Integrated Air Defence Systems – The Nature of the Threat, Growth Trajectory and Western Options », *op. cit.*

168. J. Bronk, « Russian and Chinese Combat Air Trends: Current Capabilities and Future Threat Outlook », *op. cit.*, p. 27.

En conclusion de cette évaluation de la menace sol-air des adversaires potentiels de l'Occident, un constat s'impose. Les armes et aéronefs de combat tentant de pénétrer dans cet IADS devront se défendre simultanément contre plusieurs catégories de systèmes sol-air et contre les plus rares avions de défense aérienne adverses. En particulier, il leur sera impossible de traiter chaque système sol-air ou chaque site séparément, ce qui remet en question les tactiques de la SEAD traditionnelle.

L'IADS décrit ci-dessus doit cependant être vu comme une menace nominale, un modèle idéal de fonctionnement en réseau contre laquelle l'Occident doit préparer la guerre aérienne du futur. De nombreux facteurs de friction, techniques, humains et procéduraux dégradent son niveau d'intégration réel¹⁶⁹. L'expérience de la guerre aérienne au-dessus de l'Ukraine montre que si l'IADS russe reste l'un des plus dangereux du monde, il est loin de fonctionner nominalement vu les tirs fratricides russes¹⁷⁰ et le succès des frappes de missiles de croisière tirés par les Ukrainiens¹⁷¹.

Nouvelles menaces et ruptures technologiques

Au-delà de ces capacités traditionnelles de combat pour la supériorité aérienne, les adversaires potentiels de l'Occident, Russie et Chine en tête, développent rapidement des capacités militaires ajustées qui servent des contre-stratégies de contournement ou d'érosion de la puissance aérienne occidentale. Parmi ces nouvelles menaces, quatre sont particulièrement préoccupantes : la guerre électronique, la frappe dans la profondeur, la dronisation et l'utilisation de la très haute altitude (THA).

Guerre électronique : une autre forme de déni d'accès

Les progrès de l'électronique et de l'informatique, leur miniaturisation et leur dissémination au cours des années 1990 et 2000, ont eu pour conséquence de rendre accessibles au monde entier des technologies civiles facilement militarisables. L'un des effets de cette tendance est la prolifération et la diversité de moyens de guerre électronique. Le prix d'accès à cette famille de technologies est sans commune mesure avec la nuisance qu'ils représentent pour les forces aériennes occidentales, dont ils ciblent certaines fonctionnalités clés.

169. J. Bronk, « How Ground-based Air Defenses Shaped the Air War over Ukraine », *op. cit.*, p. 137-167.

170. K. Hodunova, « UK Military Intelligence: Ukrainian Strikes Overload Russian Air Defense, Causing 'Friendly Fire' », *The Kyiv Independent*, 25 juin 2024, disponible sur : <https://kyivindependent.com>.

171. T. Newdick, « Black Sea Fleet Headquarters Takes Direct Hit From Cruise Missile », *The War Zone*, 22 septembre 2023, disponible sur : www.twz.com.

La première application pratique de la guerre électronique à la guerre aérienne consiste à écouter les émissions électromagnétiques de l'adversaire pour localiser et identifier ses aéronefs (*Signal Intelligence – SIGINT*), contrant ainsi en partie la furtivité radar. La Russie déploie toute une gamme de systèmes terrestres dédiés à l'interception des radars et des systèmes de communications embarqués, comme le *Moskva-1 1L267*¹⁷².

Après avoir fait l'impasse sur le brouillage radar pour ses premiers avions de 4^e génération dans les années 1980, la Russie maîtrise désormais la technologie *Digital Radio Frequency Memory* (DRFM). La majorité des dérivés du *Flanker* en service dans les VKS sont équipés de brouilleurs d'autoprotection¹⁷³ comme le L-175V *Khibiny*¹⁷⁴. Comme dans le domaine des radars, la Chine a probablement dépassé la Russie, ce qu'atteste la mise en service du J-16D dédié à l'attaque électronique¹⁷⁵. La Russie a également investi dans le brouillage radar à partir de stations sol comme les *Krasukha-2* et *-4*¹⁷⁶, conçus pour attaquer électroniquement les capacités clés de l'OTAN, en particulier ses avions radar E-3 AWACS, pour l'acquisition de la supériorité aérienne.

Outre le brouillage radar, la Russie et la Corée du Nord¹⁷⁷ ont pris acte de la dépendance des forces aériennes occidentales aux armements de précision, et ont développé une gamme de brouilleurs GPS dont les *Pole-21E*¹⁷⁸ et R-330Zh *Zhite*¹⁷⁹, ainsi que des brouilleurs défensifs destinés à neutraliser les fusées des armements occidentaux pour les empêcher de détoner à l'impact, comme le SPR-2M *Rtut-BM*¹⁸⁰.

Bien que ces moyens de guerre électronique, contrairement aux technologies occidentales, soient assez peu sélectifs et dégradent autant les capacités russes que celles de leurs adversaires¹⁸¹, le combat pour la maîtrise de l'air ne peut plus s'imaginer dans une ambiance électronique

172. M. Creery, « The Russian Edge in Electronic Warfare », *Georgetown Security Studies Review*, Georgetown University Center for Security Studies, 26 juin 2019, disponible sur : <https://georgetownsecuritystudiesreview.org>.

173. G. Plopsky et J. Bronk, « Russian SEAD Efforts During the Air War in Ukraine », in D. Henriksen et J. Bronk (dir.), *The Air War in Ukraine – The First Year of Conflict*, op. cit., p. 109-110.

174. J. Trevithick, « Ukraine Just Captured One Of Russia's Most Capable Aerial Electronic Warfare Pods », *The War Zone*, 12 septembre 2022, disponible sur : www.twz.com.

175. « China's J-16D Electronic Warfare Aircraft Reveals Jamming Pods, Missiles at Airshow China 2021 », *Global Times*, 28 septembre 2021, disponible sur : www.globaltimes.cn.

176. « Krasukha Electronic Warfare (EW) System, Russia », *Army Technology*, 5 janvier 2024, disponible sur : www.army-technology.com.

177. « N. Korea Continues GPS Jamming Attack for 4th Day », *The Korea Times*, 1^{er} juin 2024, disponible sur : www.koreatimes.co.kr.

178. « Pole-21E Russian RF Jammer », *ODIN, Worldwide Equipment Guide*, TRADOC, US Army, disponible sur : <https://odin.tradoc.army.mil>.

179. T. Withington, « Jamming JDAM: The Threat to US Munitions from Russian Electronic Warfare », *RUSI*, 6 juin 2023, disponible sur : www.rusi.org.

180. M. Dura, « Electronic Warfare: Russian Response to the NATO's Advantage? », *Defence24*, 5 mai 2017, disponible sur : <https://defence24.com>.

181. G. Plopsky et J. Bronk, « Russian SEAD Efforts During the Air War in Ukraine », op. cit., p. 106-136.

autre que contestée. Dans cette perspective, les principales conséquences opérationnelles de ces capacités de brouillage sont :

- ▀ l'incertitude sur la résilience des systèmes de navigation par satellite ;
- ▀ l'incertitude sur la fiabilité globale des munitions en termes de guidage et d'effets sur leurs cibles ;
- ▀ une probable dégradation des performances des capteurs embarqués, qui vont impliquer des distances de détection et donc d'engagement beaucoup plus rapprochées qu'en ambiance non brouillée.

Ces différentes capacités ne modifient pas en profondeur les équilibres technologiques, toujours en faveur de l'Europe et des États-Unis dans la maîtrise du spectre électromagnétique. En revanche, leur déploiement massif face aux modèles échantillonnaires européens, couplé à l'irruption de l'IA dans le domaine de la programmation évolutive du brouillage peut rapidement changer la donne. La Russie en particulier éprouve la qualité de ses systèmes de guerre électronique en Ukraine et en Syrie, ce qui n'est que partiellement le cas des Occidentaux.

Capacités de frappe dans la profondeur

L'un des piliers de la supériorité aérienne occidentale est la capacité à disposer d'une zone arrière non menacée par l'adversaire, dans laquelle les bases aériennes, les dépôts de carburant et de munitions, et les mouvements logistiques complexes indispensables à l'exercice de la puissance aérienne peuvent fonctionner sans subir les attaques adverses. C'est la situation dans laquelle ont opéré les forces aériennes occidentales depuis la fin de la Seconde Guerre mondiale, leurs adversaires potentiels, hors l'Union soviétique de la guerre froide, n'ayant pas disposé de moyen de les frapper dans la profondeur. Pour pasticher l'expression fameuse de l'*Air Marshal* Arthur « *Bomber* » Harris, les Occidentaux se sont lancés dans le XXI^e siècle en pensant naïvement qu'ils allaient pouvoir bombarder tout le monde, et que personne n'allait les bombarder en retour¹⁸².

Plusieurs adversaires potentiels ont cependant accès à des armements de frappe à longue portée, qui leur permettent de menacer les bases aériennes et les infrastructures contribuant à la maîtrise de l'air en contournant par le haut ou par le bas les lignes de forces de la puissance aérienne traditionnelle. Trois catégories d'armement de frappe à longue portée leur sont désormais accessibles : les missiles balistiques et hypersoniques, les missiles de croisière, et les armes de saturation à longue portée¹⁸³.

182. « The Nazis entered this war under the rather childish delusion that they were going to bomb everybody else and nobody was going to bomb them. » Message vidéo de l'*Air Marshal* Arthur Travers Harris, film IWM RMY 112, 3 juin 1942, disponible sur : www.iwm.org.uk.

183. H. Fayet et L. Péria-Peigné, « La frappe dans la profondeur : un nouvel outil pour la compétition stratégique ? », *Focus stratégique*, n° 121, Ifri, novembre 2024, disponible sur : www.ifri.org.

La prolifération balistique

Réservée jusqu'aux années 1990 à un nombre restreint d'États-puissances, l'offre en missiles balistiques s'est étoffée, diversifiée et répandue au début du XXI^e siècle et cette technologie prolifère assez largement parmi les adversaires potentiels de l'Occident. Les missiles balistiques ont une importance capitale dans les stratégies aériennes asymétriques car ils permettent, pour un coût relativement maîtrisé, un contournement par le haut de la puissance aérienne pour frapper les bases de la puissance aérienne adverse, que seul un type très restreint de systèmes d'armes est capable de neutraliser, et ce seulement en partie. À l'échelle d'un théâtre, il n'existe pas de parade systématique à une salve balistique saturante, comme l'atteste le succès des attaques balistiques israéliennes, iraniennes, russes ou ukrainiennes menées depuis le 24 février 2022.

L'Iran et ses différents acteurs-relais régionaux disposent d'une gamme complète d'une quinzaine de types de missiles balistiques courte (*Short Range Ballistic Missile* – SRBM) ou moyenne portée (*Medium Range Ballistic Missile* – MRBM)¹⁸⁴, dont certains à corps de rentrée manœuvrant (*Maneuverable Reentry Vehicle* – MaRV)¹⁸⁵, qui ont été les seules armes à pénétrer les défenses aériennes israéliennes lors de l'attaque du 13 avril 2024¹⁸⁶. La Russie dispose de 12 brigades de SRBM *Iskander-M*¹⁸⁷ et a modifié une dizaine de MiG-31K¹⁸⁸ pour l'emport de missiles balistiques aéroportés (*Air-Launched Ballistic Missile* – ALBM) Kh-47M2 *Kinzhal*. La Chine, enfin, a fait de son programme balistique la clé de voûte de sa stratégie d'interdiction des bases américaines dans les deux premières chaînes d'îles, jusqu'à Guam. Elle dispose elle aussi d'une gamme complète de SRBM et de MRBM dont au moins un (le DF-17¹⁸⁹) équipé d'un planeur hypersonique.

Dans un conflit d'ampleur, les bases des forces aériennes occidentales pourraient donc avoir à fonctionner sous le feu des armes balistiques de leurs adversaires, dont la neutralisation avant le tir serait un objectif prioritaire mais difficile à atteindre en raison de leur dispersion et de leur camouflage, comme le montre l'expérience américaine de chasse aux SCUD irakiens en 1991¹⁹⁰.

184. *Military Balance 2024, op. cit.*, p. 354.

185. F. Hinz, « Removing the Hype from Iran's 'Hypersonic' Conqueror », *Military Balance Blog*, IISS, 14 juillet 2023, disponible sur : www.iiss.org.

186. M. Raddatz, « Minor Damage Reported at 2 Israeli Air Bases », *ABC News*, 14 avril 2024, disponible sur : <https://abcnews.go.com>.

187. *Military Balance 2024, op. cit.*, p. 192.

188. « Ten MIG-31 Fighter Jets Fitted with Kinzhal Air-launched Missiles on Test Combat Duty », TASS, 5 mai 2018, disponible sur : <https://tass.com>.

189. T. Newdick, « This Is Our Best Look Yet at China's Air-Launched 'Carrier Killer' Missile », *The War Zone*, 19 avril 2022, disponible sur : www.twz.com.

190. S. M. Powell, « Scud War, Round Two », *Air & Space Forces Magazine*, 1^{er} avril 1992, disponible sur : www.airandspaceforces.com.

Missiles de croisière

Les missiles de croisière, comme les missiles balistiques, étaient jusqu'à la fin des années 1990 une technologie maîtrisée uniquement par les États-Unis, la France et la Russie¹⁹¹. Ils sont aujourd'hui répandus parmi un certain nombre de puissances moyennes. Lancés depuis la terre, depuis des navires ou depuis des avions de combat, ils représentent une menace complexe à détruire en raison de leur profil de vol à très basse altitude qui limite et retarde leur détection radar. Leur portée est généralement de plusieurs centaines de nautiques, ce qui en fait une arme de prédilection pour une frappe à distance de sécurité (dite « *standoff* ») de dégradation des moyens aériens adverses¹⁹². Cette portée permet aussi de programmer des trajectoires évitant les défenses sol-air de l'adversaire et de maintenir une ambiguïté sur la cible visée.

La Russie possède trois familles de missiles de croisière conventionnels, autour des Kh-59M¹⁹³ (AS-18 *Kazoo*) et Kh-55¹⁹⁴ (AS-15 *Kent*, AS-22 *Kludge* et AS-23 *Kodiak*) aéroportés et du 3M54-1 *Kalibr*¹⁹⁵ (SS-N-27 *Sizzler*) tiré depuis la mer, malgré une forte dépendance aux composants d'origine américaine et des stocks de munitions en flux tendu depuis l'invasion de l'Ukraine¹⁹⁶. La Chine semble peu intéressée par le concept hormis dans un emploi antinavire, ayant donné la priorité à son programme balistique, se contentant d'une capacité de quelques dizaines de CJ-100/DF-100¹⁹⁷. L'Iran a développé plusieurs versions du Kh-55 lancées depuis le sol, dont le *Soumar/Paveh*¹⁹⁸, utilisé lors de la frappe du 13 avril 2024. Israël, l'Inde et la Turquie disposent également de missiles de croisière à charge conventionnelle, et pourraient les exporter, tandis que le Pakistan¹⁹⁹ et la Corée du Nord²⁰⁰ semblent avoir centré leurs efforts dans le domaine sur leurs capacités nucléaires.

191. D. M. Gormley, *Missile Contagion – Cruise Missile Proliferation and the Threat to International Security*, Westport, Praeger Publishing, 2008.

192. « Gunfire, Explosions Heard in Tripoli », CNN, 19 mars 2011, disponible sur : <https://cnnpressroom.com>.

193. C. Kopp, « Soviet/Russian Tactical Air to Surface Missiles », Technical Report APA-TR-2009-0804, Air Power Australia, avril 2012, disponible sur : www.ausairpower.net.

194. C. Kopp, « Soviet/Russian Cruise Missiles », Technical Report APA-TR-2009-0805, Air Power Australia, avril 2012, disponible sur : www.ausairpower.net.

195. *Ibid.*

196. J. Byrne *et al.*, « Silicon Lifeline – Western Electronics at the Heart of Russia's War Machine », RUSI, août 2022, disponible sur : <https://rusi.org>.

197. « First PLA Rocket Force CJ-100 Unit Likely Identified », China Aerospace Studies Institute, novembre 2020, disponible sur : www.airuniversity.af.edu.

198. « Soumar (Hoveyze, Abu Mahdi) », *Missile Threat*, CSIS Missile Defense Project, CSIS, 23 avril 2024, disponible sur : <https://missilethreat.csis.org>.

199. H. Kristensen, M. Korda et E. Johns, « Pakistan Nuclear Weapons, 2023 », *Bulletin of the Atomic Scientists*, 11 septembre 2023, disponible sur : <https://thebulletin.org>.

200. V. H. Van Diepen et 38 North, « Initial Analysis of North Korea's "New Type Long-Range Cruise Missile" », Stimson Center, 15 septembre 2021, disponible sur : www.38north.org.

Tout comme pour les missiles balistiques, les adversaires potentiels de l'Occident disposent donc d'une capacité d'attaque à basse altitude et à longue portée qui leur permet de menacer la zone arrière occidentale, et donc les fondements de sa supériorité aérienne.

Armes de saturation à longue portée

Enfin, la rupture stratégique majeure dans le domaine de la frappe à longue portée réside dans le développement d'armes à bas coût, à la croisée des concepts du missile de croisière, du drone et de la munition rôdeuse, dont la plus iconique est la série *Shahed-131/136* développée par l'Iran, et exportée vers la Russie depuis l'invasion de l'Ukraine. Les deux caractéristiques principales de ces armes, appelées *One-Way Attack drones* ou drones OWA sont leur simplicité et leur portée, qui permettent une frappe à longue distance à un coût individuel dérisoire, de l'ordre de 20 fois inférieur à celui d'un missile de croisière²⁰¹. Leur production en masse donne la possibilité de saturer les défenses aériennes adverses, bien que leurs performances unitaires de pénétration des défenses et d'effets militaires sur leur cible soient très inférieures à celles des missiles de croisière. Qu'elles soient ou non reprogrammables ou contrôlables en vol, elles sont en train de devenir un moyen de contournement par le bas des IADS traditionnels, du pauvre au riche, dans une logique de compétition de salves²⁰². Elles ont le potentiel de ruiner un adversaire tout en épuisant ses stocks de missiles sol-air et air-air.

Outre l'utilisation massive des *Shahed-131/136* et de leur dérivé russe *Geran-2* par la Russie en Ukraine, avec plus de 4 200 exemplaires lancés jusqu'en février 2024, ce type de munitions est également employé par l'Ukraine contre la Russie²⁰³. Les Houthis les utilisent régulièrement contre l'Arabie saoudite et en mer Rouge²⁰⁴, et sont même parvenus à frapper Israël, avec cependant un résultat opérationnel médiocre²⁰⁵. Vu la simplicité et l'efficacité du concept, il est très probable que beaucoup d'entités, étatiques ou non, y aient recours dans les années à venir.

201. A. Terajima, « Explainer: Iran's Cheap, Effective Shahed Drones and How Russia Uses Them in Ukraine », *The Kyiv Independent*, 17 avril 2024, disponible sur : <https://kyivindependent.com>.

202. M. Gunzinger et B. Clark, « Winning The Salvo Competition: Rebalancing America's Air And Missile Defenses », CSBA, 20 mai 2016, disponible sur : <https://csbaonline.org>.

203. A. Terajima, « Explainer: Iran's Cheap, Effective Shahed Drones and How Russia Uses Them in Ukraine », *op. cit.*

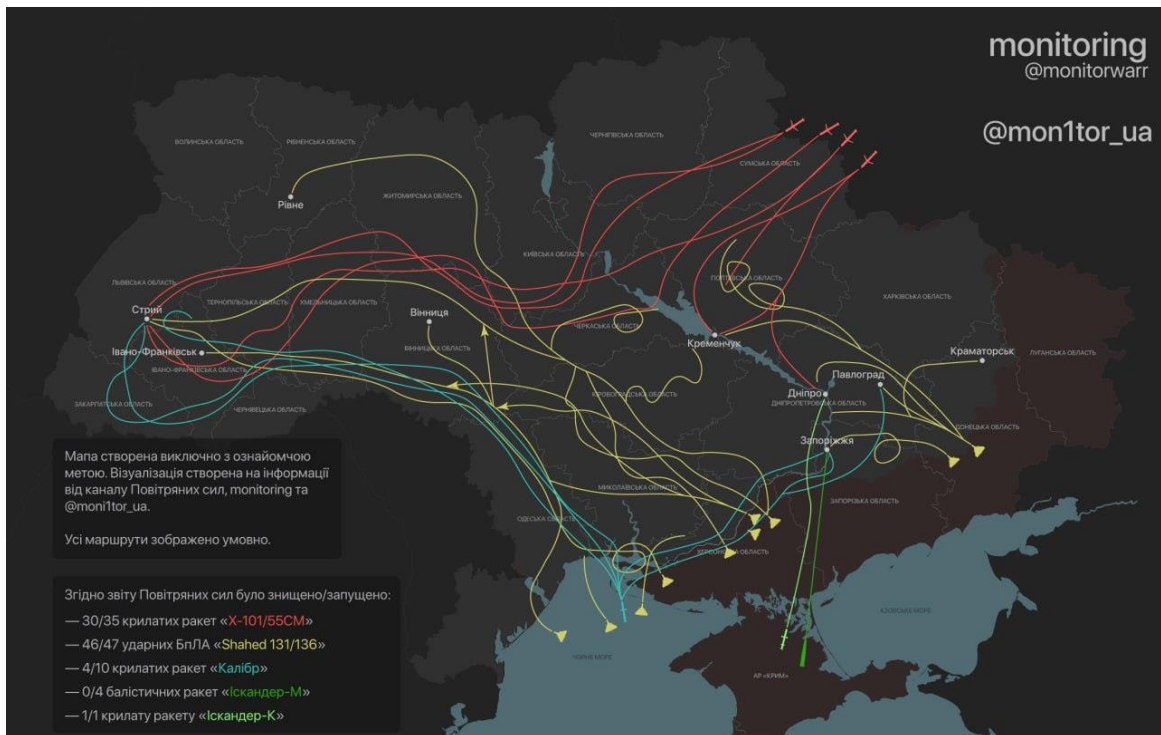
J. Bronk, « Damaged Su-57 Emphasises the Vulnerability of Russian Airbases Near Ukraine », Commentaire, RUSI, 10 juin 2024, disponible sur : www.rusi.org.

