



**Deutsche Gesellschaft
für Luft- und Raumfahrt
Lilienthal-Oberth e.V.**

The Opinions



**COLLABORATIVE AIR AND SPACE
COMBAT OPERATIONS IN EUROPE**

**OPÉRATIONS COLLABORATIVES
DE COMBAT AÉRIEN ET SPATIAL EN
EUROPE**

**KOLLABORATIVE MILITÄRISCHE LUFT-
UND WELTRAUMOPERATIONEN IN
EUROPA**

COLLABORATIVE AIR AND SPACE COMBAT OPERATIONS IN EUROPE

OPÉRATIONS COLLABORATIVES DE COMBAT AÉRIEN ET SPATIAL EN EUROPE

KOLLABORATIVE MILITÄRISCHE LUFT- UND WELTRAUMOPERATIONEN IN EUROPA

AAE Opinion No. 18

DGLR Opinion No. 4

September 2023



**Deutsche Gesellschaft
für Luft- und Raumfahrt
Lilienthal-Oberth e.V.**

© Académie de l'air et de l'espace / Deutsche Gesellschaft für Luft- und Raumfahrt

Tous droits réservés, septembre 2023

All rights reserved, September 2023

Dépôt légal : novembre 2023

Legal deposit: November 2023

ACADÉMIE DE L'AIR ET DE L'ESPACE

Ancien observatoire de Jolimont

1 avenue Camille Flammarion

31500 Toulouse – France

contact@academieairespace.com

Tél : +33 (0)5 32 66 97 96

www.academieairespace.com

DEUTSCHE GESELLSCHAFT FÜR LUFT- UND RAUMFAHRT

Lilienthal-Oberth e.V.

Godesberger Allee 70

53175 Bonn – Germany

info@dglr.de

Tel : +49 (0)228 308050

www.dglr.de

Imprimé par / *Printed by*

EQUINOX

Parc d'Activités Industrielles de Gabor

81370 Saint-Sulpice – France

ISBN 978-2-913331-97-6

ISSN 2426 3931

Crédits images couverture / *Cover photo credits*: Airbus, Dassault Aviation, Eurofighter, dvids,
photomontage AAE

CONTENTS / SOMMAIRE

Executive summary	4
Résumé	7
Zusammenfassung	11
FULL TEXT (English version)	15
TEXTE INTÉGRAL (version française)	34
Annexes	55

EXECUTIVE SUMMARY

“Does it connect, does it share, does it learn?” is a question that should be asked of every owner of air and space combat assets in Europe. It is key to enabling collaborative air operations, which provide the best collective response to any threat despite the diversity of national means involved.

Indeed **collaboration**, involving access to the resources of all military assets to achieve a common objective, goes beyond **cooperation**, which only shares the results of some military assets to meet individual objectives.

Collaboration between assets allows for better sharing of onboard resources than simple cooperation. Increasingly, the value delivered by air and space systems comes from collaborative interactions that leverage individual capabilities: the sharing of data collection, storage and processing power allows operational services to be produced and distributed

more quickly. Relevant intelligence and timely, secured orders can thus be promptly disseminated, enhancing overall European responsiveness.

Given the **heterogeneity** of European means and assets, and the proximity of potential threats as demonstrated in Ukraine, the success of European operations relies more and more on the ability to:

- network all military assets;
- move from limited cooperation to full collaboration, when mutually agreed.

Nevertheless, a greater openness to accommodate the diversity of assets creates a risk of **intrusion** by enemy forces that must also be addressed. The maximum collaboration level may therefore vary.

Appropriate organization is required to provide tactical agility and reactivity, and all stakeholders must be properly trained.

Of course, collaborative air and space combat operations will support **multi domain operations**¹ through data and information exchanges to deliver joint military action.

Nonetheless the **air and space** domains share some physical characteristics that deserve special attention in the development of collaborative capabilities:

- global reach and unimpeded communications facilitate the movement of material and data through an obstacle-free environment that can support theatre-wide and multi-domain operations;
- limited in-flight resupply (fuel or weapons) necessitates robust collaborative logistics;
- the three-dimensional movements of air and space platforms result in a constantly

and rapidly evolving layout of the overall combat system, challenging connectivity.