204. P. Winter, « Houthi Forces Step up Red Sea Attacks as US and Denmark Shoot Down Drones », *The Guardian*, 9 mars 2024, disponible sur : www.theguardian.com.

205. « Major Saudi Arabia Oil Facilities Hit by Houthi Drone Strikes », *The Guardian*, 14 septembre 2019, disponible sur : www.theguardian.com ; « Evolution of UAVs Employed by Houthi Forces in Yemen », *Dispatch from the Field*, Conflict Armament Research, février 2020, disponible sur : www.conflictarm.com ; E. Fabian, « Explosive Drone from Yemen Hits Tel Aviv Apartment, Killing One Man, Wounding Others », *The Times of Israel*, 19 juillet 2024, disponible sur : www.timesofisrael.com.

L'accès à ces trois types d'armes, balistique, de croisière, et de frappe à longue portée rustique, par des acteurs géopolitiques de plus en plus désinhibés dans le recours à la force, constitue une rupture dans les capacités de frappe des infrastructures structurant la puissance aérienne occidentale. Cependant, la perspective la plus préoccupante est la combinaison de ces trois modes d'action pour saturer les défenses à la fois techniquement et cognitivement. La Russie se livre régulièrement à ce genre d'attaque complexe, à une échelle cependant limitée vu les contraintes sur sa capacité de production industrielle, l'épuisement de ses stocks, et les insuffisances de sa politique de ciblage²⁰⁶. L'Iran a démontré sa capacité à organiser de telles frappes le 13 avril 2024. Les effets opérationnels insignifiants de cette frappe symbolique, inscrite dans une démarche de maîtrise de l'escalade, ne doivent pas tromper²⁰⁷. En cas d'escalade au Moyen-Orient ou dans l'Asie-Pacifique, il existe un risque élevé de voir les bases aériennes occidentales ciblées de manière efficace par des salves d'ampleur plus importante²⁰⁸.

Schéma 6 : Attaque aérienne complexe menée par la Fédération de Russie contre l'Ukraine le 1^{er} juin 2024



Source : chaîne Telegram t.me/monitorwarr.

206. J. Watling, « Long-range Precision Fires in the Russo-Ukrainian War », in D. Henriksen et J. Bronk (dir.), *The Air War in Ukraine – The First Year of Conflict*, op. cit., p. 66-85.

207. « Iran's Retaliatory Strikes Have Begun (Updated) », *The War Zone*, 14 avril 2024, disponible sur : www.twz.com.

208. J. M. Dahm, « Fighting the Air Base: Ensuring Decisive Combat Sortie Generation Under Enemy Fire », *Policy Paper*, Mitchell Institute, 11 juillet 2024, disponible sur : <https://mitchellaerospacepower.org>.

La dissémination massive des drones

En plus de ces capacités de frappe à longue portée, la dynamique technologique de dronisation, depuis la décennie 2010, a ouvert de nouvelles perspectives d'attaques asymétriques, à la fois contre les infrastructures essentielles aux opérations aériennes (bases aériennes, radars, centres de commandement et de contrôle, etc.), mais aussi contre les défenses sol-air. Trois grandes capacités constituent une menace particulièrement sérieuse dans le cadre du combat pour la maîtrise de l'air.

La première est le potentiel de saturation des défenses aériennes par des leurres volants (*decoys*) en accompagnement d'aéronefs ou de missiles pour les aider à pénétrer un IADS adverse. L'objectif est de forcer le défenseur à leur consacrer l'attention de ses radars de conduite de tir et de tirer ses missiles sur des plots radars dont le comportement et la signature sont indifférenciables de ceux d'avions de combat, afin qu'il soit à court de munitions et que sa perception de la situation tactique (la *situational awareness* – SA) soit saturée lorsque les « vrais » effecteurs entrent dans son IADS.

Si les raids de diversion ont été pratiqués à grande échelle dès la Seconde Guerre mondiale, la technologie des leurres dronisés a été mise en service à la fin des années 1980 par l'US Air Force, l'US Navy et l'armée de l'Air israélienne²⁰⁹. La doctrine tactique OCA moderne de l'USAF fait massivement appel à l'ADM-160 *Miniature Air Launched Decoy* (MALD), utilisé par l'armée de l'Air ukrainienne en soutien des tirs de missile de croisière SCALP/*Storm Shadow*²¹⁰. Peu d'autres pays semblent avoir pensé cette fonctionnalité jusqu'à la fin des années 2010. À ce jour, outre l'utilisation des Shahed-136 par la Russie en Ukraine mentionnée *supra*, l'effort le plus inquiétant dans ce domaine est le chantier de dronisation massif de la flotte de chasseurs de 2^e et 3^e générations chinoise²¹¹. La Chine est en effet en train de transformer son stock pléthorique de J-6 *Farmer* et de J-7 *Fishcan* (copies chinoises des MiG-19 *Farmer* et MiG-21 *Fishbed* soviétiques) pour s'en servir de leurres qui seraient abattus à la place des avions de combat de 4^e et 5^e générations.

La deuxième vulnérabilité est la capacité d'infliger ponctuellement des dommages aux infrastructures, aux aéronefs et aux systèmes sol-air par des équipes de forces spéciales infiltrées dans la zone arrière. Ce mode opératoire n'est pas nouveau, ayant été pratiqué depuis 1942 par les SAS

209. « ADM-141A Tactical Air-Launched Decoy (TALD) », Federation of American Scientists, 23 avril 2000, disponible sur : <https://man.fas.org>.

210. T. Newdick, « ADM-160 Miniature Air Launched Decoy Spotted On Ukrainian MiG-29 », *The War Zone*, 21 mai 2024, disponible sur : www.twz.com.

211. D. Rice, « Hardened Shelters and UCAVs: Understanding the Chinese Threat Facing Taiwan », *The Mitchell Forum*, n° 47, Mitchell Institute, novembre 2022, disponible sur : <https://mitchellaerospacepower.org>.

britanniques²¹², et il présente des contraintes opérationnelles ayant tendance à en limiter la portée, avec peu d'équipes disponibles et des modes d'insertion en territoire adverse limités. L'utilisation de drones civils militarisés démultiplie cependant son pouvoir de nuisance et augmente la survivabilité des opérateurs déployés dans la profondeur du territoire de l'adversaire²¹³.

Le troisième effet est l'accès à des capacités SEAD asymétriques pour des pays n'ayant pas accès aux armes de SEAD traditionnelles. Une combinaison de munitions téléopérées et de drones MALE armés peut dégrader significativement les systèmes sol-air de l'adversaire. Une telle stratégie serait nécessairement progressive, car les munitions téléopérées ont une portée limitée à quelques dizaines de kilomètres en arrière de la ligne de contact, tandis que les drones MALE sont vulnérables aux missiles sol-air. Mais cet emploi est rentable lorsque les drones sont considérés comme consommables, et sont moins chers en proportion pour l'attaquant que les missiles sol-air pour le défenseur. Dans le cas ukrainien, utiliser quelques dizaines de drones MALE pour attaquer l'IADS russe, composé d'un millier de systèmes sol-air opérant en soutien mutuel, aurait très peu d'efficacité à l'échelle opérationnelle. En revanche, le calcul de l'Azerbaïdjan en 2019, qui a attaqué avec plusieurs dizaines de drones et de munitions téléopérées quelques dizaines de systèmes sol-air arméniens éparpillés et opérant de manière non coordonnée, s'est révélé redoutablement efficace²¹⁴.

L'exploitation des très hautes altitudes

Enfin, la tranche d'altitude THA, au-delà de 20 km ou 66 000 pieds, commence à être exploitée par la Chine en particulier. Les États-Unis et la Russie possédaient dès les années 1960 des avions de reconnaissance pouvant évoluer en THA comme le SR-71 *Blackbird*, et le M-55 *Mystic*. Il s'agissait cependant de la partie la plus basse du domaine, à des altitudes n'excédant pas 85 000 pieds, avec des profils de vol couverts aujourd'hui par la majorité des SAM à longue portée.

Le début des années 2020, en revanche, voit la mise en service ou le développement de plusieurs catégories d'objets nouveaux utilisant la THA, outre les missiles balistiques ou hypersoniques. Il s'agit de mobiles lents et persistants, comme des ballons ou des avions solaires, utilisés principalement pour le renseignement ou comme relais de communication,

212. G. Mortimer, *Stirling's Desert Triumph: The SAS Egyptian Airfield Raids 1942*, Oxford, Osprey Publishing, 2012.

213. « Russian Factory Fixing Advanced A-50 Spy Plane Damaged in Strike: Reports », *Newsweek*, 9 mars 2024, disponible sur : www.newsweek.com.

214. M. Goya, « Les enseignements opérationnels de la guerre du Haut-Karabakh », *La Voie de l'Épée*, 1^{er} décembre 2020, disponible sur : <https://lavoiedelepee.blogspot.com>.

qualifiées de capacités « pseudo-spatiales²¹⁵ », qui présentent des problèmes très complexes aux défenses aériennes :

- ▀ des problèmes de détection, car ils évoluent au-dessus du volume de recherche de la plupart des radars de veille ;
- ▀ des problèmes d'identification et en particulier d'attribution des survols, la reconnaissance visuelle par les systèmes d'armes existants étant très compliquée au-dessus de 50 à 60 000 pieds ;
- ▀ des problèmes d'engagement, ces cibles lentes et faiblement métallisées donnant peu de SER et de vitesse relative, sont difficiles à accrocher par les radars de conduite de tir à effet Doppler.

Les survols de ballons chinois au-dessus du territoire américain en février 2023, dont l'origine semble accidentelle²¹⁶, sont révélateurs des possibilités ouvertes en THA d'une conflictualité sous le seuil de la guerre ouverte, voire d'une nouvelle forme de techno-guérilla pour des acteurs qui chercheraient à compenser une incapacité à accéder à l'espace²¹⁷.

Il existe donc une multiplicité des menaces remettant en question l'acquisition de la supériorité aérienne par les forces aériennes occidentales. Si les VKS russes ne semblent pas capables de projeter une puissance aérienne crédible au-delà de la ligne de front, la Chine développe des capacités sérieuses mais dédiées à la géographie particulière de son environnement stratégique. En revanche, les nouvelles options d'attaque contre des arrières que les forces armées de l'OTAN s'étaient habituées à présupposer en sécurité peuvent dégrader très significativement la puissance aérienne occidentale. Associées aux capacités des IADS modernes, elles constituent un ensemble de stratégies de contournement et de déni d'accès qui ne doit pas inciter au fatalisme, mais peut faire évoluer la définition et les objectifs de la supériorité aérienne. Certains investissements capacitaires, technologiques et doctrinaux peuvent les mettre durablement en échec et garantir une forme utile et pertinente de maîtrise du ciel.

215. M. Alligier et P. Bouhet, « La très haute altitude : un champ de réflexion de l'armée de l'Air et de l'Espace », *DSI hors-série*, n° 90, juin-juillet 2023, disponible sur : www.areion24.news.

216. K. Bo Lillis et N. Bertrand, « China Appears to Have Suspended Spy Balloon Program After February Shootdown, US Intel Believes », CNN, 15 septembre 2023, disponible sur : <https://edition.cnn.com>.

217. J. Henrotin, « Techno-guérilla : le pire des deux mondes », *Aerion24news*, 27 février 2022, disponible sur : www.areion24.news.

***Tactics* – Comment acquérir la supériorité aérienne aujourd’hui ?**

Cette partie propose, au regard des menaces exposées précédemment, un double regard sur la notion de supériorité aérienne dans la décennie 2025-2035. Dans un premier temps, un ensemble de considérations sur le combat aérien y sont développées, à confronter à l'évolution des menaces aériennes et SAM traditionnelles déjà évoquées. Dans un second temps, deux grandes familles de solutions aux dilemmes posés par les stratégies de contournement de la puissance aérienne occidentales sont proposées. Un changement de paradigme capacitaire et tactique est en effet nécessaire, d'une philosophie occidentale d'addition des excellences individuelles vers un esprit de saturation. Plusieurs évolutions purement technologiques sont également indispensables pour maintenir la supériorité de milieu occidentale dans les airs.

Quel combat aérien futur ?

Le combat pour la supériorité aérienne dépend de plusieurs grands déterminants technico-opérationnels, dont l'attrition, la furtivité radar et l'impossibilité de maîtriser complètement les altitudes basses. Il sera tributaire d'évolutions dans le combat air-air dictés par la portée des armements et par la furtivité, mais aussi par des capacités de SEAD adaptés aux menaces les plus récentes.

Déterminants technico-opérationnels

Le combat pour la supériorité aérienne va, pour la décennie à venir, et, sous réserve d'une surprise technologique majeure, être dominé par trois considérations principales :

- ▀ La première est le retour de l'attrition, due à la prolifération d'armes de plus en plus efficaces dans tous les domaines. La capacité des forces aériennes à subir cette attrition, à la fois humaine et matérielle, pose question face au temps long nécessaire pour reconstituer des stocks, de l'ordre de plusieurs années, et au temps court durant lequel une suprématie aérienne décisive peut être atteinte sans dégénérer en guerre d'usure, de l'ordre de quelques semaines.

- La seconde est la furtivité radar qui va rester déterminante sur le champ de bataille aérien, après avoir depuis les années 1990 radicalement changé les tactiques, techniques et procédures du combat aérien air-air et de la SEAD. La notion dominante de distance pour les avions de 4^e génération, devient pour la 5^e génération une contrainte angulaire définissant une nouvelle géométrie du combat. Cette technologie possède certes des limites physiques et n'empêche pas la détection par des capteurs électro-optiques en météo claire²¹⁸. Elle peut être en partie contrée par la technologie des radars AESA quand elle n'est pas assistée par du brouillage radar²¹⁹. Son maintien en condition opérationnelle est très onéreux²²⁰ et exige un investissement technique et humain peu compatible avec les contraintes logistiques et l'environnement chaotique d'un champ de bataille moderne²²¹. Pour autant, elle demeure un fait aérien par rapport auquel se positionnent les systèmes d'armes qui concourent à la supériorité aérienne, et, pour l'avenir à moyen terme, représente toujours une capacité tactique de rupture.
- Enfin, dans la tranche d'altitude la plus basse, comprise entre le sol et 10 à 15 000 pieds, l'acquisition de la supériorité aérienne devrait devenir de plus en plus complexe en raison de la prolifération des MANPADS et des drones de tous types dont la destruction systématique au sol avant le lancement, est presque impossible. Dans ce « littoral aérien », la maîtrise de l'espace passera par une combinaison de défenses sol-air et d'essaims de drones de combat dans une logique de déni plus que de conquête²²².

Le combat air-air

Les plateformes de la guerre aérienne des deux prochaines décennies sont en service ou en phase de test²²³, à l'exception du *Next Generation Air Dominance* (NGAD) américain dont la conception se heurte déjà aux dérives budgétaires²²⁴. Il n'y a donc pas de révolution majeure à attendre dans ce domaine d'ici 2035. En revanche, la portée et la létalité des armes air-air sont en train de subir une augmentation significative en raison du développement de trois familles de missiles air-air :

218. Entretiens de recherche auprès d'ingénieurs aéronautiques spécialisés dans les capteurs électro-optiques.

219. Entretiens de recherche auprès d'officiers supérieurs de l'armée de l'Air et de l'Espace.

220. N. McCarthy, « The Mammoth Cost of Operating America's Combat Aircraft », *Forbes*, 26 novembre 2020, disponible sur : www.forbes.com.

221. Entretien de recherche auprès d'un officier général (2S) de l'armée de l'Air et de l'Espace.

222. M. K. Bremer et K. A. Grieco, « Contesting the Air Littoral », in *Aether*, vol. 3, n° 3, automne 2024, disponible sur : www.airuniversity.af.edu.

223. Conférence donnée sous la règle de Chatham House par un spécialiste anglo-saxon de la puissance aérienne.

224. S. Losey, « Next-gen Fighter Not Dead, But Needs Cheaper Redesign, Kendall says », *Air Warfare, Defense News*, 1^{er} juillet 2024, disponible sur : www.defensenews.com.

- les missiles de taille similaires aux missiles moyenne portée de la génération précédente, mais à deux incréments de poussée (technologie dite *dual pulse*), tels que le MICA NG et le K-77M, avec une classe de portée inférieure à 100 Nm ;
- les missiles de très grande taille, comme le PL-17 et l'AIM-174, pour des portées de l'ordre de 200 Nm, trop volumineux pour entrer dans les soutes des avions de 5^e génération ;
- les missiles air-air à statoréacteurs, véritables missiles de croisière anti-aériens comme le *Meteor*, et le futur PL-21 chinois.

Dans ce contexte technologique évolutif, le paradigme occidental actuel, fondé sur la furtivité radar, la qualité des missiles air-air, la connectivité et la guerre électronique²²⁵, conserve une réelle pertinence. Le *Hi-Lo mix*, ou modèle de force, gagnant sera un équilibre entre un nombre limité de chasseurs de 5^e génération LO ou VLO, habités ou non, offrant les meilleures capacités de détection et d'engagement dans les milieux les moins permissifs, appuyés par une flotte de chasseurs de 4^e génération qui généreront la puissance de feu, la masse, la persistance et la concentration des efforts pour saturer les capacités de combat aérien de l'adversaire²²⁶. Le tout reste dépendant d'une palette de capacités de soutien en *standoff*, dont certaines peuvent être installées sur des satellites ou sur des drones : AEW, ELINT, brouillage offensif, ravitaillement en vol, etc.

La généralisation de la furtivité radar devrait continuer à transformer la physionomie du combat air-air, qui était dominé par l'énergie cinétique du porteur pour les avions de 4^e génération, vers une lutte pour la discrétion électromagnétique, qui pourrait le faire ressembler à une version accélérée du combat sous-marin, où le problème principal sera de voir et d'engager l'adversaire avant d'être vu. La détection passive va probablement continuer à gagner en importance dans les avions habités, tandis que l'espace de bataille sera saturé par des réseaux de capteurs et d'armes portés par des plateformes dronisées, bon marché et peu performantes, comme le XQ-58 Valkyrie américain²²⁷. Le combat entre chasseurs de 5^e génération pourrait prendre la forme d'une guerre de course ou de rencontre, avec des impulsions de supériorité aérienne pour accéder temporairement aux cibles opératives et stratégiques de l'adversaire²²⁸ qui se croiseraient occasionnellement et par hasard, à des distances très réduites.

225. J. Bronk, « Modern Russian and Chinese Integrated Air Defence Systems: The Nature of the Threat, Growth Trajectory and Western Options », *op. cit.*, p. 27.

226. Entretiens de recherche auprès d'officiers supérieurs de l'armée de l'Air et de l'Espace et de spécialistes anglo-saxons de la puissance aérienne.

227. J. Trevithick, « XQ-58 Valkyrie Drone Family Has Grown to Five Variants », *The War Zone*, 21 mars 2024, disponible sur : www.twz.com.

228. J. Bronk, « Modern Russian and Chinese Integrated Air Defence Systems: The Nature of the Threat, Growth Trajectory and Western Options », *op. cit.*, p. 19.

La friction et le brouillard de la guerre, générés par l'omniprésence de la furtivité et de la guerre électronique, auront tendance à diminuer à la fois les distances de détection et d'engagement, et la *probability of kill* (Pk) de l'armement. Les engagements risquent d'être décisifs dans l'arène visuelle, dans laquelle seront avantagées les forces aériennes ayant conservé une compétence dans le combat rapproché, et celles qui auront conservé une capacité canon et qui auront investi dans la technologie du couple viseur de casque – missile à guidage optronique, domaine dans lequel la France est singulièrement en retard.

Enfin, l'évolution la plus importante dans le combat aérien est probablement liée à l'omniprésence de la menace sol-air, qui ne peut plus être traitée comme un domaine à part, ce qui impose de penser des tactiques de combat simultanées air-air et SEAD.

La SEAD

La situation de parité aérienne par déni mutuel qui caractérise la guerre russo-ukrainienne depuis février 2022 a conduit certains analystes et hauts responsables à considérer qu'au vu de la densité des IADS russes et chinois, l'acquisition de la supériorité aérienne dans son acceptation offensive était devenue presque impossible, et à prôner des stratégies aériennes privilégiant la défensive²²⁹.

Il existe en effet au moins un domaine d'exclusion dans lequel il paraît désormais impossible d'obtenir une suprématie aérienne durable : la basse altitude (comprise sous 15 000 pieds) au-dessus des forces et du territoire ennemi, dénommée *Air Littoral* dans la littérature américaine²³⁰. La définition de la maîtrise de l'air pourrait donc se voir restreindre au-dessus du territoire adverse à la capacité à utiliser les moyennes et hautes altitudes sans entrave.

En revanche, pour ce qui concerne ces moyennes et hautes altitudes, ce pessimisme doit être nuancé en rappelant qu'en Ukraine, les deux armées de l'air en présence souffrent de faiblesses majeures qui rendent très inégal leur combat contre les IADS adverses.

- Les VKS ne sont pas parvenues à conduire une campagne SEAD victorieuse en raison de leur faiblesse doctrinale²³¹, de l'entraînement insuffisant de leurs équipages et de leur subordination opérationnelle à

229. Général d'armée P. Schill, post sur LinkedIn cité par L. Lagneau, « Pour le chef d'état-major de l'armée de Terre, l'artillerie est maintenant la « reine des batailles », *Zone militaire*, 21 janvier 2024, disponible sur : www.opex360.com ; M. K. Bremer et K. A. Grieco, « Assumption Testing: Airpower Is Inherently Offensive », *Policy Paper*, Stimson Center, 25 janvier 2023, disponible sur : www.stimson.org.

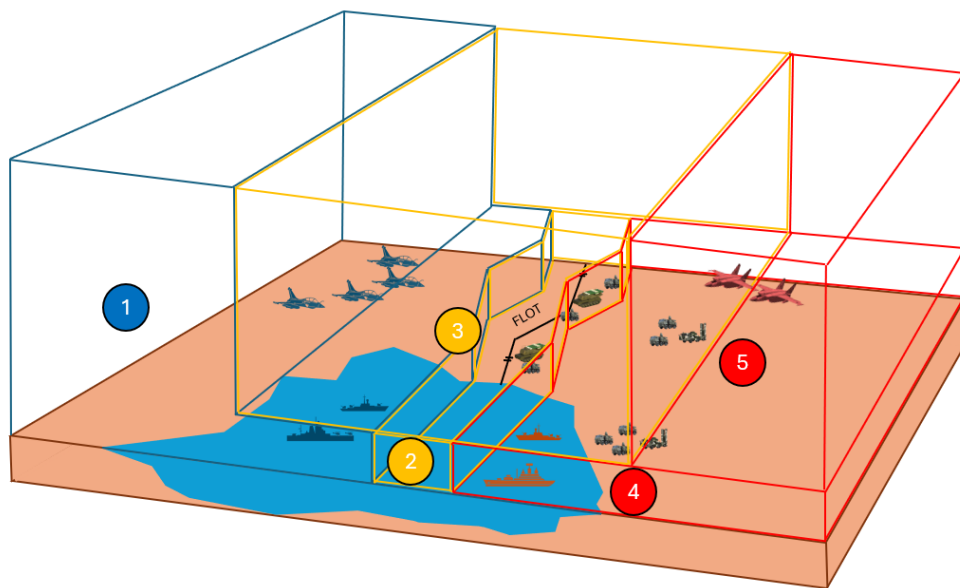
230. M. K. Bremer et K. A. Grieco, « Contesting the Air Littoral », *op. cit.*

231. G. Plopsy et J. Bronk, « Russian SEAD Efforts During the Air War in Ukraine », *op. cit.*, p. 106-136.

l'armée de terre russe²³².

- L'armée de l'Air ukrainienne, dont la structure de commandement est encore influencée par le système soviétique, est confrontée à l'un des IADS les plus performants de la planète, avec une aviation très modeste en volume, équipée de chasseurs obsolètes datant des années 1980. Malgré l'intégration *a minima* du missile antiradar AGM-88 HARM, les pilotes ukrainiens n'arrivent pas à dégrader significativement l'IADS russe.

Schéma 7 : Zones de supériorité aérienne



1	Zone arrière amie – Supériorité / suprématie / domination par l'IADS ami (chasseurs, SAM, AAA)
2	Zone de contact basse altitude – Déni mutuel par la DCA (AAA, MANPADS, SAM courte et moyenne portée), supériorité ponctuelle possible par la saturation, suprématie impossible
3	Zone de contact moyenne et haute altitude – Déni mutuel par la DCA (chasseurs, SAM moyenne et longue portée), supériorité / suprématie / domination possibles par l'OCA, en particulier la SEAD
4	Zone arrière ennemie, basse altitude - Déni par la DCA (chasseurs, AAA, MANPADS, SAM toutes portées), supériorité ponctuelle possible par la saturation ou le suivi de terrain, suprématie impossible
5	Zone arrière ennemie, moyenne et haute altitude – Déni par la DCA (chasseurs, SAM moyenne et longue portée), supériorité / suprématie / domination possibles par l'OCA, en particulier la SEAD

Source : © Adrien Gorremans/Ifri, 2025.

232. Lt Gen David A. Deptula et Dr. Christopher J. Bowie, « The Significance of Air Superiority: The Ukraine-Russia War », *Policy Paper*, vol. 50, Mitchell Institute, juillet 2024, p. 5-7, disponible sur : <https://mitchellaerospacepower.org>.

En revanche, à niveau technologique équivalent, une aviation de combat a un avantage conceptuel majeur sur un IADS fondé sur des défenses sol-air : sa capacité à prendre l'initiative, qui permet de faire jouer les atouts inhérents à la puissance aérienne (flexibilité, fulgurance, concentration de la puissance de feu). Pénétrer puis neutraliser un IADS, aussi complexe soit-il, reste à la portée d'une coalition d'aviations de combat occidentales, sous réserve d'investissements technologiques et doctrinaux dans le domaine clé de la SEAD et du ciblage. La démonstration de force en deux temps de l'armée de l'Air israélienne en avril et octobre 2024 a par exemple permis de neutraliser l'intégralité des SAM longue portée iraniens en seulement deux opérations de frappe aérienne²³³. L'armée américaine n'a jamais relâché ses efforts dans le domaine, contrairement aux autres forces aériennes de l'OTAN, qui l'avaient abandonné progressivement au cours des années 1990 et 2000 jusqu'à l'apparition du F-35 en Europe.

La maîtrise de l'air passera cependant par une application raisonnée et parcimonieuse de la SEAD : un grignotage progressif de l'IADS adverse dans une longue bataille d'attrition aérienne ferait le jeu de la doctrine postsoviétique en empêchant la puissance aérienne de produire des effets au profit des autres objectifs opérationnels ou stratégiques²³⁴. À l'inverse, une stratégie payante pourrait être une succession de neutralisations partielles et ponctuelles de parties clés de l'IADS, permettant de le fragmenter et de le désorganiser suffisamment pour que sa neutralisation définitive, qui reste l'objectif final, puisse reprendre l'aspect d'un combat contre chaque système sol-air. Tout comme en Irak en 1991, le centre de gravité d'un IADS est son intégration et non la somme de ses systèmes individuels.

Le combat SEAD dans l'avenir proche nécessitera l'engagement de toutes les composantes dans une approche résolument multi-milieux et multi-champs²³⁵ : la neutralisation d'un IADS doit être pensée comme une opération interarmées, dont la première des capacités recherchées est le ciblage en temps réel. Aux effets aériens traditionnels air-sol peuvent s'ajouter les feux dans la profondeur des autres composantes s'il est possible de les déployer dans les délais nécessaires et sans risque prohibitif, l'action des forces spéciales, l'attaque cyber²³⁶, les effets d'origine spatiale, en particulier le renseignement et les communications, et l'attaque informationnelle.

233. T. Newdick, « Israeli Strikes Knocked Out All of Iran's S-300 Air Defense Systems: Officials », *The War Zone*, 28 octobre 2024, disponible sur : www.twz.com.

234. Entretien de recherche auprès d'officiers supérieurs de l'armée de l'Air et de l'Espace.

235. Entretien de recherche auprès d'officiers supérieurs de l'armée de Terre et de la Marine nationale.

236. J. Bronk, « Modern Russian and Chinese Integrated Air Defence Systems: The Nature of the Threat, Growth Trajectory and Western Options », *op. cit.*, p. 28.

Trois grandes catégories de vignettes peuvent être esquissées pour décrire la SEAD des décennies à venir, qui fera massivement appel à des vecteurs collaboratifs non habités agissant en partie comme leurres, et en partie comme effecteurs, soutenus par un effort de guerre électronique offensive²³⁷ :

- la neutralisation des SAM à longue portée, des radars de veille et d'alerte avancée, et des centres de C2 de l'IADS adverses par des armes à longue portée, telles que des missiles de croisières furtifs ou balistiques ou hypersoniques, et des salves saturantes de centaines de drones OWA, tirées en *standoff* par des porteurs aériens, terrestres ou navals, aidées dans leur pénétration par des leurres et par la suppression des SAM à moyenne et courte portée se trouvant sur leur trajectoire ;
- la neutralisation des SAM à moyenne et courte portée par des armes dites *stand-in*, tirées depuis l'intérieur des domaines de tir adverses, par des vecteurs VLO pénétrants, ou par des salves saturantes, la doctrine traditionnelle américaine du tir préventif restant une option viable mais très consommatrice en munitions complexes ;
- la neutralisation des SAM de toutes les catégories par les autres composantes (appui feu naval, actions des forces spéciales et hélicoptères de combat).

Ces vignettes seront tributaires d'une boucle d'engagement dynamique, dite *Find, Fix, Track, Target, Engage, Assess (Kill Chain F2T2EA)*, très performante et en particulier de capacités de ciblage et donc de localisation en temps réel des SAM et des radars adverses. Pour les neutraliser, les armes de SEAD développées durant la décennie à venir devront répondre à la performance, la mobilité et la distributivité des IADS modernes, ce qui leur impose quatre caractéristiques majeures, marginalement compatibles entre elles :

- une durée de vol plus courte que le délai de redéploiement des SAM adverses, ce qui privilégierait des armes évoluant en haut supersonique voire hypersoniques ;
- une capacité à recevoir des mises à jour de la position de leurs cibles pendant leur temps de vol par liaison de donnée directe ou satellitaire ou THA pour les armes à longue portée ;
- une capacité à trouver, identifier et engager leurs cibles de manière fiable et autonome en cas de brouillage des communications, ce qui impose une capacité à rôder au-dessus du territoire contrôlé par l'adversaire et des capteurs collaboratifs ;

237. Entretien de recherche auprès d'officiers supérieurs de l'armée de l'Air et de l'Espace.

- une capacité à éviter les défenses sol-air adverses, ce qui peut passer par la vitesse, la capacité de manœuvre, la furtivité radar, le vol à très basse hauteur, ou la saturation par le nombre. La diversification des profils de vol et l'usage de technologies d'essaims²³⁸ et de leurres²³⁹ semblent en mesure de poser durablement un dilemme tactique aux opérateurs de l'IADS adverse.

Sans ces armes dédiées, l'attrition des systèmes sol-air de l'adversaire reste possible en utilisant certains effecteurs existants, à la condition d'une boucle F2T2EA efficace et d'une capacité à opérer en *stand-in*. L'armée de l'air israélienne a par exemple utilisé les bombes guidées GPS GBU-39 sur F-35I pour cibler les SAM syriens, ce qui est possible grâce à leur furtivité VLO, à la précision de leur extraction de coordonnées sur cartographie radar, et à la qualité de leur ELINT coopérative²⁴⁰.

L'environnement tactique voit les altitudes basses durablement interdites à la persistance de la puissance aérienne, et les altitudes moyennes et hautes sujettes à un combat aérien de plus en plus dur contre les avions de combat, mais surtout contre l'IADS adverses. La dynamique capacitaire et doctrinale suivie depuis 1991 par les forces armées occidentales doit évoluer pour conserver une chance de prendre rapidement et décisivement l'ascendant dans les airs. Il est en particulier impératif d'articuler masse et saturation dans l'esprit des succès de l'arme aérienne tout au long du XX^e siècle.

Nouvelles approches de la supériorité aérienne

En 1945, le cuirassé japonais Yamato était, en termes de performances, le mieux armé et le plus blindé du monde. Aboutissement d'un processus capacitaire commencé lors de la guerre de Sécession américaine, qui a vu l'apparition, la généralisation puis la diminution progressive du nombre de cuirassés en service dans les marines modernes, il n'a été construit qu'en deux exemplaires, et n'a eu aucune incidence sur le cours de la guerre du Pacifique, n'ayant ouvert le feu qu'au cours de l'indécisive bataille de Samar²⁴¹. Le Yamato a été coulé le 7 avril 1945 par plusieurs centaines d'avions de l'aéronavale américaine, individuellement très inférieurs en puissance de feu à leur victime et vulnérables à ses défenses anti-aériennes, mais dont la masse combinée a saturé ses défenses et sa capacité à encaisser des dommages.

238. T. Radtka, « Essaims et combat collaboratif. La saturation à l'ère de l'Intelligence artificielle », *Briefing de l'Ifri*, Ifri, 16 juillet 2024, disponible sur : www.ifri.org.

239. T. Newdick, « ADM-160 Miniature Air Launched Decoy Spotted on Ukrainian MiG-29 », *op. cit.*

240. Entretien de recherche auprès d'officiers supérieurs de l'armée de l'Air et de l'Espace.

241. « The Battle Off Samar: The Sacrifice of "Taffy 3" », Naval History and Heritage Command, 31 octobre 2019, disponible sur : www.history.navy.mil.

Le remplacement du cuirassé par le porte-avions comme arme maîtresse de la supériorité navale est un cas d'espèce du déplacement de la valeur d'un système d'arme de la plateforme (le bateau) vers un vecteur d'action déportée (l'avion) produit en masse, capable de saturer l'adversaire et de contourner sa puissance de feu. Cet exemple est représentatif de la situation dans laquelle se trouvent les armées de l'Air occidentales à l'ère de la 5^e génération, et du changement d'état d'esprit qui s'impose d'une logique de plateforme vers les capteurs, l'armement et la connectivité.

Sur le plan capacitaire : d'une logique de performance à une logique de saturation

Depuis 1945, le coût d'acquisition et de possession des systèmes d'armes occidentaux a augmenté plus rapidement que l'inflation, que la croissance du produit intérieur brut (PIB), ou que les budgets de défense. Cette tendance, décrite par l'industriel Norman Augustine pour l'aviation de chasse, pose un risque structurel à moyen terme pour les forces aériennes de tous les pays occidentaux, le mur budgétaire calculé par Augustine étant prévu pour la génération de matériel qui suivra la génération en service dans les années 2020²⁴².

Regagner une masse cohérente d'aéronefs de combat

La conséquence naturelle de cette tendance est la diminution des parcs d'avions de combat et de systèmes d'armes complexes dans les armées occidentales. Le phénomène s'est accéléré depuis la fin de la guerre froide, l'aviation de chasse française ayant par exemple été divisée par trois entre 1991 et 2024²⁴³, tandis que des pays comme le Danemark remplacent leur flotte de 50 F-16AM par seulement 27 F-35A. La logique qui sous-tend cette tendance généralisée est le gain de performance tactique des vecteurs, qui ne permet cependant plus de disposer d'une masse suffisante pour garantir la supériorité aérienne à l'échelle d'un théâtre. L'hypothèse d'engagement majeur française prévue par la Loi de programmation militaire 2024-2030 n'envisage le déploiement que de 40 chasseurs de l'armée de l'Air et de l'Espace²⁴⁴, un nombre insuffisant face à un IADS multicouche moderne²⁴⁵. Cette hypothèse implique cependant l'engagement de 20 % du parc chasse. Elle est très optimiste, vu le format actuel, dans un contexte stratégique où la défense aérienne de la France et la permanence de la dissuasion seraient

242. N. Augustine, *Augustine's Laws*, American Institute of Aeronautics and Astronautics, 1997.

243. R. Briant, J.-B. Florant et M. Pesqueur, « La masse dans les armées françaises : un défi pour la haute intensité », *Focus stratégique*, n° 105, Ifri, juin 2021, disponible sur : www.ifri.org.

244. Rapport annexé à la Loi n° 2023-703 du 1^{er} août 2023 relative à la programmation militaire pour les années 2024 à 2030 et portant diverses dispositions intéressant la défense, disponible sur : www.legifrance.gouv.fr.

245. Entretiens de recherche auprès d'officiers supérieurs de l'armée de l'Air et de l'Espace.

prioritaires sur les besoins d'un théâtre extérieur au territoire national, ce qui sera développé dans la dernière partie.

Dans un contexte budgétaire contraint par la situation des finances publiques, il semble difficile de revoir significativement à la hausse la cible de plateformes habitées²⁴⁶. En revanche, les avancées récentes des technologies d'IA permettent d'envisager le déploiement de plateformes de combat non habitées en complément des avions traditionnels, pour générer localement et temporairement une masse de capteurs et de tireurs à même de saturer et d'opérer en *stand-in* dans les IADS les plus modernes²⁴⁷.

Les caractéristiques fondamentales de ces systèmes, appelés *Remote Carriers* (RC) dans le cadre du projet français de Système de combat aérien futur (SCAF) ou *Collaborative Combat Aircraft* (CCA) de l'USAF devront être soigneusement optimisées entre plusieurs paramètres :

- les performances aérodynamiques ;
- la capacité d'emport ;
- le rayon d'action ;
- la surface équivalente radar ;
- leurs capacités de connectivité ;
- leur prix unitaire.

La France, avec le choix d'un drone de combat VLO très haut de gamme pour accompagner le *Rafale* F5²⁴⁸, prend le risque de rester dans la logique augustinienne de l'hyper performance au détriment de la masse, avec un prix unitaire qui sera vraisemblablement supérieur à 100 millions d'euros (M€), et un nombre d'unités commandées qui dépasserait difficilement quelques dizaines à effort de défense constant²⁴⁹. L'USAF, au défi dans le Pacifique ouest face à l'AAC, fait au contraire le choix de drones de combat dont les capacités de combat individuelles sont modestes, avec une furtivité LO, mais qui affichent un prix unitaire qui, bien qu'en augmentation, permet d'envisager leur emploi en masse de plusieurs centaines de vecteurs partiellement consommables²⁵⁰.

246. « France : Conclusions des services du FMI à l'issue de leur mission de 2024 au titre de l'article IV », Fonds monétaire international, 23 mai 2024, disponible sur : www.imf.org.

247. M. A. Gunzinger, L. A. Stutzriem et B. Sweetman, « The Need for Collaborative Combat Aircraft for Disruptive Air Warfare », Mitchell Institute, février 2024, disponible sur : <https://mitchellaerospacepower.org>.

248. Déclaration de M. Sébastien Lecornu, ministre des Armées et des anciens combattants, sur les Forces aériennes stratégiques, à Saint-Dizier le 8 octobre 2024, disponible sur : www.vie-publique.fr.

249. Entretien de recherche auprès d'officiers supérieurs de l'armée de l'Air et de l'Espace.

250. I. Singh Bisht, « US Marines Flight Test XQ-58A Valkyrie with Link-16 Capabilities », *The Defense Post*, 14 octobre 2024, disponible sur : <https://thedefensepost.com> ; J. Trevithick, « Second Batch of Air Force CCA Drones Could Be 20 to 30 Percent Pricier than the First », *The War Zone*, 10 janvier 2025, disponible sur : www.twz.com.

L'emploi opérationnel de ces CCA dépend cependant de la levée de plusieurs hypothèses technologiques et légales, comme la robustesse du réseau de liaison de données entre les chasseurs et leurs drones d'accompagnement, le développement de tactiques de meute²⁵¹, ou l'acceptabilité politique de leur emploi de la force de manière autonome au cœur de l'IADS adverse²⁵². Force est de constater l'avance prise par les États-Unis dans ce domaine, avec la multiplication des prototypes de CCA, et le développement d'IA dédiées au combat aérien dans le cadre des projets ACE²⁵³ et AACO²⁵⁴ de la DARPA.

Tableau 5 : Programmes de CCA américains début 2025

	Constructeur	Rayon d'action	Vitesse de croisière	Charge utile	Coût unitaire
XQ-58 Valkyrie	Kratos	2 500 km	M 0,72	545 kg	4-6M\$
UTAP-22 Mako	Kratos	1 200 km	M 0,90	610 kg	2-3M\$
XQ-67	General Atomics	Inconnus			
MQ-28 Ghost Bat	Boeing	1 850 km	Haut subsonique	500 kg	8-10 M\$
Fury	Anduril	Inconnu	Haut subsonique	Inconnue	2-20 M\$
Model 437 Vanguard	Northrop Grumman	2 800 km	M 0,85	950 kg	5-6 M\$

Sources : « Valkyrie XQ-58A fact sheet », Kratos, 2024 ; « UTAP-22 Mako fact sheet », Kratos, 2024 ; « MQ-28A Ghost Bat Unmanned Aircraft, Australia », Airforce Technology, 22 juin 2023 ; M. Davis, « Next Steps for the Ghost Bat », The Strategist, Australian Strategic Policy Institute, 12 février 2024 ; J. A. Tirpak, « Northrop Touts Value of Digital Engineering as It Announces First Flight of Model 437 », Air and Space Forces Magazine, 30 août 2024 ; J. Trevithick et T. Rogoway, « The Rise of Fury », The War Zone, 11 septembre 2023.