This opinion paper proposes recommendations on issues that require specific attention in light of the above considerations. Although the implementation of collaboration impacts humans, hardware and software, as well as their interfaces, we will focus on **digital aspects** that are particularly critical in air and space applications. It should be emphasized that some of these may already be taken care of within the EU or NATO environments. Our recommendations will address the various stages of the lifecycle of any procured military capability.

The **recommendations** (detailed in chapter 5) are summarized below.

R1: Enhance the current hardware-centric combat model with a data-centric combat model (“Software defined combat”) taking advantage of the benefits of the aerospace environment to achieve local and temporary air and space superiority and support multi domain operations.

R2: Develop a complete set of operations according to foreseen scenarios and step down to each global actor: linking intelligence means with ground related assets, global and national Common operating pictures (COP), all current and future piloted aircraft (such as NGWS, Tempest-GCAP, NGAD...) and drones, working with respective national owners, allied armies and navies and special forces.

¹ Air, space, cyber, land, naval plus information and electromagnetic spectrum.

R3: Build, use and maintain a complete simulation lab, a “Digital Twin” adapted to all possible allied operations, in order to check the efficiency of all functions needed in each of the strategies envisaged.

R4: Draw up a list of requirements, technical specifications and standards for European air and space collaboration based on EU and NATO initiatives: dual by nature because they include links with non-military structures that can provide valuable data to defence services.

R5: When collecting information on European-based assets (for force generation or capability development), always list interfacing capabilities (technical and procedural) and assess them against the above requirements.

R6: Explore the possibility of a digital platform to manage air data exchanges (Data traffic management), capable of adapting to a variety of coalition situations. Establish relevant governance/decision-making principles for each operation.

Red thread example

Use cases are recommended to illustrate the potential improvements of collaborative air and space combat operations.

The use case detailed hereafter is to detect and neutralize a convoy of long-range surface-to-surface missiles moving from a storage location to a launch site at an unknown time, using contributions from air, space and ground players. It represents a persistent concern because success or failure has strategic implications.

RÉSUMÉ

« *Est-ce qu'il sait se connecter, partager, apprendre ?* » est une question que l'on devrait poser à tous les propriétaires de moyens de combat aériens et spatiaux en Europe. Ces aspects sont essentiels pour permettre des opérations aériennes en collaboration, qui offrent la meilleure réponse collective à toute menace malgré la diversité des moyens nationaux impliqués.

En effet la **collaboration**, qui implique l'accès aux ressources de tous les moyens militaires pour atteindre un objectif commun à tous, va au-delà de la **coopération** qui ne partage que les résultats de certains moyens militaires pour atteindre des objectifs individuels.

La collaboration entre les moyens permet un partage des ressources embarquées meilleur que celui offert par la simple coopération. De plus en plus, la valeur apportée par les systèmes aériens et spatiaux provient d'interactions collaboratives qui tirent parti des capacités individuelles : le

partage de la collecte, du stockage et du traitement efficace des données permet de produire et de distribuer plus rapidement des services opérationnels. Des renseignements pertinents et des ordres sécurisés peuvent ainsi être donnés en temps utile et rapidement diffusés, ce qui va améliorer la réactivité européenne globale.

Compte tenu de l'**hétérogénéité** des moyens et des ressources européens et de la proximité des menaces potentielles, comme le rappelle le conflit en Ukraine, le succès des opérations européennes repose de plus en plus sur la capacité à :

- mettre en réseau tous les moyens militaires ;
- passer d'une coopération limitée à une collaboration totale, en cas d'accord mutuel.

Néanmoins, une plus grande ouverture du fait de la diversité des moyens crée un risque **d'intrusion** par les forces enne-

mies qui doit également être pris en compte. Le niveau maximal de collaboration peut donc varier selon les situations pour trouver un juste équilibre.

Une organisation appropriée doit ainsi être mise en place pour **former** correctement toutes les parties prenantes et assurer l'agilité et la réactivité tactiques.

Bien entendu, afin de mener une action militaire conjointe, les opérations de combat aérien et spatial menées en collaboration viendront soutenir les **opérations multi-domaines**¹ par le biais d'échanges de données et d'informations.

Néanmoins, les domaines **aérien et spatial** partagent certaines caractéristiques physiques qui méritent une attention particulière dans le développement des capacités de collaboration :

- l'accès global et des communications sans entrave facilitent le mouvement de matériel et de données dans un environnement sans obstacle apte à soutenir des opérations à l'échelle du théâtre et multi-domaines ;

- le réapprovisionnement limité en vol (carburant ou armes) nécessite une logistique collaborative robuste ;
- les mouvements tridimensionnels des plates-formes aériennes et spatiales impliquent une évolution constante et rapide de la configuration du système de combat global, ce qui complique la mise en place d'une connectivité garantie.

Le présent avis propose des recommandations liées aux questions spécifiques soulevées par les considérations ci-dessus. Bien que la mise en œuvre de la collaboration influe sur les êtres humains, le matériel et les logiciels ainsi que sur leurs interfaces, nous nous concentrerons sur les **aspects numériques**, particulièrement critiques dans les applications aériennes et spatiales. Il convient de souligner que certains de ces aspects peuvent déjà être pris en charge au sein de l'UE ou de l'OTAN. Nos recommandations porteront sur les différentes étapes du cycle de vie d'une capacité militaire.

Les **recommandations** (détaillées au chapitre 5) sont résumées ci-contre.

¹ Spectres aérien, spatial, cybernétique, terrestre, naval, information et électromagnétique.

R1 : Améliorer le modèle de combat actuel centré sur le matériel en passant à un modèle de combat centré sur les données ("*software defined combat*"), tirant parti des avantages de l'environnement aérospatial pour atteindre une supériorité aérienne et spatiale locale et temporaire, et soutenir ainsi les opérations multi-domaines.

R2 : Élaborer un ensemble complet de plans d'opérations en fonction des scénarios prévus et remonter jusqu'à chaque acteur global : relier les moyens de renseignement aux ressources terrestres, aux images opérationnelles communes ("*Common operational picture*", COP) multinationales et nationales, à tous les aéronefs pilotés actuels et futurs (tels que NGWS, Tempest-GCAP, NGAD...) et aux drones, en travaillant avec leurs opérateurs nationaux respectifs, les forces terrestres et maritimes ainsi que les forces spéciales.

R3 : Construire, utiliser et entretenir un laboratoire de simulation complet, un "jumeau numérique" adapté à toutes les opérations alliées possibles, afin de vérifier l'efficacité de toutes les fonctions nécessaires à chacune des stratégies envisagées.

R4 : Établir une liste d'exigences, de spécifications techniques et de normes pour la collaboration européenne dans le domaine aérien et spatial sur la base des initiatives de l'UE et de l'OTAN : duales par nature, elles incluent aussi des liens avec des structures non militaires qui peuvent fournir des données précieuses aux services de défense.

R5 : Lors de la collecte d'informations sur les moyens basés en Europe (pour la constitution de forces ou le développement de capacités), toujours dresser la liste des capacités d'interfaçage (techniques et procédurales) et de les évaluer au regard des exigences susmentionnées.

R6 : Étudier la possibilité d'une plate-forme numérique pour gérer les échanges de données aériennes (gestion du trafic de données), capable de s'adapter à diverses situations de coalition. Établir des principes de gouvernance/décision pertinents pour chaque opération.

Exemple de fil rouge

Des cas d'étude sont recommandés pour illustrer les améliorations potentielles des opérations de combat aérien et spatial en collaboration.

Le cas d'étude détaillé ci-après consiste à détecter et à neutraliser un convoi de missiles surface-surface à longue portée se déplaçant d'un lieu de stockage vers un site de lancement à un moment inconnu, en faisant appel aux contributions d'acteurs aériens, spatiaux et terrestres. Il s'agit d'une préoccupation durable, car le succès ou l'échec de cette mission présente des enjeux stratégiques.

ZUSAMMENFASSUNG

“Vernetzt es sich? Teilt es? Lernt es?” sind Fragen, die sich jeder Betreiber eines luft- oder raumgestützten Waffensystems in Europa stellen sollte.

Diese damit verbundenen Fähigkeiten gelten als Schlüssel für kollaborative Luftoperationen, die jedmöglicher Bedrohung trotz – oder gerade wegen – nationaler Einzelsysteme begegnen. Tatsächlich geht Kollaboration, unter der Einbindung aller militärischer Mittel zur Erreichung gemeinsamer Ziele, über Kooperation hinaus.