Des munitions de saturation

Le problème de la masse se pose de manière peut-être encore plus aiguë dans le domaine des munitions, avec deux types de défis à distinguer.

En premier lieu, face à des puissances moyennes, le nombre d'objectifs à détruire pour acquérir la supériorité aérienne est très important, estimé à plusieurs dizaines de milliers, sans commune mesure avec les conflits asymétriques des décennies 2000 et 2010²⁵⁵.

251. T. Radtka, « Essaims et combat collaboratif. La saturation à l'ère de l'Intelligence artificielle », *op. cit.*

252. L. de Roucy-Rochegonde, *La Guerre à l'ère de l'intelligence artificielle*, Paris, PUF, 2024.

253. S. Losey, « US Air Force Stages Dogfights with AI-flown Fighter Jet », *Defense News*, 19 avril 2024, disponible sur : www.defensenews.com.

254. « DOD Artificial Intelligence Agents Successfully Pilot Fighter Jet », Air Force Research Laboratory Public Affairs, 13 février 2023, disponible sur : www.afrl.af.mil.

255. M. A. Gunzinger, « Affordable Mass: The Need for a Cost-Effective PGM Mix for Great Power Conflict », *Policy Paper*, Mitchell Institute, novembre 2021, disponible sur : <https://mitchellaerospacepower.org>.

En second lieu, le nombre d'armes nécessaires à la destruction de chaque objectif a tendance à augmenter en raison de la sophistication des défenses antimissiles des IADS modernes, qui sont en mesure de détruire une certaine proportion des armes avant leur impact, et des mesures de défense passive prises par l'adversaire. La tendance identifiée en Ukraine dans les frappes à longue portée met en évidence une sous-estimation des volumes de munitions nécessaires par objectif à traiter de l'ordre du triple²⁵⁶.

Au vu de ces deux tendances, le recours exclusif à un petit nombre d'armes *standoff* très performantes n'est donc pas suffisant pour acquérir la supériorité aérienne et l'exploiter au profit des autres milieux et champs, et des moyens dédiés à aider leur pénétration des défenses sol-air semblent de plus en plus nécessaires.

La maîtrise de l'air dans un conflit de haute intensité dépendra donc également d'un armement de saturation permettant de déborder les capacités de poursuite et d'engagement des IADS adverses et de contrer la défense passive. Cet armement de saturation forcerait l'adversaire dans un dilemme économique, une partie de ses armes les plus chères étant tirées sur des cibles menaçantes mais peu onéreuses. Comme explicité *supra*, cette logique capacitaire de diversification des types d'armes crée un cercle vertueux dans la saturation des défenses adverses en générant des problèmes de détection et d'identification, la diversité des profils de vol attaquant la même zone étant plus efficace que le même nombre d'armes d'un modèle unique et prévisible.

Une solution pourrait donc résider dans un *Hi-Low mix* complet de munitions qui comprenne un segment haut de gamme de missiles de croisière et balistiques ou hypervéloces²⁵⁷, et un segment nettement moins onéreux de munitions *standoff* simples et faciles à produire telles que les Shahed-136 iraniens, ainsi que des leurres aéroportés capables d'accompagner les armes de décision tels que les ADM-160 MALD américains. Cet accroissement de l'arsenal aurait néanmoins un coût en ressources humaines très significatif pour des armées de l'Air occidentales qui peinent à recruter et à fidéliser leurs spécialistes.

Sur le plan tactique : de l'affrontement aérien direct aux stratégies de contournement

L'acquisition de la supériorité aérienne, aux échelles stratégique et opérative, est depuis 1945 pensée par les Occidentaux dans la logique d'une confrontation du fort au fort ou du fort au faible, avec un penchant historique vers la confrontation directe. L'évolution des menaces et

256. J. Watling, « Long-range Precision Fires in the Russo-Ukrainian War », *op. cit.*, p. 74.

257. A. Gorremans, « Hypervélocité : rupture technologique ou effet de mode ? », in *Année de la défense nationale 2025*, IHEDN, 2024, disponible sur : <https://shs.cairn.info>.

l'effritement des volumes des flottes occidentales remettent en cause la capacité d'une force aérienne à l'emporter dans un affrontement par l'attaque aérienne directe, sans y adjoindre des tactiques de contournement largement utilisées par d'autres nations. Parmi ces tactiques, prévues dans la doctrine de l'OTAN²⁵⁸, la pénétration basse altitude, la surprise et la ruse, et le ciblage multi-milieus/multi-champs (M2MC) semblent les plus prometteuses pour acquérir la supériorité aérienne.

En premier lieu, ce contournement tactique peut se faire par la combinaison basse altitude–grande vitesse. L'attaque ou la traversée d'un IADS adverse de manière frontale par une *Combined Air Operation* (COMAO) de 80 chasseurs dans les altitudes moyennes et hautes n'est pas la seule manière efficace d'acquérir la supériorité aérienne. En revanche, un IADS n'est jamais une entité uniformément distribuée et reste tributaire de la géographie. La pénétration à très basse altitude, expertise maintenue en France et pratiquée en Ukraine par les deux camps²⁵⁹, reste une tactique pertinente pour s'approcher à portée de tir de cibles couvertes par des SAM longue portée adverse. Si elle reste très dangereuse de jour, comme illustré par le raid des *Jaguar* français sur Al-Jaber en Iraq le 17 janvier 1991²⁶⁰, elle reste très pertinente de nuit ou par mauvais temps quand l'efficacité de la défense sol-air à courte portée (*Short Range Air Defense* – SHORAD) adverse est limitée.

La surprise tactique et la ruse restent également un gage de succès : aucun IADS n'est homogène dans son rythme circadien ni sa capacité à maintenir une posture d'alerte renforcée. Les clés de la surprise tactique restent d'attaquer là où l'adversaire ne l'attend pas, de feindre, de l'obliger à faire décoller ses avions d'alerte pour l'attaquer quand ils sont posés, etc. Ces tactiques sont peu observées en Ukraine depuis l'été 2022, du fait de la faiblesse numérique de l'armée de l'Air ukrainienne et de la faiblesse doctrinale des VKS. Elles font cependant partie intégrante des pratiques et des doctrines occidentales : le 17 février 1991, la première frappe de *Desert Storm* est exécutée avec autant de puissance brute que de ruse et de surprise, après d'intensives manœuvres de guerre informationnelle et de déception²⁶¹.

En fin de compte, afin d'éviter le piège des contre-stratégies russes et chinoises, le ciblage de l'IADS adverse doit suivre les principes de l'analyse systémique des centres de gravité²⁶², plutôt que le « *rollback* » en force attendu et son coût en temps, en vies humaines et en matériel. La destruction des forces aériennes et des moyens de frappe dans la profondeur adverse au sol et par surprise comme lors de la guerre des

258. Allied Joint Publication 3.3 Édition B Version 1, *op. cit.*

259. Entretiens de recherche auprès d'officiers de l'armée de l'Air ukrainienne.

260. R. Feeser, « Guerre du Golfe/Attaque sur Al Jaber », Blog Pilote de chasse, 16 janvier 2021, disponible sur : www.pilotedechasse.org.

261. B. S. Lambeth, « The Winning of Air Supremacy in Operation Desert Storm », *op. cit.*

262. J. A. Warden III, « The Enemy as a System », *op. cit.*

Six jours en 1967 semble difficile à concevoir face à un IADS moderne. La logique de recherche des effets plus que de la destruction systématique doit présider à une dynamique sélective dans le choix des cibles, à l'exact opposé du ciblage russe en Ukraine depuis le 24 février 2024²⁶³. Cette recherche des effets doit être pensée en combinaison avec les acteurs des autres domaines, qui sont autant de moyens de contourner la puissance de feu d'un IADS.

- Les forces terrestres, en particulier les forces spéciales et les forces mécanisées, peuvent prendre d'assaut ou maintenir sous surveillance les cibles matérielles (bases aériennes, stations radar, etc.) trop exposées, sous réserve qu'elles soient déjà déployées sur le théâtre et qu'elles puissent agir sans s'exposer à la puissance aérienne adverse²⁶⁴. L'artillerie terrestre, en particulier balistique, ou la frappe contre la terre depuis des navires de guerre peuvent détruire ou forcer à se replier des parties entières d'un IADS²⁶⁵, comme illustré par les frappes de HIMARS et d'ATACMS ukrainiens contre les S-400 russes²⁶⁶.
- Le milieu naval permet de tirer avantage de la géographie pour attaquer les IADS par le littoral et forcer le défenseur à un choix à la Poros²⁶⁷ entre positionner ses moyens face aux forces terrestres, ou face à son littoral, ou les diluer entre les deux. L'attaque par missile de croisière depuis la mer se prête particulièrement bien à la surprise, d'autant plus si le lancement a lieu depuis un sous-marin ou des chasseurs volant en milieu maritime au-delà de l'horizon radar.
- La contribution du spatial et de la THA au renseignement et aux communications est devenue d'autant plus indispensable que la portée des SAM modernes repousse les avions de mission occidentaux aux limites de portée efficace de leurs systèmes, d'où le remplacement de la flotte américaine d'E-8C JSTARS par des capacités d'imagerie radar spatiales²⁶⁸ : « La maîtrise de l'espace est aujourd'hui critique pour la maîtrise du ciel²⁶⁹. »
- Enfin, l'action dans le champ cyber permet d'exploiter des vulnérabilités ponctuelles dans l'IADS adverse, mais l'action offensive y est contrainte par le temps très long de développement des effets, et par la rapidité de développement des contre-mesures : une arme cyber est assimilable à un pistolet à un coup. Le succès d'opérations telle qu'*Orchard* en 2008

263. G. Plopsky et J. Bronk, « Russian SEAD Efforts During the Air War in Ukraine », *op. cit.*, p. 106-136.

264. US Air Force Doctrine Publication 3-01, *Counterair Operations*, *op. cit.*, p. 25.

265. *Ibid.*, p. 26.

266. J. Watling, « Long-range Precision Fires in the Russo-Ukrainian War », *op. cit.*, p. 106-136.

267. J. F. C Fuller, *The Generalship of Alexander the Great*, Boston, Da Capo Press, 1960, p. 180-199.

268. T. Newdick, « E-8 JSTARS Has Flown Its Last Operational Mission », *The War Zone*, 26 septembre 2023, disponible sur : www.twz.com.

269. Entretien de recherche auprès d'un officier général de l'armée de l'Air et de l'Espace.

ne doit pas conduire à une surévaluation de l'impact potentiel du cyber dans les opérations SEAD²⁷⁰, la guerre électronique étant un champ beaucoup plus fondamental dans le domaine aérien.

Vers un C2 distribué

Enfin, la troisième catégorie de solutions pour garantir la supériorité aérienne est la résilience du C2 des opérations aériennes. Face à la puissance de feu adverse et la porosité consubstantielle des IADS, l'acquisition de la supériorité aérienne par les aviations occidentales implique un changement de philosophie vers un C2 distribué.

Le C2 lourdement centralisé qui a prévalu à partir des années 1980 est en effet au cœur de la doctrine aérienne de l'OTAN²⁷¹, ce qui s'explique par son efficacité supérieure à tous les autres et à l'absence de menace sur ses centres physiques de gravité jusqu'à la fin de la décennie 2010. Les centres de commandement tactiques occidentaux, les *Combined Air Operations Centers* (CAOC), sont en effet de formidables instruments de gestion conçus pour optimiser une guerre aérienne, mais qui présuppose leur invulnérabilité dans la zone arrière. Les CAOC produisent quotidiennement deux documents à destination des unités aériennes, l'*Airspace Coordination Order* (ACO), qui définit l'organisation de l'espace aérien en temps de guerre, et l'*Air Task Order* (ATO), qui assigne les missions aux différentes unités participant à la guerre aérienne.

Dans le modèle de C2 actuel, des opérations sans ATO et sans ACO sont impensables hors de la plus extrême urgence, et conduiraient à un risque très élevé de fratricide et de confusion. Avec le développement des moyens de frappe dans la profondeur, ces CAOC et les infrastructures de communication qui leur permettent de disséminer les ordres et de compiler les comptes rendus des unités sont désormais menacés d'une disruption très rapide de leurs capacités à exercer le C2.

Une solution pour minimiser l'impact de telles frappes est la « dilution continentale²⁷² » du commandement. Elle passe par une subsidiarité vers les unités tactiques, dont le commandement par l'intention (*Mission command*) est le fondement conceptuel. Ce changement de paradigme fait l'objet d'une stratégie dédiée par le Pentagone, sous la dénomination *Joint All-Domain Command & Control* (JADC2)²⁷³, dont la motivation est d'intégrer les moyens de défense aérienne de l'US Army avec le C2 de l'USAF, tout en faisant en sorte que des unités isolées sur les bases

270. F. A. H Pedersen et J. Jacobsen, « Narrow Windows of Opportunity: The Limited Utility of Cyber Operations in War », *Journal of Cybersecurity*, vol. 10, n° 1, 5 août 2024.

271. Allied Joint Publication 3.3 Édition B Version 1, *op. cit.*, p. 1-5-1-6.

272. Entretien de recherche auprès d'un officier général de l'armée de l'Air et de l'Espace.

273. D. Deptula, « Making Joint All-Domain Command and Control a Reality », *War on the Rocks*, 9 décembre 2022, disponible sur : <https://warontherocks.com>.

américaines du Pacifique puissent continuer à opérer malgré des frappes de missiles balistiques chinois sur leurs moyens de C2. Les solutions pratiques et organisationnelles du C2 distribuées restent cependant à préciser et achoppent sur une forte culture du commandement centralisé parmi les aviateurs occidentaux, sur leur besoin de coordination à la fois des effets et des espaces aériens, et sur le manque de communications sécurisées nomades.

Parmi les solutions possibles, les plus réalistes passent par la remise en cause du commandement centralisé par l'ATO mais impliquent un enjeu de coordination et de déconfliction. Deux options sont donc envisageables, soit de maintenir un certain degré de centralisation, soit au contraire la régionalisation de la gestion des espaces aériens. Ce changement de paradigme reste pour l'instant, dans les forces aériennes de l'OTAN, plus un exercice de rhétorique institutionnelle qu'une réalité tangible.

Solutions technologiques

Dans l'environnement opérationnel futur, comme durant toute l'histoire de l'aéronautique militaire, la maîtrise de l'air passera également par des adaptations technologiques. L'enjeu de la fin de la décennie 2020 est de passer d'une logique de plateformes, dans laquelle est concentrée l'intensité du capital et de la R&D, vers une logique de capteurs et d'armements en combat collaboratif, dans une optique relativement agnostique du porteur de ces capteurs et de ces armements. La difficulté de cette révolution conceptuelle ne saurait être sous-estimée dans un espace occidental habitué, depuis la guerre froide et le deuxième offset stratégique²⁷⁴, à concevoir des générations d'aéronefs de combat toujours plus performants et mieux équipés. Trois technologies majeures pourraient se révéler déterminantes dans le combat des prochaines décennies pour la supériorité aérienne : la contre-furtivité radar, la constitution d'un IADS moderne et différencié, et la survivabilité des plateformes complexes.

Détecter – contrer la furtivité en bande X

Les adversaires potentiels de l'espace occidental ont d'ores et déjà accès à la technologie LO. Vu les avancées incrémentales sur les différentes versions du J-20, la Chine disposera probablement de plateformes VLO au cours des années 2030²⁷⁵. Les forces aériennes et de défense sol-air occidentales vont donc devoir faire face à un premier problème majeur qui sera la détection des aéronefs adverses à des distances de combat cohérentes avec la portée des missiles de l'adversaire. Les autodirecteurs radar des missiles tirés sur

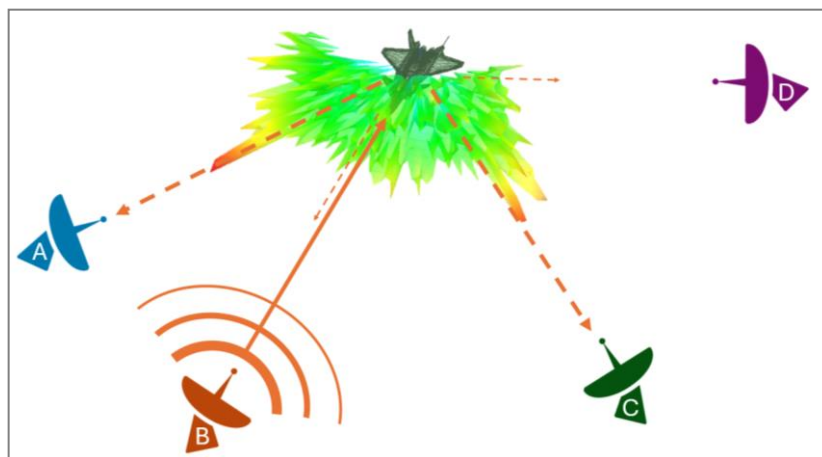
274. R. Grant, « The Second Offset », *Air & Space Forces Magazine*, 24 juillet 2016.

275. T. Newdick, « First Flight for China's H-20 Stealth Bomber Could Be Imminent: Report », *The War Zone*, 8 juillet 2022, disponible sur : www.twz.com.

ces avions VLO auront le plus grand mal à les trouver en phase finale, ce qui plaide pour des autodirecteurs à plusieurs modes de guidage.

La première solution, la plus évidente, est l'amélioration continue des radars. En bande X, dans laquelle travaillent la majorité des radars de conduite de tir, la technologie AESA poussée à ses limites en termes de puissance d'émission, permet en partie de contrer la furtivité LO, mais pas VLO²⁷⁶. Changer de gamme de fréquence vers les bandes L ou VHF pose deux problèmes majeurs pour les radars aéroportés. D'une part, la taille des antennes augmente avec la longueur d'onde, ce qui pose un problème d'encombrement à bord d'un chasseur ou d'un drone de combat. D'autre part, la résolution spatiale d'un radar se dégrade avec l'augmentation de la longueur d'onde, ce qui se traduit en bande L ou VHF par des qualités de pistes insuffisantes pour guider un armement, même si elles permettraient de réduire le volume de recherche des radars de conduite de tir en bande X avec lesquels elles peuvent être couplées²⁷⁷.

Schéma 8 : Principe de fonctionnement des radars multistatiques



Les émissions du radar B, réfléchies par la cible, sont trop atténuées pour être détectées par les radars B et D, en revanche elles sont détectées par les radars A et C : la furtivité LO de la cible est neutralisée.

Source : A. Gorremans, avec VuVuZela (pseudo), « J-20 Radar Scattering Simulation », 27 novembre 2022, disponible sur : <https://basicsaboutaerodynamicsandavionics.com>.

Une autre solution dans le domaine radar est l'approche multistatique, qui utilise des émetteurs radars déportés de leurs récepteurs pour s'affranchir des angles de furtivité des avions VLO, ainsi que des brouilleurs directionnels. Cette technologie très prometteuse, déployée en Russie avec le

276. Entretien de recherche auprès d'officiers supérieurs de l'armée de l'Air et de l'Espace.

277. « Would China's J-20 or Russia's Su-57 Fighter Win a Dogfight? », *The National Interest*, 25 décembre 2021, disponible sur : <https://nationalinterest.org>.

système 52E6MU *Struna-1MU*²⁷⁸, nécessite une coordination spatio-temporelle entre émetteurs et récepteurs qui la cantonne pour l'instant aux sites fixes au sol, et la rend donc très vulnérable aux frappes adverses.

Une variante de ces radars multistatiques est le concept de radar passif, utilisant de manière opportuniste les émissions de l'environnement sociétal, tels que les réseaux de téléphonie mobile ou la radio FM, pour détecter les aéronefs perturbant ces champs électromagnétiques. Si ce concept, opérationnalisé dès 2005 avec le *Homeland Alerter 100* de Thales, semble très adapté à un fonctionnement tactique défensif et maillé sur un territoire densément peuplé et à forte concentration d'émetteurs comme en Europe, il est en revanche difficile à concevoir dans un environnement maritime ou désertique.

Hors de la gamme radar, l'optronique travaillant dans les bandes infrarouges, visible et ultraviolette est par définition insensible à la furtivité radar. Un certain nombre de pays ayant pris du retard dans la technologie LO/VLO ont investi dans des capteurs optroniques sur leurs chasseurs, à commencer par l'Union soviétique dans les années 1980, et la France dans les années 2000. Si aucun système de détection infrarouge ne semble en mesure, en 2024, de détecter des chasseurs VLO à des distances suffisantes, le système de poursuite optronique TV – Laser de l'IRST du *Rafale* permet d'engager des pistes, même furtives, en toute discrétion électromagnétique. L'optronique souffre cependant d'un inconvénient majeur et indépassable, l'hypothèque météorologique, et constitue donc une solution en ciel clair uniquement.