Eine Kollaboration zwischen den verschiedenen Einsatzmitteln ermöglicht eine effektivere Nutzung aller militärischer Ressourcen, als bei einer reinen Kooperation. Der operationelle Mehrwert von Luft- und Raumfahrtssystemen beruht zunehmend auf kollaborativen Interaktionen, die die individuellen Fähigkeiten nutzen. Zunehmend bemisst sich der Wert eines Luft- und Raumfahrtssystems an ebensolchen kollaborativen Interaktio-

nen für den wirksamen Einsatz individueller Fähigkeiten: der Zusammenschluss von Datenerfassungs-, Datenspeicher und Datenverarbeitungskapazität. Relevante Informationen, wie zeit- und sicherheitskritische Anweisungen, können so umgehend verarbeitet und zur Verfügung gestellt werden, was die Reaktionsfähigkeit Europas insgesamt verbessert.

Unter Berücksichtigung der Heterogenität europäischer Militärmittel und -systeme sowie der räumlichen Nähe möglicher Bedrohungen (siehe der Krieg in der Ukraine) hängt der Erfolg Europäischer Operationen zunehmend von den Fähigkeiten ab

- die militärischen Ressourcen zu vernetzen und
- von einer beschränkten Kooperation zu einer vollen Kollaboration zu gelangen, wenn gewünscht und/oder gewollt.

Allerdings impliziert eine solch offene Vernetzungsfähigkeit diverser Ressour-

cen das Risiko eines Cyberangriffes durch gegnerische Akteure. Entsprechend mag das Kollaborationsniveau situationsbedingt variieren. Weiterhin ist eine taktisch agile und reaktive ausgerichtete Organisation notwendig, deren Personal entsprechend trainiert sein muß.

Natürlich unterstützen kollaborative Luft- und Weltraumoperationen „Multi-Dimensionale Operationen¹“ durch Daten- und Informationsaustausch mit dem Ziel der Durchführung gemeinsamer militärischer Operationen. Nichtsdestotrotz charakterisiert sich der Luft- und Raumfahrtbereich durch einige physikalische Merkmale, die bei der Entwicklung von kollaborativen Fähigkeiten besondere Aufmerksamkeit verdienen:

- Globale und ungestörte Kommunikation erleichtern den Datenaustausch durch eine hindernisfreie Umgebung welche eine ‚Multi-Dimensionale‘ Operation im gesamten Einsatzgebiet ermöglicht.
- Begrenzt mitführbare Treibstoff- und Munitionsreserven erfordern ein kollaboratives logistisches System.

- Die dreidimensionale Bewegung und die damit verbundene konstante und schnelle Veränderung der Position und Lage von Luft- und Raumfahrtssystemen stellen eine Herausforderung für Kommunikation und Konnektivität dar

Unter Berücksichtigung der obengenannten Überlegungen präsentiert dieses Positionspapier Empfehlungen im Umgang mit kritischen Aspekten kollaborativer Luftoperationen. Auch wenn eine zunehmende Kollaboration Auswirkungen auf Nutzer, Hardware und Software sowie deren Schnittstellen hat, fokussiert sich dieses Papier auf die in der Luft- und Raumfahrtanwendungen kritischen, digitalen Aspekte. Dabei ist darauf hinzuweisen, dass einzelne dieser Aspekte bereits im EU oder NATO Umfeld diskutiert werden. Unsere Empfehlungen adressieren die verschiedenen Phasen des Lebenszyklus jeglicher beschafften militärischen Fähigkeit.

Damit ergeben sich folgende Empfehlungen (welche in Kapitel 5 detailliert sind).

¹ Luft, Raum, Cyber; See plus Information and Elektromagnetisches Spektrum.

R1: Erweiterung des heutigen hardware-zentrischen Gefechtsmodells um ein daten-zentrisches Gefechtsmodell („Software defined combat“), um die Vorteile der Dimension Luft zur Erlangung temporärer und lokaler Luftüberlegenheit und der Unterstützung von Multi-Dimensionalen Operationen auszunutzen.

R2: Entwicklung eines Portfolios an Operationen aus vorgesehenen Einsatzszenarien sowie deren Ableitung auf jeweilige globale Akteure: Verknüpfung von Aufklärungsmitteln und bodengestützten Systemen, globalen oder nationalen ‚Common Operating Pictures‘ (COP), jetzigen und zukünftigen bemannten Militärflugzeugen (wie NGWS (Next Generation Weapon System), Tempest, NGAD (Next Generation Air Domination), ...) und unbemannten Luftfahrzeugen, die unter dem Kommando der entsprechenden nationalen oder alliierten Streitkräfte stehen.