Tableau 6 : Systèmes embarqués vulnérables à l'ELINT adverse et impact opérationnel de l'EMCON associé

Catégorie de système	Impact opérationnel de l'EMCON du système
Radars multimodes	Perte de détection radar Engagement air-air tributaire d'autres systèmes Pas de liaison avion-missile : perte d'efficacité des armements air-air
Radars de suivi de terrain	Perte de la capacité de pénétration basse altitude par mauvais temps (sauf sur fichier)
Transpondeurs	Complexification de l'identification des amis – risque accru de fratricide
Liaisons de données collaboratives omnidirectionnelles	Tactiques collaboratives réduites et dépendantes de la radio
Radio	Perte des communications tactiques courte distance
SATCOM	Perte des communications à longue distance

Source : expérience opérationnelle de l'auteur.

278. K. Zikidis, A. Skondras et C. Tokas, « Low Observable Principles, Stealth Aircraft and Anti-Stealth Technologies », *op. cit.*, p. 148.

Enfin, la détection passive des émissions de l'adversaire, désignée *Electronic Support Measures* (ESM) ou ELINT, cherche à détecter, identifier et pister les émetteurs radar et les communications, y compris les liaisons de données et les transpondeurs des aéronefs adverses. Cette solution combine trois avantages majeurs. Elle est tout d'abord totalement indépendante de la météorologie, contrairement à l'optronique. Elle permet ensuite, à taille d'antenne égale, de détecter l'émetteur à une distance de l'ordre du double de celle d'efficacité de ses propres systèmes émissifs. Elle force enfin l'adversaire au courant des capacités ESM amies à limiter ses émissions (*Emission Control* – EMCON), ce qui dégrade sa capacité opérationnelle.

Pour l'avenir proche, la piste la plus prometteuse pour contrer la furtivité radar consiste à compenser la perte de portée des radars de bord par la connectivité et le travail collaboratif, assisté par IA, entre plusieurs types de capteurs travaillant dans différentes longueurs d'onde, qui n'échangeraient plus leurs simples pistes mais directement leurs données brutes, non traitées. Sous réserve de la généralisation de liaisons de données tactiques directionnelles, similaire au *Multifunction Advanced Data Link* (MADL) du F-35, mais avec un débit beaucoup plus élevé, il est même envisageable de projeter ce travail collaboratif des capteurs entre plateformes, afin de bénéficier des avantages du multistatisme²⁷⁹.

Protéger : investir dans une défense sol-air différenciée

La prolifération et la diversification des moyens de frappes imposent de repenser la posture défensive occidentale, culturellement dominée par l'aviation de chasse. Pensée principalement autour de la patrouille de chasse défensive, et dans une moindre mesure avec l'appui de systèmes sol-air et antimissile haut de gamme, elle est désormais confrontée à plusieurs problèmes tactiques qui la mettent en échec partiel :

- ▀ contournement par le haut, par des armes balistiques et hypervéloces hors de portée de l'aviation de chasse défensive ;
- ▀ contournement par le bas par la dronisation du champ de bataille, avec des objets soit trop nombreux, soit trop petits pour être ciblés efficacement par l'aviation de chasse et les SAM ;
- ▀ contournement par la valeur, le prix des SAM occidentaux augmentant plus rapidement que le prix des moyens de frappe adverses ;
- ▀ enfin, le réalisme de cette approche, même face aux menaces

279. Entretiens de recherche auprès d'officiers supérieurs de l'armée de l'Air et de l'Espace et de responsables de l'industrie de défense.

traditionnelles, se heurte à la fonte des flottes de chasse occidentales²⁸⁰, qui n'ont plus un volume collectif suffisant pour assurer une permanence défensive robuste.

Face à ces limites, la seule option viable pour assurer une supériorité aérienne défensive à l'échelle d'un théâtre d'opérations est un investissement massif dans une défense air-air et sol-air multicouche capable de détecter et d'engager de manière différenciée les vecteurs et les armes aériennes de l'adversaire. La viabilité opérationnelle et économique d'un tel IADS est conditionnée à plusieurs impératifs :

- ▀ La capacité à estimer les points d'impacts des trajectoires des armes balistiques et à n'engager que celles qui sont dirigées vers une cible de haute valeur (infrastructure ou population), à l'instar du système *Iron Dome* israélien²⁸¹.
- ▀ La capacité à détecter et à engager un nombre limité de cibles aux profils de vol les plus extrêmes (balistiques, MaRV, hypersonique, etc.), pour protéger les centres de gravités amis pour lesquels la défense passive n'est pas une option. Cette contrainte impose des radars de veille très performants et des SAM haute performance, dont le coût unitaire est nécessairement élevé, de l'ordre de plusieurs millions d'euros par missile²⁸² et dont les stocks sont par conséquent limités.
- ▀ La capacité à détecter et à engager à un coût maîtrisé les armes volant en haut subsonique ou en bas supersonique en moyenne et basse altitude, tels que les missiles de croisière ou les armes antinavires, ce qui implique des SAM de performance moyenne, à forte mobilité. Leur efficacité opérationnelle dépend, du fait de leur portée limitée, d'un équilibre économique permettant d'en acheter des quantités suffisantes pour couvrir une surface utile. Ce n'est pas le cas des SAM moyenne et courte portée occidentaux actuels, avec des prix unitaires de l'ordre de 30 à 200 M€ d'euros par batterie et entre 500 000 et un million d'euros par missile²⁸³, sauf pour le système *Iron Dome* dont le prix par missile est de l'ordre de 50 000 dollars²⁸⁴.
- ▀ La capacité à détecter et à neutraliser des quantités importantes d'armes de frappe à longue portée *low cost* tels que les Shahed-131/136 dans toute la profondeur de la zone arrière tout en assurant la défense

280. R. Briant, J.-B. Florant et M. Pesqueur, « La masse dans les armées françaises : un défi pour la haute intensité », *op. cit.*

281. T. Lister, « Israel's Iron Dome Doesn't Chase Every Rocket It Sees », CNN, 18 mai 2021, disponible sur : <https://edition.cnn.com>.

282. M. Gunzinger et B. Clark, « Winning The Salvo Competition: Rebalancing America's Air and Missile Defenses », *op. cit.*, p. 75-76.

283. F. Hofmann, « Ukraine: Deutscher Nachschub für die Offensive », *DW*, 12 mai 2023, disponible sur : www.dw.com.

284. G. Grudo, « Iron Dome », *Air and Space Forces Magazine*, 28 mars 2016, disponible sur : www.airandspaceforces.com.

terminale d'un certain nombre de centres de gravité et de nœuds critiques contre les menaces à faible et moyenne performances, du drone au missile de croisière. Cette capacité implique un réseau de détection efficace en basse altitude, des brouilleurs et des missiles sol-air à très courte portée et à une artillerie anti-aérienne (AAA) mobile, à forte cadence de tir et guidée par radar. Pour ce qui concerne cette dernière, le choix du calibre doit être soigneusement étudié comme un compromis entre l'efficacité militaire et le prix unitaire des munitions. Cette dernière remarque a un sens particulier dans le cas français alors qu'arrivent sur le marché des systèmes en 40 millimètres (mm) dont le prix des munitions est dix fois supérieur à celui du 30 mm²⁸⁵.

- La capacité à protéger les forces terrestres sur toute la ligne de contact sur une profondeur appropriée (de quelques dizaines de kilomètres) contre les hélicoptères de combat, les drones et les munitions téléopérées adverses. Elle concerne les mêmes systèmes défensifs que la catégorie précédente (MANPADS et AAA), mais intègre également les drones anti-aériens tels que le Coyote Anti-UAS²⁸⁶.

Ces contraintes multiples, confirmées par l'expérience ukrainienne²⁸⁷ depuis 2022 mais aussi par les engagements sol-air en mer Rouge au cours de l'hiver 2023-2024²⁸⁸, plaident pour une évolution du modèle DCA occidental actuel vers un renforcement des capacités de défense sol-air du bas du spectre, en particulier au profit de l'AAA, et concernent aussi bien le segment terrestre que le segment naval.

Les armes à effet dirigé pourraient également faire partie de la solution SHORAD, en particulier les armes micro-ondes, contre les drones²⁸⁹. En revanche, la pertinence des armes laser contre les objets de grande taille reste à démontrer, car si l'avantage économique d'un tir laser est incontestable, il n'existe dans le monde aucun projet crédible de laser de destruction suffisamment puissant pour remplacer l'AAA et les MANPADS. Les lasers les plus puissants testés par l'US Navy et Israël développent en effet environ 50 à 100 kilowatts²⁹⁰ et sont à peine assez suffisants pour endommager un drone à quelques kilomètres après une poursuite de plusieurs secondes, pour un encombrement (poids de plusieurs centaines

285. Entretien de recherche auprès d'officiers supérieurs de l'armée de l'Air et de l'Espace.

286. J. Trevithick, « Drastic Increase in Army Coyote Drone Interceptor Purchase Plans », *The War Zone*, 20 décembre 2023, disponible sur : www.twz.com.

287. N. Pouzyreff et J.-L. Thiériot, « Rapport d'information en conclusion des travaux d'une mission flash, constituée le 18 octobre 2022 sur la défense sol-air en France et en Europe », Assemblée nationale, Commission de la défense nationale et des forces armées, 15 février 2023, p. 19, disponible sur : www.assemblee-nationale.fr.

288. V. Groizeleau, « La Lorraine abat un drone houthi dans la région du détroit de Bal el-Mandeb », *Mer et Marine*, 6 mai 2024, disponible sur : www.meretmarine.com.

289. O. Parken, « THOR Microwave Anti-Drone System Downs Swarms in Test », *The War Zone*, 19 mai 2023, disponible sur : www.twz.com.

290. P. Gros, « Les armes à énergie dirigée », *Observatoire des conflits futurs*, Note n° 2, FRS, juillet 2018, p. 14.

de kilogrammes et volume de l'ordre de 30 mètres cubes) difficilement compatible avec un système terrestre mobile²⁹¹. De plus, les lasers sont inopérants par mauvaise météorologie, et devraient donc être doublés par une AAA traditionnelle guidée par radar, ce qui constituerait une redondance de capacité dans un contexte général de tension budgétaire.

Rappelons pour conclure qu'une composante de chasse en alerte défensive reste le meilleur moyen d'abattre les aéronefs adverses avant qu'ils délivrent leur armement, et que le meilleur des IADS n'est jamais totalement hermétique. Cette dernière remarque impose de penser la survivabilité des moyens tactiques et des infrastructures associées comme condition nécessaire pour atteindre la supériorité aérienne.

Augmenter la survivabilité des plateformes habitées

L'objectif opérationnel de maîtrise de l'air impose évidemment de penser la préservation des moyens qui y concourent, quand ceux-ci ne sont pas consommables par nature, par la survie en l'air des plateformes de combat durant l'accomplissement de leurs missions tactiques.

L'autoprotection des avions de combat fait l'objet d'un effort continu, qui ne s'est pas arrêté à la fin de la guerre froide, avec une amélioration des brouilleurs et des détecteurs d'alerte radar et de départ missile. Le consensus tactique occidental est en effet que lorsque ces plateformes entreront dans les volumes d'engagement des armes adverses pour remplir leurs missions, elles ne pourront pas systématiquement engager ou tenir à distance tous les tireurs aériens ou à la surface adverses, avant de subir des tirs²⁹², en partie en raison des capacités distribuées des IADS. Dans ce contexte, si la capacité à ne pas être détecté et donc la furtivité radar et la discrétion électromagnétique vont rester un critère de survie et de succès, la capacité à éviter les tirs adverses par une combinaison de brouillage, de leurrage et de manœuvre reste essentielle.

Cette capacité à survivre aux tirs de missiles adverses repose principalement sur la technologie, mais également sur l'entraînement des équipages et, pour l'avenir proche, sur la programmation de l'IA des CCA non consommables. Elle est très spéculative en raison de la combinaison de plusieurs incertitudes majeures :

- L'efficacité réelle du brouillage radar et des leurres ne se révèle qu'au contact des capacités de temps de guerre de l'adversaire. Avant l'épreuve du combat réel, et malgré la qualité de la technologie et de l'entraînement occidental, il est impossible d'avoir des certitudes dans ce domaine.

291. *Ibid.*, p. 11.

292. Entretiens de recherche auprès d'officiers supérieurs de l'armée de l'Air et de l'Espace et de spécialistes anglo-saxons de la puissance aérienne.

- Les portées cinématiques des missiles adverses avec lesquelles sont construites les tactiques de combat ne sont que des estimations, les données issues du renseignement étant par nature incertaines ou partielles.
- Enfin, et c'est un des enseignements majeurs de l'Ukraine, le *tempo* de l'adaptation technologique est en train de s'accélérer, en particulier dans le domaine de la guerre électronique, grâce à l'irruption de l'IA dans la programmation informatique. Un délai de quelques semaines est parfois suffisant pour rendre obsolète un programme de brouillage.

Le brouillard de la guerre impose donc une grande prudence dans l'évaluation *a priori* de la survivabilité des plateformes de combat aérien. L'histoire du complexe de supériorité aérienne de Tsahal avant le 6 octobre 1973 doit inciter à la plus grande humilité dans le domaine²⁹³.

Le combat pour la supériorité aérienne est en train d'évoluer vers plus d'âpreté et de létalité, selon deux schémas qu'il est possible de rapporter chacun à une gamme d'altitudes. Dans les hautes et moyennes altitudes, au-dessus de 10 à 15 000 pieds, ce combat va être marqué par des capacités furtives de plus en plus symétriques et par la portée des engagements contre les chasseurs et la SEAD adverse. Dans les basses altitudes, le « littoral aérien », il se déroulera dans un espace saturé de munitions et de drones en tous genres, mais aussi traversé par les missiles et les avions de combat de 4^e génération qui chercheront à pénétrer les IADS. Dans les deux cas, le vainqueur sera celui qui aura réussi la double transition vers la massification pour saturer et contourner l'adversaire, appuyé par un C2 distribué. Les enjeux technologiques de détection contre la furtivité, de défense sol-air et de survivabilité plaident en outre vers des logiques de capteurs et d'effecteurs déportés.

Ces considérations concernent l'ensemble des pays occidentaux, dont la France, à laquelle est consacrée la partie qui suit et qui va conclure cette étude.

293. P. Razoux, *La Guerre du Kippour d'octobre 1973*, Paris, Economica, 1999.

***Timeline* – Échéances et recommandations pour les armées françaises**

Dans cette dernière partie, la capacité française à acquérir la supériorité aérienne est analysée sous l'angle des objectifs stratégiques puis capacitaires. Le modèle aérien français, construit autour des deux fonctions régaliennes de protection du territoire et de dissuasion nucléaire, est articulé sur un certain nombre de programmes majeurs, dont le *Rafale* est le plus emblématique, en attendant le SCAF. Il comporte cependant des limites à la fois qualitatives, avec des impasses capacitaires franches, notamment dans le domaine de la SEAD, et quantitative, avec des parcs et des stocks insuffisants pour faire face à une confrontation de haute intensité soutenue dans le temps. Les recommandations formulées, à échéance immédiate, et à l'échelle de la décennie à venir, visent à compenser les plus urgentes parmi ces carences, tout en appelant à terme à un changement de modèle vers un *Hi-Lo mix* capacitaire qui permette aux armées de regagner une masse cohérente.

Le modèle actuel et ses évolutions actées

La structure de forces des armées françaises s'inscrit dans la logique occidentale de suprématie aérienne, avec de fortes spécificités nationales. Les deux principaux contrats opérationnels, liés à la protection de l'espace aérien national et à la mise en œuvre de la composante nucléaire aéroportée permanente, impliquent la protection de l'ensemble des sites concourant à la montée en puissance des forces nucléaires, une alerte de défense aérienne robuste en métropole, et la projection d'une capacité de supériorité aérienne au profit du raid nucléaire. En plus de ces deux missions, les armées doivent être capables d'assurer la protection des forces et des intérêts français à l'étranger, d'honorer les alliances et les accords de défense de la France, dont une intervention dans un conflit de haute intensité en faisant jouer sa puissance aérienne²⁹⁴.

L'ordre de bataille aérien français en 2035

Au regard de ces contrats opérationnels, l'ordre de bataille aérien des armées françaises d'ici à 2035 est soumis à de telles contraintes budgétaires, technologiques, humaines et industrielles qu'il est possible,

294. [Rapport annexé à la Loi n° 2023-703 du 1er août 2023](#) relative à la programmation militaire pour les années 2024 à 2030 et portant diverses dispositions intéressant la défense.

une décennie à l'avance, d'en estimer le contour, dans les conditions actuelles de la programmation (LPM 2024-2030 et suivante) et sous réserve d'une exécution conforme.

Tableau 7 : Capacités françaises concourant à la supériorité aérienne à l'horizon 2035

Capacités en 2035 (LPM)	
Chasseurs	~ 200 <i>Rafale</i> B/C/M aux standards F4 et F5 ~ 25 <i>Mirage</i> 2000D RMV
Drone de combat	Quelques UCAV VLO
Ravitaillement en vol	15 A330 MRTT Phoenix
Hélicoptères	70 <i>Guépard</i> HIL 67 <i>Tigre</i>
Ciblage	2 Satellites IRIS
AEW	4 Avions futurs de détection et de contrôle 3 E-2D Hawkeye ²⁹⁵
SIGINT	3 <i>Archange</i> 1 système spatial CELESTE
Missiles air-air	Meteor MLA MICA NG
SEAD	RJ10 (FMAN) en version SEAD AASF en version SEAD
Frappe longue portée	Nouvelle version du SCALP SCALP naval 26 systèmes de frappe longue portée terrestre
Frappe moyenne portée	AASF AASM 250 AASM 1 000
Détection radar sur le territoire national	~ 80 radars civils et militaires, intégrés dans le système ACCS
Défense sol-air et surface-air	12 systèmes SAMP NG 12 systèmes VL MICA 2 Frégates de défense aérienne (FDA) renouvelées 2 FREMM de défense aérienne 6 FREMM et 5 FDI ²⁹⁶ 48 Serval Mistral MANPADS Mistral
Lutte anti-drone	40 Serval de Lutte anti-drone (LAD) 25 systèmes LAD navals 15 systèmes Parade

Sources : F. Giletti, *Rapport pour avis fait au nom de la commission de la défense nationale et des forces sur le projet de loi de finances pour 2024, n° 1680, Assemblée nationale, 26 octobre 2023* ; J.-J. Ferrara, *Rapport pour avis fait au nom de la Commission de la défense nationale et des forces sur le projet de loi de finances pour 2022, Assemblée nationale, 20 octobre 2021* ; N. Gain, « Une ébauche de Serval LAD sur fond d'accélération », *Forces Opérations Blog*, 15 août 2023 ; entretiens de recherche auprès d'officiers supérieurs et d'officiers généraux de l'armée de l'Air et de l'Espace.

295. Principalement dédiés à la DCA spécifique du groupe aéronaval.

296. Les FREMM et les FDI sont équipées d'un nombre très restreint de missiles ASTER 15, principalement pour leur autoprotection, et ne concourent que marginalement à la défense aérienne dans le cadre d'un conflit de haute intensité.

Les programmes d'armement structurants pour la supériorité aérienne

Dans une démarche de modernisation et d'adaptation permanente aux menaces et aux conflits, les armées poursuivent plusieurs programmes capacitaires d'importance majeure.

Le programme *Rafale* et ses armements

Développé à partir des années 1980, le *Rafale*, avion de combat non furtif multirôle de génération dite « 4.5 » est le seul chasseur actuellement en production en France. D'ici à 2035, deux standards du *Rafale* vont se succéder. Le *Rafale* F4 est déployé à partir de 2023 en trois itérations (F4.1 en 2023, F4.2 en 2025 et F4.3 en 2027). Il s'agit d'une amélioration des systèmes de combat sur la plateforme actuelle, avec notamment des fonctionnalités radar supplémentaires, un nouveau capteur optronique *Infrared Search and Tracking* (IRST), des améliorations du système de guerre électronique SPECTRA et un viseur de casque. Les communications seront augmentées d'une capacité SATCOM et de la radio et liaison de données Contact. La bombe AASM « Hammer » de 1 000 kilogrammes est déjà fonctionnelle sur le F4.1 tandis que le MICA NG sera avionné sur le F4.3, avec une configuration air-air à 8 missiles (contre 6 sur les standards précédents). Le METEOR sera rénové autour de 2031.

L'échéance critique pour l'armée de l'Air et de l'Espace (AAE) est le *Rafale* F5 dans le cadre du renouvellement de la Composante nucléaire aéroportée (CNA), à l'horizon 2035. Pour ce qui intéresse la capacité de supériorité aérienne, cette refonte majeure affiche des ambitions de rupture :

- un remplacement des radars RBE2 par le RBE2X, qui poussera à ses limites la technologie AESA pour la détection air-air ;
- un nouvel IRST avec une distance de détection des avions LO/VLO à des distances cohérentes avec la portée des missiles adverses ;
- une fusion des données des capteurs et une capacité de localisation des SAM adverses permettant un engagement SEAD ;
- un renouvellement des armements air-sol dont une capacité SEAD ;
- une résistance au brouillage à travers une liaison de données tactique directionnelle et une localisation par satellite bi-constellation (GPS et Galileo).

Le *Rafale* F5 sera cependant confronté en 2035 à des IADS multicouches distribués, assistés par des avions de guet aérien, dont la performance globale rendra la pénétration extrêmement difficile, même en très basse altitude²⁹⁷.

297. Entretien de recherche auprès d'officiers généraux de l'armée de l'Air et de l'Espace.

Un UCAV pour 2035 ?

En sus du *Rafale*, un aéronef d'accompagnement, furtif, est en développement, afin de « faire un pré-trou dans l'IADS, pour un chasseur moins furtif qui traitera l'objectif²⁹⁸ ». Cet accompagnateur, un UCAV annoncé le 7 octobre 2024 par le ministre des Armées, dont le nEURON de Dassault Aviation (lancé en 2003 avec un prototype en 2012) est une préfiguration, devra résoudre plusieurs problèmes tactiques qui contraignent fortement sa conception :

- il devra compenser l'absence de furtivité radar du *Rafale* par une capacité VLO, ce qui implique une taille suffisante pour emporter des armements en soute ;
- il devra poursuivre ses missions en environnement électromagnétique contesté, ce qui implique une suite de capteurs embarqués performants et une autonomie de décision dans ses trajectoires, même si tout engagement sera soumis à une autorisation humaine²⁹⁹.

Au vu de ces contraintes, cet UCAV sera probablement comparable à un avion de chasse traditionnel en dimensions, en capacités et donc en prix unitaire, il ne sera donc pas consommable mais une ressource rare³⁰⁰.

Le Système de combat aérien futur

Le projet SCAF est une démarche capacitaire française dont une partie, le *Next Generation Weapon System* (NGWS), a été lancée politiquement en 2017 dans le cadre du conseil de défense et de sécurité franco-allemand. Il est mené en commun avec l'Allemagne et l'Espagne, cette dernière depuis décembre 2020³⁰¹.

Ce système de systèmes, dont la mise en service aurait lieu à l'horizon 2040, sera structuré autour de deux catégories d'objets : un chasseur habité furtif de « 6^e génération », le *New Generation Fighter* (NGF), qui est le cœur du projet, et une famille de drones appelés *Remote Carriers* (RC), interagissant au sein d'un *Cloud* de combat collaboratif. La définition de l'architecture du projet doit arriver à sa conclusion à l'été 2025, avant une phase de développement et de prototypage prévue d'ici à 2030.

298. Entretien de recherche auprès d'officiers supérieurs de l'armée de l'Air et de l'Espace.

299. Entretien de recherche auprès d'officiers supérieurs de l'armée de l'Air et de l'Espace.

300. Entretien de recherche auprès d'officiers supérieurs de l'armée de l'Air et de l'Espace et d'une spécialiste américaine de la puissance aérospatiale.

301. J. Möhring, « Troubled Twins: The FCAS and MGCS Weapon Systems and Franco-German Co-operation », *Études de l'Ifri*, Ifri, décembre 2023, disponible sur : www.ifri.org.

Tableau 8 : Phasage du projet SCAF

	Échéance	Budget	Objectifs
Phase 1	2019-2021	260 M€	Maturation technologique Raffinement des concepts opérationnels (de 10 à 5 architectures)
Phase 1B	2022-2025	3,6 Md€	Boucles de simulation pour raffiner les concepts opérationnels Architecture unique en fin de phase
Phase 2	2025-2029	4,5 Md€	Développement des démonstrateurs isolés du NGF, des RC et du <i>Cloud</i> de combat
Phase 3	2030+	??	Orchestration des démonstrateurs en connectivité de combat, en parallèle de la phase de développement des objets opérationnels

Sources : Entretiens de recherche auprès d'officiers supérieurs de l'armée de l'Air et de l'Espace en charge du projet SCAF.

Les scénarios opérationnels auxquels sont confrontées les architectures du NGWS comprennent l'ensemble des missions OCA (dont la SEAD) et DCA³⁰². Le projet affiche des ambitions technologiques très élevées, en particulier pour le NGF, qui devra être furtif, compatible avec l'encombrement et la masse de l'ASN4G, tout en étant navalisable³⁰³.

Le projet est organisé en 7 piliers technologiques, attribués chacun à un champion national, avec la participation d'industriels des deux autres pays.

Tableau 9 : Partage industriel du projet SCAF

	Objet	Industriels (maîtrise d'œuvre)
Item 0	Développement d'une architecture et agencement d'objets opérationnels	Co-traitance – Dassault Aviation – Airbus GmbH – Indra
Pilier 1	Démonstrateur du NGF	<u>Dassault Aviation</u> – Airbus GmbH – Airbus SAU
Pilier 2	Motorisation	<u>EUMET</u> (Joint-Venture Safran – MTU) – ITP Aéro
Pilier 3	Démonstrateurs des <i>Remote Carriers</i>	<u>Airbus GmbH</u> – MBDA France – Satnus
Pilier 4	Cloud de combat	<u>Airbus GmbH</u> – Thalès France – Indra
Pilier 5	Simulation	<u>Airbus GmbH</u> – Dassault Aviation – Indra
Pilier 6	Capteurs	<u>Indra</u> – Thalès France – FCMS
Pilier 7	Furtivité	<u>Airbus SAU</u> – Dassault Aviation – Airbus GmbH

Source : Entretiens de recherche auprès d'officiers supérieurs de l'armée de l'Air et de l'Espace en charge du projet SCAF.

302. Entretiens de recherche auprès d'officiers supérieurs de l'armée de l'Air et de l'Espace en charge du projet SCAF.

303. Entretiens de recherche auprès d'officiers supérieurs de l'armée de l'Air et de l'Espace en charge du projet SCAF, et de responsables de l'industrie de défense participant au projet.

Le projet présente cependant plusieurs vulnérabilités critiques, qui permettent de porter un doute légitime quant à sa pérennité.

En premier lieu, sa poursuite dépend de la volonté politique des trois pays de continuer à travailler ensemble, et en particulier de la relation franco-allemande, ce qui pose question dans le climat d'instabilité politique des deux pays. L'avenir du NGWS, né d'une volonté commune d'Emmanuel Macron et d'Angela Merkel, n'est pas garanti depuis le départ de cette dernière et sera très incertain après les élections présidentielles françaises de 2027.

Si les besoins militaires des trois armées semblent converger, le projet repose également sur une cohérence industrielle précaire, rassemblant des entreprises concurrentes dans un défi de coopération et de partage des savoir-faire et des technologies. Les rapports de force établis par l'attribution des maîtrises d'œuvre font apparaître des déséquilibres, comme dans le pilier 1 (le démonstrateur du chasseur furtif NGF) qui voit l'entreprise responsable, Dassault Aviation, représentée minoritairement (à 33 %) face aux représentants des deux autres pays, qui sont deux branches (Airbus GmbH et Airbus Espagne) d'une même entreprise, par ailleurs concurrente de Dassault sur le marché encore actif des avions de combat de génération 4.5 avec l'*Eurofighter*. De plus, le partage privilégie parfois des industriels ayant peu d'expérience dans le domaine dont ils ont la maîtrise d'œuvre, au détriment d'acteurs experts, à l'instar de Thalès dans le domaine des radars embarqués (pilier 6).

La cohérence de l'engagement des nations participantes pose également question, du fait de l'existence de programmes d'acquisitions intermédiaires qui pourraient entrer en concurrence budgétaire avec le développement du SCAF au cours de la décennie 2030. L'Allemagne a par exemple commandé 35 F-35A, et s'est associée avec le Royaume-Uni pour développer un UCAV de combat dans le cadre du traité de Trinity House³⁰⁴. De son côté, la France développe pour 2033 le standard F5 du *Rafale* et surtout son UCAV d'accompagnement, développé par Dassault Aviation, en compétition directe avec le segment haut des *Remote Carriers* du SCAF, dont la maîtrise d'œuvre est attribuée à Airbus GmbH.

In fine, la principale vulnérabilité du projet est de nature budgétaire, la logique technologique du NGWS s'inscrivant dans la loi d'Augustine. Le NGF, en particulier, représente un bond considérable dans la complexité : il devra posséder en combat air-air des qualités comparables à celles du F-22A *Raptor*, dont le prix unitaire est d'environ 282 millions de dollars

304. C. Hoyle, « German F-35 Production Ready to Take Off as Lockheed Martin Eyes Further European Sales », *Flight Global*, 9 juin 2024, disponible sur : www.flightglobal.com ; G. Allison, « Britain and Germany to Develop Combat Drones Together », *UK Defense Journal*, 23 octobre 2024, disponible sur : <https://ukdefencejournal.org.uk>.

(\$ constants 2021)³⁰⁵, en ajoutant la contrainte de navalisation et de l'emport de l'ASN4G. Il est donc très probable que son coût unitaire, qui sera fonction de sa masse, soit de l'ordre de plusieurs centaines de millions d'euros, ce qui pose question pour les trois pays concernés, qui peinent déjà à maintenir le format de leurs aviations de chasse de génération 4.5. La poursuite du projet SCAF serait également remise en cause par toute crise majeure, quelle qu'en soit la nature, qui ponctionnerait significativement les budgets de défense d'ici à 2040.

En définitive, des incertitudes sérieuses pèsent sur l'avenir du projet SCAF, même si les travaux menés dans les phases 1 et 1B sont suffisamment conceptuels et non spécifiques pour éclairer les choix d'autres stratégies capacitaires si le SCAF ne devait pas continuer d'ici la fin des années 2020.

Les systèmes sol-air

La défense sol-air française est engagée dans trois principaux projets de développements, en plus du système courte portée VL-MICA et des MANPADS Mistral.

Sur le segment moyenne portée, l'ASTER 30 Block 1 NT donnera au SAMP une capacité antibalistique autonome, et apportera un durcissement face à la guerre électronique adverse. Cette modernisation est aussi prévue sur les FDA de la Marine nationale et concernera, à terme, une rénovation à mi-vie des FREMM DA dans la prochaine LPM³⁰⁶.

L'artillerie anti-aérienne, impasse capacitaire française, a fait l'objet d'un effort de développement avec le projet du Serval LAD, dédié à la protection anti-drone des forces terrestres³⁰⁷.

Enfin, dans le segment de défense contre les armes hypervéloces, le projet d'intercepteur endoatmosphérique TWISTER de la Coopération structurée permanente (CSP) de l'Union européenne (UE) fait l'objet d'une bataille industrielle entre les projets EU HYDEF, dirigé par SENER *Aerospatial*, et HYDIS² coordonné par MBDA et soutenu par la France, l'Italie, l'Allemagne et les Pays-Bas.

Dans l'hypothèse d'un conflit de haute intensité mené seul contre une puissance régionale, la structure des forces armées françaises, appuyées sur ces programmes majeurs, permettrait d'atteindre un niveau de supériorité aérienne suffisant pour faire évoluer les autres composantes dans un niveau de risque et d'attrition maîtrisé³⁰⁸. En revanche, dans le cadre d'un

305. Calcul de l'auteur, issu d'un travail de recherche sur la loi d'Augustine.

306. Entretien de recherche auprès d'un responsable de l'industrie de défense.

307. N. Gain, « Une ébauche de Serval LAD sur fond d'accélération », Forces Opérations Blog, 15 août 2023, disponible sur : www.forcesoperations.com.

308. Résultat d'un *wargame* mené par le bureau de développement capacitaire de l'état-major de l'armée de l'Air et de l'Espace. Ce consensus a été partagé par plusieurs officiers supérieurs de l'armée de l'Air et de l'Espace en entretien de recherche.

engagement majeur, en coalition, contre un État-puissance, ou en cas d'attaque saturante par une entité non étatique hostile utilisant les capacités de frappe asymétriques, elle comporte des vulnérabilités capacitaires et humaines significatives.

Les vulnérabilités du modèle de forces français

La France a, entre 1991 et le milieu des années 2010, abandonné certains domaines technologiques clés qui ont créé des trous capacitaires dans le haut du spectre de la conflictualité aérienne, conduisant certains à estimer que « la France joue désormais en 2^e division dans l'OTAN³⁰⁹ ». En parallèle, la contraction du format des armées pose un problème de masse critique dans les domaines qu'elles maîtrisent, créant de fait des « capacités Potemkine³¹⁰ » échantillonnaires, avec une très faible épaisseur organique.

Des capacités clés manquantes ou obsolètes

Les armées françaises souffrent de plusieurs impasses qualitatives, qui sont la conséquence soit de capacités jamais mises en service, comme la furtivité radar et la guerre électronique offensive, soit d'abandon franc de capacités existantes, comme la SEAD, soit de retrait progressif par économies successives comme dans le domaine des munitions et de la défense sol-air.

L'hypothèque LO/VLO

Dans le domaine du combat aérien air-air, l'AAE est bien équipée et bien entraînée pour des opérations contre tout adversaire équipé de chasseurs non furtifs³¹¹. En revanche, l'impasse capacitaire sur la technologie VLO pourrait confiner la France à un rôle de partenaire aérien, dépendant des forces aériennes équipées de vecteurs VLO, au moins pour la décennie 2025-2035.

Les raisons du refus d'obstacle français sur la technologie VLO sont multiples. Les armées françaises et l'industrie de défense française des années 1990 ont été surprises par l'apparition de la technologie VLO américaine, et, ayant déjà fait le choix du *Rafale*, ont minimisé son importance dans le contexte géopolitique des dividendes de la paix et des opérations limitées de la période. Cette technologie était également une vulnérabilité commerciale pour l'export du *Rafale*, pour laquelle aucune alternative furtive n'était développable sous court préavis en France. Ce choix s'est ensuite trouvé conforté par les conflits limités de la période

309. Entretien de recherche auprès d'un officier général de l'armée de l'Air et de l'Espace.

310. Entretien de recherche auprès d'un officier général (2S) de l'armée de l'Air et de l'Espace.

311. Entretien de recherche auprès d'officiers supérieurs de l'armée de l'Air et de l'Espace.

1995-2022, dans lesquels les capacités du *Rafale* dépassaient les impératifs opérationnels des théâtres afghan, libyen et sahélien.

L'asymétrie technologique est désormais franche : les pilotes français affrontant régulièrement des chasseurs de 5^e génération en exercice interalliés constatent que « la mission de combat contre des chasseurs furtifs sur *Rafale* est impossible à gagner en l'état actuel des capteurs³¹² ». La furtivité radar n'est certes pas suffisante pour obtenir la supériorité aérienne, mais elle est un atout indéniable, en particulier dans les scénarios les plus durs, à moins d'accepter des missions de pénétration en basse altitude, avec un niveau de risque élevé. Elle pourrait aussi devenir un ticket d'entrée des missions en première ligne, et donc un marqueur d'influence des options stratégiques d'une coalition.

Dans l'hypothèse d'un engagement aux côtés de ses alliés occidentaux dans un conflit de haute intensité, la chasse française pourrait être cantonnée au rôle de « supplétifs » des chasseurs de 5^e génération, dans une coalition aérienne à deux vitesses, dans laquelle les chasseurs de 4^e génération auront toute leur place³¹³.

La SEAD

Avec la furtivité, le ciblage dynamique et les armements SEAD sont l'autre impasse capacitaire majeure dans le domaine de la supériorité aérienne, depuis le retrait de service en 1997 de l'AS37 Martel³¹⁴.

La France n'aura pas de capacité SEAD avant le *Rafale* F5 à l'horizon 2035. En effet, si le *Rafale* dispose, avec l'AASM, d'une capacité DEAD limitée face aux sites SAM fixes à courte portée, il dépend jusqu'à la mise en service du standard F5 de capteurs externes que la France ne possède pas encore. Pour la destruction des systèmes SAM à longue portée, le problème est similaire, car les missiles de croisière SCALP-EG français, dont la portée est juste suffisante pour engager les SAM les plus modernes en *standoff*, ne sont pas reprogrammables en vol pour contrer la mobilité de l'adversaire, contrairement aux *Tomahawk Land Attack Missiles* Block IV et V américains. L'achat sur étagère d'une capacité SEAD de transition est très compliqué en termes de politique industrielle, en tension avec les intérêts à court terme de la BITD française, qui ne propose aucun produit sur ce segment du marché.

312. Entretien de recherche auprès d'officiers supérieurs de l'armée de l'Air et de l'Espace ayant participé sur *Rafale* aux exercices pluriannuels Atlantic Trident contre des F-22 et des F-35.

313. Entretien de recherche auprès d'un officier général (2S) de l'armée de l'Air et de l'Espace.

314. P. Gros *et al.*, « La neutralisation des défenses aériennes adverses (SEAD) », *Observatoire des conflits futurs*, FRS, 29 avril 2021, disponible sur : www.frstrategie.org.

J.-C. Noël, M. Paglia et É. Tenenbaum, « Les armées françaises face aux menaces anti-aériennes de nouvelle génération », *Focus stratégique*, n° 86, Ifri, décembre 2018, disponible sur : www.ifri.org.

Malgré des questionnements stratégiques formulés dès 2014³¹⁵, et malgré le retour d'expérience de la guerre russo-ukrainienne, la France prolonge donc dans la décennie 2025-2035 le pari qu'elle ne va pas devoir se confronter à un IADS complexe sans ses alliés hormis dans le contexte très particulier de la mission de dissuasion.

La maîtrise du spectre électromagnétique

Dans le champ électromagnétique, essentiel à l'acquisition de la supériorité aérienne moderne, les armées françaises sont sorties de la guerre froide avec une stratégie capacitaire basée sur la qualité de leur brouillage radar défensif. Indépendantes de la superpuissance américaine, avec une expertise reconnue mondialement dans le domaine, elles ne se sont pas investies dans les autres aspects de la guerre électronique. La France n'a pas suivi la montée en gamme opérationnelle des capacités qui pourraient lui être opposées dans ce domaine, avec en particulier les impasses suivantes :

- Face au durcissement des IADS adverses, la France dispose de très peu de systèmes de guerre électronique offensive. Elle ne possède pas non plus de moyen opérationnel pour brouiller les satellites radar adverses.
- Les armées françaises n'ont ni équipement, ni projet capacitaire pour brouiller les munitions de précision guidées par satellite, comme celles utilisées par les forces russes ou chinoises.
- La liaison 16 et la capacité de radio cryptée *Secure Voice* ne sont toujours pas déployées dans les centres de détection et de contrôle français près de 25 ans après leur généralisation dans le reste de l'OTAN.
- Il n'existe en France aucune capacité de communication aéroportée directionnelle similaire au MADL du F-35 pour faire face aux capacités de SIGINT et de brouillages russes.

Les munitions d'usure et de saturation

Les armées françaises utilisent très majoritairement des munitions aériennes de haute technologie, dont le prix unitaire a augmenté avec le temps et dont les stocks sont limités.

Pour traiter le nombre et la nature particulière des objectifs relatifs à la mission d'OCA, il manque un segment de basse complexité *standoff* au *Hi-Low mix* français. Les capacités françaises actuelles d'entrée en premier, articulées autour d'un nombre très réduit de missiles de croisière SCALP, ne sont pas cohérentes face à un IADS de type russe. Si un effort significatif a été réalisé sur le prix unitaire des bombes guidées AASM pour regagner de

315. C. Brustlein, É. de Durant et É. Tenenbaum, *La Suprématie aérienne en péril. Menaces et contre-stratégies à l'horizon 2030*, op. cit.

la masse³¹⁶, leur portée actuelle est insuffisante pour envisager un emploi autre que *stand-in*.

La France, depuis la ratification de la convention d'Oslo sur les armes à sous-munitions en 2010, ne possède plus de capacité à traiter des cibles disséminées sur une grande surface. L'attaque d'un aérodrome pour détruire les aéronefs adverses au sol n'est donc possible que par le tir d'une quantité très importante d'armes unitaires en *standoff* pour saturer les parkings, ou le tir d'opportunité d'armes guidées par des aéronefs évoluant en *stand-in*. Or la France ne dispose ni d'un stock de munitions *standoff* suffisant pour la première option, ni d'un vecteur *stand-in* capable de délivrer un grand nombre de munitions simples en environnement aérien contesté.

La défense sol-air

Pour la mission de défense sol-air, la principale vulnérabilité française est la faiblesse des segments bas d'une défense qui n'est plus multicouche mais au mieux bicouche, et qui n'a pour l'engagement des cibles même les plus simples presque que des SAM du haut de spectre. Il manque à la France une capacité d'usure pour faire face aux menaces les moins performantes telles que les drones OWA, qui peuvent saturer par le nombre les systèmes sol-air en service.

Les MANPADS peuvent constituer une partie de la solution, mais leur répartition au sein des armées françaises pose question : ils sont pour l'instant exclusivement réservés à la protection des forces terrestres et à la défense rapprochée de certains navires de la marine nationale. En revanche, les bases aériennes, y compris celles à vocation nucléaire et les bases aériennes projetées, ainsi que les frégates de premier rang de la Marine Nationale ne sont pas protégées sur ce segment.

La plus importante impasse capacitaire dans ce segment est l'AAA, historiquement faible en France, mais dont la pertinence est indiscutable au vu de l'expérience ukrainienne. La France ne dispose en 2024 d'aucune capacité AAA guidée par radar, mis à part les canons de 76 mm de ses frégates, qui servent principalement à leur autoprotection.

À l'autre bout du spectre des menaces, la France ne dispose pas de défense antibalistique autre que terminale avec l'ASTER 30, ce qui pose question dans un contexte de généralisation des arsenaux balistiques conventionnels (cf. *supra*). Leur utilisation décomplexée par la Russie en Ukraine, mais aussi par l'Iran contre Israël, État disposant de l'arme nucléaire, met à mal l'argumentaire de la couverture de ce cas de figure par la dissuasion nucléaire.

316. Entretien de recherche auprès d'officiers supérieurs de l'armée de l'Air et de l'Espace.

Ces vulnérabilités qualitatives rendent presque impossibles trois scénarios tactiques : la SEAD contre un IADS moderne, identifiée comme la priorité absolue, le combat air-air contre des chasseurs LO/VLO de 5^e génération, et la défense contre des attaques saturantes de drones OWA et des salves balistiques et hypersoniques conventionnelles. Elles seraient aggravées à l'échelle d'un conflit soutenu dans la durée par plusieurs vulnérabilités d'ordre quantitatif.

L'absence d'épaisseur organique et de masse

La capacité des armées françaises à acquérir la maîtrise de l'air, malgré l'ambition nationale détaillée *supra*, et en l'état de leur format en 2024, est limitée par quatre volumes principaux : le format de l'aviation de chasse, les stocks de munitions, la flotte de soutien opérationnel et la défense sol-air. Au-delà du matériel, le défi de la ressource humaine associée à ces quatre domaines accompagne ces problématiques.

Le format de la chasse française

L'aviation de chasse française, avec 107 *Rafale* en service dans l'AAE et 41 dans la Marine nationale, est en 2024 à son plus bas volume historique depuis 1916³¹⁷. Elle devrait continuer une décroissance structurelle en raison de la convergence de deux dynamiques :

- ▀ le retrait de service des *Mirage* 2000-5F en 2029, à réajuster en fonction des cessions à l'Ukraine ;
- ▀ la cession de 24 *Rafale* d'occasion à la Grèce et à la Croatie.

En compensation, la cadence de livraison des 42 *Rafale* de la 5^e tranche reste à confirmer. La cible pour 2030 de 225 chasseurs polyvalents, affichée dans la précédente LPM³¹⁸, ne sera probablement pas atteinte, car il restera encore 48 *Mirage* 2000D auxquels la rénovation à mi-vie n'a pas apporté de capacité air-air cohérente.

Pour mesurer l'« anémie » de cette flotte³¹⁹, rappelons un consensus empirique partagé au sein de l'OTAN : pour déployer un avion de combat, il faut en posséder 5, les cellules supplémentaires étant consommées pour la maintenance et l'entraînement. En pratique, les armées françaises en 2030 devraient sanctuariser en cas de conflit un volume d'environ 5 escadrons de *Rafale* pour la Posture permanente de sureté – Air (PPS-Air) et la composante nucléaire aéroportée, soit environ 100 avions³²⁰.

317. F. Giletti, *Rapport pour avis fait au nom de la commission de la défense nationale et des forces sur le projet de loi de finances pour 2024*, n° 1680, Assemblée nationale, 26 octobre 2023, disponible sur : www.assemblee-nationale.fr.

318. F. Parisot, « Le format de l'aviation de chasse de l'Armée de l'Air et de l'Espace : une équation complexe à plusieurs variables », *Revue de défense nationale*, juin 2023, disponible sur : www.defnat.com.

319. Entretien de recherche auprès d'un officier général de l'armée de l'Air et de l'Espace.

320. Calcul personnel de l'auteur.

Elles pourraient donc engager une trentaine de *Rafale* (Air et Marine) et une dizaine de *Mirage 2000D* (1/5^e de la flotte restante) pour tenir dans la durée en cas de conflit majeur. Le contrat opérationnel relatif à l'hypothèse d'engagement majeur décrite dans la LPM 2024-2030³²¹ est donc difficilement tenable d'ici à la livraison de la 5^e tranche de *Rafale*, en particulier si les armées devaient se battre dans la durée.

En plus de cette anémie quantitative, l'aviation de combat subit une incohérence capacitaire due à la pénurie d'équipements de mission dont l'acquisition est souvent la variable d'ajustement budgétaire des grands programmes³²², parmi lesquels on peut citer les capteurs, en particulier les radars AESA et les IRST, les pylônes lance-missiles et la connectique associée³²³.

Cependant, même avec une flotte de chasseurs équipée, les forces aériennes françaises seraient confrontées à un autre goulet d'étranglement capacitaire : la quantité de munitions complexes en stock.

Des stocks de munitions insuffisants

En effet, si les stocks d'armements air-sol simples français sont à un niveau cohérent³²⁴, la situation est très différente pour les munitions complexes : comme le note un rapport du sénat de 2023, « l'ambition affichée par le ministère des armées en matière de munitions demeure très insuffisante au regard des exigences des combats de haute intensité³²⁵ ».

Les consommations de missiles air-air observées lors d'exercices de grande ampleur³²⁶ ou de simulations³²⁷ représentent, rapporté aux stocks effectifs en 2024, en sanctuarisant la PPS-Air et la CNA, trois jours de combat de haute intensité, voire une journée pour le cas particulier du *Meteor*³²⁸. Cette problématique risque de s'aggraver avec le temps au vu des contraintes de vieillissement sur la durée de vie des missiles³²⁹.

321. Rapport annexé à la Loi n° 2023-703 du 1^{er} août 2023 relative à la programmation militaire pour les années 2024 à 2030 et portant diverses dispositions intéressant la défense, disponible sur : www.legifrance.gouv.fr.

322. Entretien de recherche auprès d'officiers supérieurs de l'armée de l'Air et de l'Espace.

323. J.-J. Ferrara, *Rapport pour avis fait au nom de la commission de la défense nationale et des forces sur le projet de loi de finances pour 2022*, Assemblée nationale, 20 octobre 2021, disponible sur : www.assemblee-nationale.fr.

324. Entretien de recherche auprès d'un officier général de l'armée de l'Air et de l'Espace.

325. H. Saury et H. Conway-Mouret, *Rapport pour avis sur les crédits de l'équipement des forces (P146) : accélérer le passage à l'économie de guerre*, avis n° 130 (2023-2024), Sénat, 2023, p. 4, disponible sur : www.senat.fr.

326. Retour d'expérience des exercices VOLFA, évoqués lors d'un entretien de recherche auprès d'un officier général de l'armée de l'Air et de l'Espace.

327. Simulations de l'auteur en soutien à un wargame capacitaire de l'EMAAE.

328. J.-J. Ferrara, *Rapport pour avis fait au nom de la commission de la défense nationale et des forces sur le projet de loi de finances pour 2022*, Assemblée nationale, 20 octobre 2021, disponible sur : www.assemblee-nationale.fr.

329. R. Briant, J.-B. Florant et M. Pesqueur, « La masse dans les armées françaises : un défi pour la haute intensité », *op. cit.*, p. 35.

Dans le domaine des armements air-sol *standoff* et des missiles sol-air, la situation est encore pire, les cessions à l'Ukraine ayant ponctionné les stocks de SCALP et d'ASTER 30 à la limite des stocks stratégiques³³⁰, en attendant des commandes de rechargement dans un contexte budgétaire au mieux incertain. Le développement du programme FMAN/FMC, financé à hauteur de 473 M€ dans le PLF 2024³³¹, et qui vise une capacité opérationnelle au-delà de 2030, illustre la tension budgétaire entre l'achat de munitions pour disposer de stocks cohérents à court terme et le développement de la génération suivante.

Ce point est d'autant plus critique dans le sillage du succès de l'opération *Hamilton* contre la Syrie en 2018³³², qui a pu donner l'illusion dangereuse qu'une frappe ponctuelle par des armements air-sol de qualité pourrait renverser une situation stratégique. L'acquisition de la supériorité aérienne dans un contexte de haute intensité est un effort dans la durée, qui serait très consommateur de munitions *standoff*.

La défense sol-air

La défense sol-air est le parent pauvre des capacités DCA françaises, négligée pour des raisons à la fois doctrinales et historiques. Le besoin en DCA a en effet longtemps été pensé comme une contingence en cas d'échec de l'approche OCA. De plus, depuis la fin de la Seconde Guerre mondiale, la France et plus généralement les pays de l'OTAN n'ont pas eu à mener de guerre aérienne défensive, à l'exception très particulière de la guerre des Malouines.

Les capacités de DSA française sont actuellement dimensionnées pour protéger les trois bases aériennes à vocation nucléaire (Saint-Dizier, Istres et Avord), ainsi que pour la couverture partielle de forces terrestres déployées en opérations. Une capacité résiduelle permet dans certains cas de sécuriser certaines des bases aériennes françaises à l'étranger ou des événements ponctuels en métropole dans le cadre des Dispositifs particuliers de sûreté aérienne (DPSA), comme lors des Jeux olympiques de Paris à l'été 2024.

Un effort significatif est consenti dans la LPM 2024-2030 au profit de la DSA, avec 5 milliards d'euros prévus, dont la rénovation des huit systèmes SAMP existants et l'achat de quatre systèmes supplémentaires d'ici 2035, ainsi que de douze systèmes VL-MICA, le renforcement des capacités de lutte anti-drone et un embryon d'artillerie anti-aérienne.

330. F. Alexandre et O. Fourt, « "Opération Chrysalide" : comment la France organise la livraison de missiles Scalp à l'Ukraine », RFI, 6 mai 2024, disponible sur : www.rfi.fr.

331. M. Belhamiti, *Avis fait au nom de la commission de la défense nationale et des forces armées sur le projet de loi de finance pour 2024*, Assemblée nationale, 26 octobre 2023, disponible sur : www.assemblee-nationale.fr.

332. E. Moyal, « L'opération Hamilton... démonstration stratégique et puissance aérienne », *op. cit.*

Cependant, même dans le cas optimiste d'une exécution complète de la LPM, ces capacités resteront échantillonnaires et taillées pour le haut du spectre :

- ▀ Les systèmes de lutte anti-drone (LAD) seront à peine suffisants pour protéger les sites les plus sensibles, dont certaines bases aériennes, en métropole, une à deux BAP, et une partie seulement des forces terrestres déployées en opération. Ils ne seront pas suffisants pour faire face au volume de menace dronisée constatée en Ukraine, en particulier par manque de moyen de guerre électronique.
- ▀ L'intégralité de l'artillerie anti-aérienne est pour l'instant allouée à l'armée de Terre et à la Marine nationale, ce qui pose la question de la défense basse couche des bases aériennes.
- ▀ Les systèmes de missiles sol-air ne seront toujours pas suffisants pour protéger certains des sites les plus sensibles en métropole et les déploiements opérationnels à l'étranger en simultané.

Les flottes de soutien opérationnel

Trois flottes d'avions de soutien sont particulièrement critiques pour l'acquisition de la supériorité aérienne : les avions de détection et de contrôle aérien (AEW), les avions de reconnaissance électronique (ELINT/SIGINT) et les avions de ravitaillement en vol.

La détection permanente en basse altitude sur le territoire national, sans aide alliée, en cas de crise dans la durée, ainsi que la capacité à projeter rapidement une capacité permanente de détection et de contrôle sur un théâtre d'opérations tout en assurant le contrat nucléaire reste un horizon capacitaire pour la flotte française d'E-3F AWACS.

La flotte de ravitailleurs français, initialement dimensionnée par la mission de dissuasion mais qui s'est vue rajouter trois avions pour compenser la dualité des usages entre ravitaillement en vol et logistique, reste en tension permanente du fait de cette polyvalence.

Enfin, depuis le retrait de service des C-160G Gabriel, les armées françaises ne disposent plus de capacité ELINT aéroportée dédiée, dont l'intérim est assuré imparfaitement par le module ELINT des E-3F AWACS pour le renseignement en temps réel d'une part, et le démonstrateur de constellation spatiale CERES et les pods ASTAC avionnés sur *Mirage 2000D* pour le renseignement à moyen et long terme d'autre part. L'acquisition de trois *Falcon 8X* Archange d'ici 2028 ne permettra pas une permanence ELINT sur le champ de bataille car ils seront partagés entre le renseignement de long terme, priorité historique française du domaine ELINT, et le renseignement en temps réel, au moins jusqu'à la mise en service de solutions rapides à développer en THA ou de la constellation SIGINT CELESTE à partir de 2029.

Ces vulnérabilités capacitaires, qu'elles constituent des impasses qualitatives ou qu'elles dérivent de volumes trop faibles, ne doivent pas masquer certaines vulnérabilités d'ordre humain, liées à la difficile bascule stratégique d'une armée partiellement transformée par deux décennies de contre-insurrection.

Les vulnérabilités humaines

Les armées françaises jouissent d'un fort prestige opérationnel, d'une expérience continue et unique en Europe par l'engagement des forces françaises au combat dans le cadre des opérations extérieures.

Cette expérience, focalisée sur les guerres expéditionnaires des décennies 2000 et 2010 en Afghanistan, au Sahel et au Levant, a polarisé une partie de l'expertise des forces aériennes françaises, et a imprimé une marque sur leurs cadres actuels³³³. D'une part, les exigences de la dissuasion nucléaire tirent les forces aériennes françaises vers la partie la plus extrême du spectre de la conflictualité. Cependant, ces forces ont été confrontées en opérations aux missions complexes de l'appui aérien et du ciblage dynamique caractéristiques des conflits du temps, au détriment des problématiques de supériorité aérienne de la haute intensité conventionnelle, qu'elles pratiquaient néanmoins en entraînement. Cet écartèlement des compétences d'un modèle de force complet jusque dans les années 1990 a créé certaines vulnérabilités dans la formation, l'entraînement, et dans le commandement et le contrôle.

L'entraînement des forces

Dans le domaine de l'entraînement, qui comprend la formation, l'entretien des compétences, et le développement de nouvelles tactiques, techniques et procédures (TTPs), des forces, deux faiblesses conceptuelles ressortent clairement à la lumière du conflit ukrainien.

Dans le domaine de l'entraînement des équipages de chasse français, plusieurs compétences du haut de spectre ont été conservées par les armées, malgré un volume d'entraînement annuel légèrement en deçà du standard de l'OTAN (180 heures par an par pilote), autour de 150 heures par an³³⁴. Le combat air-air de 4^e génération et la pénétration tout temps à très basse altitude, la « furtivité du pauvre³³⁵ », restent deux domaines d'excellence dans lesquels la France se place parmi « le trio de tête au niveau mondial³³⁶ », notamment avec la tenue régulière d'exercices tactiques

333. Entretien de recherche auprès d'un officier général (2S) de l'armée de l'Air et de l'Espace.

334. F. Giletti, *Rapport pour avis fait au nom de la commission de la défense nationale et des forces sur le projet de loi de finances pour 2024*, n° 1680, Assemblée nationale, 26 octobre 2023, disponible sur : www.assemblee-nationale.fr.

335. Entretien de recherche auprès d'un officier général (2S) de l'armée de l'Air et de l'Espace.

336. Entretien de recherche auprès d'un officier général de l'armée de l'Air et de l'Espace.

complexes et de formations comme le stage *Qualified Weapons Instructor*³³⁷. L'emploi du missile *Meteor* permet des options très offensives malgré l'absence de furtivité, et place le *Rafale* à l'intersection de la 4^e et de la 5^e génération. Le niveau d'interopérabilité avec l'OTAN est par ailleurs excellent car natif dans la formation et l'entraînement du personnel navigant.

Cette qualité de l'entraînement souffre cependant de l'absence d'une doctrine d'emploi spécifiant les menaces contre lesquelles les forces doivent se préparer ainsi que les capacités et modes d'action à mettre en œuvre : hormis les opérations POKER d'entraînement des FAS, les scénarios de combat fictif sont à l'initiative des unités navigantes, sans harmonisation ni formalisation du retour d'expérience à l'échelle nationale. L'entraînement à la défense contre la menace sol-air est encore balbutiant malgré une politique volontariste et la coopération avec l'entreprise Synapse Défense, et bute sur plusieurs insuffisances :

- Il est largement pratiqué en simulateur, ce qui crée des biais propres à la simulation, aussi élaborée soit-elle, en particulier le réalisme et la diversité des menaces disponibles sur les simulateurs français actuels.
- L'entraînement en conditions réelles est fortement limité par la disponibilité et les possibilités de déploiement géographique des émulateurs de menace ARPEGE³³⁸, qui permettent de simuler certains systèmes sol-air adverses en entraînement.
- Il comporte encore beaucoup de *negative training* dû à l'absence d'émulation des doctrines d'emploi des adversaires potentiels au-delà de l'émulation technique des systèmes³³⁹.

Par ailleurs, la résilience de l'aviation de chasse face à la guerre électronique adverse est peu pratiquée et peu maîtrisée : les équipages de chasse français, habitués à construire leurs tactiques en faisant un usage extensif de leurs radars et de leurs moyens de communication, sont mal sensibilisés à l'EMCON hors certains cas spécifiques. Certaines hypothèses d'entraînement dans ce domaine sont décrites comme « friables³⁴⁰ », en particulier en ce qui concerne la transparence électromagnétique du champ de bataille aérien, et les capacités de guerre électronique collaboratives et optroniques adverses. Le savoir-faire des années 1980 et de la guerre froide dans ce domaine est à adapter : « pour le moment la doctrine française n'arrive pas à s'affranchir de l'obligation d'émettre dans le spectre électromagnétique³⁴¹. » Enfin, la capacité française à opérer de manière

337. L. Lagneau, « La première promotion "QWI *Rafale*" a été diplômée par le Centre d'expertise aérienne militaire », Zone militaire, 6 août 2022, disponible sur : www.opex360.com.

338. Entretiens de recherche auprès d'officiers supérieurs de l'armée de l'Air et de l'Espace.

339. *Ibid.*

340. *Ibid.*

341. Entretiens de recherche auprès d'un officier général (2S) et d'officiers supérieurs de l'armée de l'Air et de l'Espace.

fluide en *Joint Engagement Zone* (JEZ), c'est-à-dire en coopération tactique étroite entre chasseurs, drones et défense sol-air, reste relative vu la faible régularité de l'entraînement³⁴², malgré le rattachement des unités sol-air de l'armée de l'Air et de l'Espace à la Brigade aérienne de l'aviation de chasse.

Le commandement et le contrôle

Le commandement et le contrôle du champ de bataille aérien restent en France centralisés, en accord avec la doctrine des opérations aériennes de l'OTAN³⁴³. Les notions de commandement par l'intention (*Mission Command*) et de commandement distribué sont entrées dans le vocabulaire courant et font l'objet d'une réflexion dans le cadre du projet *French Agile Combat Employment*³⁴⁴, qui prévoit le déploiement de chasseurs français sur des bases de l'Alliance en temps de guerre. Leur mise en pratique achoppe cependant sur deux problématiques principales, en plus des contraintes logistiques et de protection des emprises.

D'une part, elle heurte frontalement la culture française du commandement aérien centralisé. Les chefs militaires français se sont progressivement habitués à cette conduite en temps réel, rendue possible par la profusion de moyens de communication et la disponibilité de flux vidéo directs, et à l'écrasement des niveaux opératifs et tactiques, avec des règles d'engagement retenues au plus haut niveau et des comptes rendus presque immédiats en Afrique ou au Levant.

D'autre part, la dotation des forces aériennes en moyens spécifiques de commandement et de contrôle déployés n'existe pas en dehors de l'Escadre aérienne de commandement et de conduite projetable, qui est un moyen de commandement centralisé de théâtre et non de commandement distribué. Les unités aériennes françaises de format pertinent pour le commandement par l'intention, les escadres, ne sont pas équipées de ces moyens, et n'ont pas de personnel entraîné à leur emploi.

En conclusion, retenons que les armées françaises possèdent en 2024 un avantage humain indéniable et quelques pépites technologiques par rapport à leurs adversaires potentiels, dont le combat air-air et la pénétration basse altitude. Elles ne possèdent en revanche ni masse ni épaisseur pour durer seules dans une campagne aérienne de haute intensité. La soutenabilité financière du passage, en quantité suffisante, à la génération suivante de matériel pose question face au décrochage technologique de la France dans certains domaines clés comme la furtivité et la SEAD. Par ailleurs, le fragile équilibre financier de la défense française

342. Entretiens de recherche auprès d'officiers supérieurs de l'armée de l'Air et de l'Espace.

343. P. Gros, « La décentralisation du commandement et du contrôle (C2) des opérations aériennes », *Recherches & Documents* n° 12/2020, FRS, septembre 2020, disponible sur : www.frstrategie.org.

344. « Czech and French Air Forces Conduct Agile Combat Employment Training », Allied Air Command Public Affairs Office, 11 décembre 2024, disponible sur : <https://ac.nato.int>.

est confronté à la conjonction historique de deux tendances de long terme, à un moment de crise majeure du système international. La première tendance est l'augmentation non maîtrisée du coût d'acquisition et de possession des systèmes d'armes et de leurs munitions, qui pose un risque structurel à l'échelle des deux décennies à venir³⁴⁵. Cette tendance se heurte à la tension des finances publiques françaises, dont la capacité à absorber l'inflation augustiniennne des programmes d'armement pose question.

Recommandations

Pour tenter de remédier partiellement à ce constat sévère, les paragraphes suivants proposent une série de recommandations visant à redonner aux armées françaises une supériorité crédible dans le milieu aérien. Ces recommandations doivent être lues comme des pistes de réflexions, principalement capacitaires, mais aussi organisationnelles, dont la faisabilité technique a été discutée avec des spécialistes. Elles sont présentées à deux échelles de temps, à court et à moyen terme, et sont classées par mission et dans l'ordre de leur réalisme budgétaire, commençant par celles qui ont le moins de risque de générer des effets d'éviction, pour terminer par les plus disruptives.

Propositions à court terme

La première échelle de temps est l'urgence soulignée par le ministre des Armées Sébastien Lecornu dans son discours à la DGA du 24 octobre 2024 : « Le temps nous manque pour relever les défis d'un monde qui se réarme³⁴⁶. » Pour cette échéance immédiate, la philosophie de ces recommandations est triple. Il s'agit de corriger certaines impasses capacitaires devenues critiques, de générer à nouveau une masse de porteurs et de munitions à des prix abordables par les finances publiques, tout en passant d'une logique de plateforme à une logique de capteurs et d'effecteurs distribués.

Format et cohérence de l'aviation de chasse

Cette première série de recommandations vise à remettre en cohérence l'aviation de chasse française face aux menaces actuelles, en intégrant le risque d'un report de la 5^e tranche de livraison *Rafale*.

- ▀ Rédiger et valider un concept d'emploi de l'aviation de combat française, qui précise les attendus tactiques de l'entraînement des unités.

345. N. Augustine, *Augustine's Laws*, American Institute of Aeronautics and Astronautics, 1997.

346. Déclaration de M. Sébastien Lecornu, ministre des Armées et des anciens combattants, sur la transformation de la Direction générale de l'armement, à Vert-le-Petit le 24 octobre 2024, disponible sur : www.vie-publique.fr.

- Accélérer la virtualisation de l'entraînement au combat aérien à travers la LVCT, standardiser et augmenter la dureté des scénarios d'entraînement pour les porter à un niveau cohérent avec la menace moderne et les tenir à jour régulièrement. Faire porter l'effort de la LPM 2024-2030 sur les équipements de mission (antennes AESA, pylônes, etc.) et les munitions.
- Généraliser l'emploi des modes de suivi de terrain sur *Rafale* monoplace à l'ensemble des pilotes aptes à la mission de guerre, avec une gestion du risque opérationnel qui soit cohérente avec des effets militaires dans les scénarios de haute intensité.
- Équiper le *Rafale* F4 d'un leurre tracté et/ou de leures propulsés pour augmenter sa survivabilité.
- Intégrer le tir du MICA en mode III sur *Rafale* pour permettre un tir sur acquisition visuelle guidé par le viseur de casque pour le combat rapproché sur *Rafale* F4.
- Refondre le chantier de modernisation du *Mirage* 2000D pour le porter au standard multirôle *Mirage* 2000I, déjà développé par Dassault Aviation pour l'Inde, porter la durée de vie des cellules à 9 000 heures comme pour le *Mirage* 2000-5F, et anticiper les problématiques de maintien en condition opérationnelle pour éviter un phénomène d'explosion des coûts de maintenance à l'horizon 2035.

SEAD

Ces recommandations ont pour objectif de donner à court terme une première capacité SEAD avant la fin de la décennie, afin de garder une liberté d'action nationale en espace contesté avant 2035.

- Développer rapidement ou acheter sur étagère un leurre propulsé aussi simple que possible, similaire à l'ADM-160 MALD, et l'avionner en priorité sur *Mirage* 2000, sur A-400M en lancement depuis la soute, voire depuis le sol.
- Acheter sur étagère un lot d'AGM-88 HARM, quelle que soit la version, et l'intégrer sur *Rafale*, afin de disposer rapidement d'une première capacité et construire les tactiques, techniques et procédures associées.

Frappe OCA

Cette courte série de recommandations vise à crédibiliser les capacités d'engagement OCA française en créant un stock de munitions pertinentes, et à donner aux armées une capacité de saturation des IADS adverses.

- Développer une capacité de tir de missiles de croisière et de drones OWA depuis les soutes de l'A400M, dans la même logique que le

programme *Rapid Dragon* américain, sous réserve de la constitution d'un stock de munitions suffisant³⁴⁷.

- Faire porter l'effort de la LPM 2024-2030 sur l'achat de munitions aériennes en quantité suffisante pour tenir dans la durée d'un conflit de haute intensité. Identifier et suspendre l'application de certaines normes générant des surcoûts de production déraisonnable.
- Développer une famille de drone OWA possédant des caractéristiques similaires au *Shahed* 136 et les acquérir en quantité suffisante pour envisager plusieurs salves de 500 drones, avec une cible totale autour de 2 500 à 3 000 drones et la capacité à en produire massivement dès le début d'une guerre de haute intensité.

DCA

Dans le domaine défensif, l'urgence est au développement rapide de capacités d'engagement de salves saturantes adverses avec comme principal considération la maîtrise des coûts.

- développer ou acheter sur étagère une capacité AAA guidée radar, en 30 mm, commune aux trois armées, et la déployer massivement ;
- poursuivre les expérimentations des armes de LAD à laser HELMA-P et généraliser leur déploiement au sein des trois armées ;
- pour la lutte contre les drones OWA, développer des missiles air-air à bas coût (de l'ordre de 50 000 €) basé sur le MANPADS Mistral ou sur des roquettes de 70 mm, similaires au kit APKWS³⁴⁸ ;
- développer des systèmes d'essaims de drones anti-drone, dans l'esprit du concept *RapidEagle* de Thales³⁴⁹ ou ALADIN de MBDA ;
- rénover les conduites de tir air-air canon du *Rafale* et du *Mirage 2000D* pour maximiser les chances de coup au but contre des cibles aériennes de petite taille ;
- adapter le VL-MICA pour emport sur dans les silos VLS des bâtiments de combat de la Marine nationale, afin d'augmenter le nombre de missiles embarqués ;
- pour la Marine nationale, adapter sur les tourelles de 76 mm le système STRALES associé à l'obus guidé DART italien³⁵⁰.

347. « Rapid Dragon Fact Sheet », Air Force Research Laboratory, 28 mars 2023, disponible sur : <https://afresearchlab.com>.

348. « APKWS® Laser-guidance Kit », BAE Systems, disponible sur : www.baesystems.com.

349. « RapidEagle, le drone intercepteur de drone », Agence de l'Innovation de Défense, 20 juin 2024, disponible sur : www.defense.gouv.fr.

350. « The Strales 76mm System with DART Guided Ammunition », Leonardo, 18 avril 2014, disponible sur : www.leonardo.com.

Défense passive

Dans ce domaine où toute l'expérience de la guerre froide est à redécouvrir, la priorité est d'augmenter la survivabilité au sol des équipements les plus chers et les plus rares :

- entraîner le personnel opérationnel à la dispersion sur leurs bases-mères, et conduire une estimation du besoin en RH et en matériel de maintenance et de tractage pour conduire ces opérations de manière permanente en cas de conflit ;
- développer et acquérir des leurres, gonflables ou en matériaux bon marché, simulant les principaux matériels en services (*Rafale*, *Mirage 2000D*, *SAMP*, *VL-MICA*, etc.) et former le personnel des unités aériennes à leur emploi tactique.

C2

Enfin, dans le domaine du C2, les recommandations ci-dessous visent à donner corps aux concepts de C2 distribué en cours de construction au sein des armées :

- développer un concept de commandement des opérations distribuées au sein du CDAOA avec un niveau de délégation jusqu'à l'escadre, qui soit équipée de moyens de communication sécurisés déployables ;
- élargir le concept *French ACE* au déploiement régulier d'avions de combat mais aussi et surtout de leur soutien opérationnel et matériel, y compris les munitions, sur une sélection appropriée de terrains civils en France dans une optique de dispersion ;
- investir massivement dans l'IA et en développer des applications dédiées à l'optimisation de la guerre aérienne, avec quatre priorités : la génération des plans et du *tasking*, l'autonomie des systèmes aériens non habités, le ciblage et l'entraînement des équipages.

Propositions pour 2035

Les recommandations à long terme sont principalement capacitaires et concernent les programmes d'armement majeurs dont l'échelle de temps est de l'ordre de la décennie ou plus. Leur objectif est de préparer une aviation de combat différenciée entre *stand-in* et *standoff*. La massification par la dronisation, associée à un petit nombre d'armes de décision, doit garantir aux armées une capacité de saturer et de fracturer les défenses de l'adversaire et d'imposer au plus vite, dans les premières heures d'un conflit, une supériorité aérienne durable.

- développer une famille d'armements air-sol de saturation modulaire, capables d'être configurés pour des frappes OCA dont la SEAD, mais dont la performance individuelle doit être secondaire devant la maîtrise du prix unitaire et la capacité à être produite en masse, à l'image de

l'ambition du programme Barracuda-M de l'entreprise américaine Anduril³⁵¹ ;

- ▀ développer une capacité de brouillage offensif en pod externe, adaptable sur une grande variété de porteurs, dont le *Rafale*, l'A330 MRTT, l'*Archange*, le successeur des E-3F AWACS et l'A400M ;
- ▀ développer, en parallèle de la modernisation du *Meteor* MLA, une version SEAD dédiée ou duale Air-Air et SEAD du Meteor avec une charge militaire adaptée et un autodirecteur double : radar actif/passif en bande X, et radar à ondes millimétriques ;
- ▀ développer ou acheter sur étagère une munition aérobalistique MaRV pour attaquer les systèmes SAM les plus complexes, similaire aux dérivés de la cible balistique israélienne *Blue Sparrow*³⁵² ;
- ▀ développer un UCAV à bas coût, autour de 5 M€ par drone hors charge utile, en priorité sur le drone d'accompagnement du *Rafale* F5, dont il pourra profiter de l'IA embarquée, et le déployer en masse, avec une cible à 200 unités minimum ;
- ▀ distribuer la DSA pour maximiser son imprévisibilité et sa capacité à surprendre l'adversaire, en installant des lanceurs déportés dans des mobiles banalisés terrestres et maritimes, comme des conteneurs standards de 20 pieds ;
- ▀ repenser la place du NGF dans une logique de tandem avec le *Rafale* F5 et non de porteur polyvalent omnirôle, de manière à le concevoir en priorité pour la mission d'entrée en premier, en complémentarité avec le *Rafale* F5. Le NGF et ses drones d'accompagnement (cf. *infra*) seraient chargés de l'escorte et de la SEAD, le *Rafale* conservant l'essentiel de la puissance de feu de ce *Hi-Lo mix* inversé sur le modèle F-15EX/F-35A de l'USAF.

351. « Anduril Unveils Barracuda-M Family of Cruise Missiles », Anduril, 12 septembre 2024, disponible sur : www.anduril.com.

352. « ROCKS™ Autonomous Extended Stand-Off Range Air-to-Surface Missile », brochure, Rafael, 2024, disponible sur : www.rafael.co.il.

Conclusion

La doctrine de la supériorité aérienne occidentale donnait, à raison jusqu'à la décennie 2010, une forme de prééminence à une posture offensive visant à détruire au sol l'armée de l'air adverse et à neutraliser son IADS. Cette posture n'est cependant plus suffisante pour l'entrée dans la décennie 2030, les adversaires potentiels de l'Occident ayant développé trop de moyens de contournement de la puissance aérienne traditionnelle.

Les adversaires potentiels de l'Occident font en effet des progrès techniques de manière différenciée, lents et toujours accompagnés de faiblesses humaines et doctrinales pour la Russie, beaucoup plus rapides pour la Chine. L'aviation russe n'est toujours pas une menace existentielle pour la puissance aérienne de l'OTAN mais ses moyens de frappe à longue portée mettent en péril les infrastructures européennes de l'arrière indispensables pour la maîtrise du ciel. En parallèle, les IADS russes et chinois et ceux de leurs clients se renforcent et se densifient, et sont les principaux obstacles à la maîtrise de l'air par l'Occident.

Le combat aérien à l'échelle de la décennie à venir reste déterminé par la furtivité radar et la capacité à dégrader l'IADS adverse par la SEAD et la frappe aérienne qui devra muer d'une logique d'excellence vers une logique de saturation et de soutenabilité économique dans la durée. La doctrine offensive occidentale garde donc sa pertinence à condition d'être épaulée par un segment défensif à construire, en particulier dans le bas du spectre de la complexité avec l'AAA, qui puisse protéger les arrières contre les frappes de saturation par des vecteurs dronisés ou préprogrammés. L'avance technologique dans le domaine des capteurs reste cruciale dans les deux approches de la supériorité aérienne.

La France n'est pas prête à devoir se battre pour la supériorité aérienne dans la durée, même si elle est capable de l'emporter ponctuellement en combat aérien et de se faufiler à travers un IADS moderne pour assurer des frappes ponctuelles conventionnelles ou nucléaires. Afin de lui permettre de peser dans le cadre d'un conflit de haute intensité en coalition, ou de l'emporter dans un conflit contre un adversaire étatique en quasi-parité des forces, cette étude formule 5 grandes catégories de recommandations :

- faire un effort d'équipement et de modernisation des avions de combat dans l'inventaire ;
- passer d'une logique de plateformes à une logique de capteurs et d'armes distribués ;

- ▀ privilégier le nombre et le travail collaboratif des munitions à leurs qualités de pénétration individuelles ;
- ▀ sortir l'aviation de chasse de la spirale augustinienne en ne payant le prix de la furtivité que là où elle est indispensable et prévoir une force différenciée entre *stand-in* et *standoff* ;
- ▀ développer des CCA/RC et des systèmes de défense sol-air dans une optique de regain de masse, et non de performance de chaque système individuel.

En parallèle de ces travaux, un travail de réflexion interarmées et de pédagogie sur le sujet de la supériorité aérienne semble nécessaire en France, tant le sujet, certes très technique, est mal connu de la majorité des décideurs politiques et militaires. La vertu d'une telle concertation serait de fédérer les expertises et les volontés pour que, si la France devait s'engager dans un conflit de haute intensité dans les années à venir, dans un monde instable en recomposition rapide, toutes les énergies convergent en priorité vers la maîtrise des airs, avant de vaincre dans les autres milieux.

Annexe – Liste des acronymes

A2/AD	<i>Anti access/Area denial</i>
AAC	Armée de l’Air chinoise
AAE	Armée de l’Air et de l’Espace
AASF	Armement air sol futur
AASM	Armement air sol modulaire
ACO	<i>Airspace Coordination Order</i>
AESA	<i>Active Electronically Scanned Array</i>
AEW	<i>Airborne Early Warning</i>
APL	Armée populaire de libération
ATACMS	<i>Army Tactical Missile System</i>
ATO	<i>Air Task Order</i>
AWACS	<i>Airborne Warning And Control System</i>
C2	<i>Command and Control</i>
CAP	<i>Combat Air Patrol</i>
CCA	<i>Collaborative Combat Aircraft</i>
CEMA	Chef d’état-major des Armées
CNA	Composante nucléaire aéroportée
COMAO	<i>Combined Air Operation</i>
DCA	<i>Defensive Counterair</i>
DEAD	<i>Destruction of Enemy Air Defense</i>
DRFM	<i>Digital Radio Frequency Memory</i>
ELINT	<i>Electronic Intelligence</i>
EMCON	<i>Emission Control</i>
ESM	<i>Electronic Support Measures</i>
F2T2EA	<i>Find, Fix, Track, Target, Engage, Assess</i>
FAS	Forces aériennes stratégiques
FDI	Frégate de défense et d’intervention
FMAN	Futur missile anti-navire

FMC	Futur missile de croisière
FREMM	Frégate multi-mission
HALE	Haute altitude longue endurance
HVAA	<i>High Value Airborne Asset</i>
HARM	<i>High speed Anti-Radiation Missile</i>
IRST(S)	<i>Infra Red Search and Tracking (System)</i>
IA	Intelligence artificielle
IADS	<i>Integrated Air Defense System</i>
JADC2	Joint All Domain Command and Control
LAD	Lutte anti-drone
LO	<i>Low Observable</i>
MADL	<i>Multifunction Advanced Data Link</i>
MALD	<i>Miniature Air Launched Decoy</i>
MALE	Moyenne altitude longue endurance
MANPADS	<i>Man-Portable Air Defense System</i>
MaRV	<i>Maneuverable Reentry Vehicle</i>
MRBM	<i>Medium Range Ballistic Missile</i>
NGAD	<i>Next Generation Air Dominance</i>
NGF	<i>New generation fighter</i>
NGWS	<i>Next Generation Weapons System</i>
OCA	<i>Offensive Counter Air</i>
OODA	Observation – Orientation – Décision – Action
OTH	<i>Over The Horizon</i>
OWA	<i>One Way Attack</i>
PET	<i>Pre Emptive Targeting</i>
Pk	<i>Probability of Kill</i>
PPS-Air	Posture permanente de sûreté – Air
SA	<i>Situational Awareness</i>
SAM	<i>Surface to Air Missile</i>
SAMP	Sol-air moyenne portée
SAS	<i>Special Air Service</i>
SCAF	Système de combat aérien du futur
SEAD	<i>Suppression of Enemy Air Defense</i>

SER	Surface équivalente radar
SP	<i>Self-Protection</i>
SRBM	<i>Short Range Ballistic Missile</i>
TALD	<i>Tactical Air Launched Decoy</i>
TOO	<i>Target Of Opportunity</i>
UCAV	<i>Unmanned Combat Air Vehicle</i>
UHF	<i>Ultra High Frequency</i>
VHF	<i>Very High Frequency</i>
VLO	<i>Very Low Observable</i>
VKS	Воздушно-космические силы, forces aérospatiales (Russie)

Les dernières publications des *Focus stratégiques*

- ▶ Héloïse Fayet et Léo Péria-Peigné, « [La frappe dans la profondeur : un nouvel outil pour la compétition stratégique ?](#) », *Focus stratégique*, n° 121, Ifri, novembre 2024.
- ▶ Jérémie Bachelier et Mélissa Levaillant, « [L'Inde, un partenaire incontournable pour la France dans l'Indopacifique ?](#) », *Focus stratégique*, n° 120, Ifri, juillet 2024.
- ▶ Élie Tenenbaum et Amélie Zima, « [Retour à l'Est : la France, la menace russe et la défense du 'Flanc Est' de l'Europe](#) », *Focus stratégique*, n° 119, Ifri, juin 2024.
- ▶ Pierre Néron-Bancel et Guillaume Garnier, « ['De l'autre côté de la colline' : atouts et fausses promesses de la transparence du champ de bataille](#) », *Focus stratégique*, n° 118, Ifri, mai 2024.
- ▶ Jérémie Bachelier et Céline Pajon, « [La France dans l'Indopacifique : pour une posture stratégique pragmatique](#) », *Focus stratégique*, n° 117, Ifri, octobre 2023.
- ▶ Élie Tenenbaum et Léo Péria-Peigné, « [Zeitenwende : la Bundeswehr face au changement d'ère](#) », *Focus stratégique*, n° 116, Ifri, septembre 2023.
- ▶ Guillaume Garnier, « [La France dans l'OTAN : de l'allié difficile au contributeur essentiel](#) », *Focus stratégique*, n° 115, Ifri, juin 2023.
- ▶ Jérémie Bachelier, Héloïse Fayet, Alexandre Jonnekin et François Renaud, « [Le signalement stratégique : un levier pour la France dans la compétition entre puissances ?](#) », *Focus stratégique*, n° 114, Ifri, mai 2023.
- ▶ Léo Péria-Peigné, « [Stocks militaires : une assurance-vie en haute intensité ?](#) », *Focus stratégique*, n° 113, Ifri, décembre 2022.
- ▶ Héloïse Fayet, « [Quelle posture stratégique pour la France au Moyen-Orient ?](#) », *Focus stratégique*, n° 112, Ifri, novembre 2022.
- ▶ Laurent Bansept, « [Le retour de la haute intensité en Ukraine : quels enseignements pour les forces terrestres ?](#) », *Focus stratégique*, n° 111, Ifri, juillet 2022.
- ▶ Laure de Roucy-Rochegonde, « [Deus ex machina : les enjeux de l'autonomisation des systèmes d'armes](#) », *Focus stratégique*, n° 110, Ifri, mai 2022.



27 rue de la Procession 75740 Paris cedex 15 – France

Ifri.org