R3: Aufbau, Nutzung und Betrieb eines ganzheitlichen Simulationslabor; ein ‚Digitaler Zwilling‘ angepasst an das gesamte Spektrum alliierter Operationen, um die Wirksamkeit der benötigten Funktionen zur Erreichung der vorgesehenen Strategien überprüfen zu können.

R4: Erstellung einer Liste an Anforderungen, technischen Spezifikationen und Standards für eine europäische luft- und raumgestützte, militärische Kollaboration basierend auf EU oder NATO Initiativen: Verknüpfung mit nicht-militärischen Organisationen und Diensten, die einen wertvollen Beitrag zu militärischen Diensten leisten können.

R5: Bei der Zusammenstellung von Informationen zu europäischen Ressourcen (bzgl. Kräftegenerierung oder Fähigkeitsentwicklung) sollten immer die technischen und prozeduralen Schnittstellen mit definiert und gegenüber R1 bis R4 evaluiert werden.

R6: Untersuchung einer digitalen Plattform zum Management von Flugdaten (Data Traffic Management) mit der Fähigkeit sich an verschiedenste Koalition Zusammensetzungen anzupassen. Entsprechend sollten verbindliche ‚Governance‘ und Entscheidungsprinzipien für die jeweilige Operation etabliert werden.

Beispiel für kollaborative Kriegsführung

Die Lokalisierung und Neutralisierung eines Konvois von Boden-Boden-Raketen auf dem Weg vom Lager zum Einsatzgebiet erfordert den kollaborativen Einsatz von Luft-, Raum und Bodenstreitkräften. Ein Beispiel mit strategischen Implikationen bei Erfolg oder Misserfolg.

COLLABORATIVE AIR AND SPACE COMBAT OPERATIONS IN EUROPE

TABLE OF CONTENTS

1- The rationale of collaborative air and space combat operations	17
1.1. The war in Ukraine	17
1.2. Collaboration or cooperation.....	17
1.3. The digital transformation	18
1.4. The focus on the air and space dimension	18
1.5. Enhancing key air and space capabilities	19
2- The stakes	20
2.1. Credibility and legitimacy.....	20
2.2. The heterogeneity of European means and assets.....	20
2.3. The impact of emerging paradigms.....	21
2.4. Freedom to choose EU, NATO or a coalition of the willing.....	21
3- Implementation	22
3.1. Operational military domain	22
3.2. Strategic and political domain.....	22
3.3. Economic domain	23
3.4. Technological sovereignty in Europe	23
4- Recommendations	24
4.1. Basic principles.....	24
4.2. Pre-acquisition phase and requirements	26
4.3. Project and acquisition phase.....	29
4.4. Operations / Employment phase	30
5- Conclusion	33
Annexes	55
Members of the working group (AAE and DGLR).....	55
Interviews conducted for this Opinion	56

1- THE RATIONALE OF COLLABORATIVE AIR AND SPACE COMBAT OPERATIONS

1.1. The war in Ukraine

This war has demonstrated that a collaborative organisation can mitigate factual military inferiority.

“Everything seen, risks being destroyed”². This sentence illustrates the importance of combining knowledge (*what*) with precision (*where*) and timing (*when*), so that military means, limited in numbers, are not targeted by the enemy and are then directed against legitimate targets, avoiding collateral damage. It has involved combining collaboration in:

- **human** aspects (technical training, solidarity and motivation);
- **material/hardware** aspects (ability to effectively mount and use different physical assets like US-procured missiles on Russian-designed aircraft, standardized plugs for batteries, etc.);
- **virtual/software** aspects (data analysis and correlation by allies, circulation through different networks, cross-cueing

target location and identification, radio frequency encryption, strategic communication on social networks...).

1.2. Collaboration or cooperation

Collaboration is understood hereafter as going beyond **cooperation**.

Cooperation means sharing a **result** (e.g. intelligence on a target) with other interconnected entities. This result is obtained by an entity through its internal resources. These entities may or may not pursue the same objective, but they do have a common interest in sharing a result to achieve their own **separate goals**.

Collaboration means sharing **resources** internal to an entity (e.g. sensors), by granting other entities access to them on request or even by publishing availability of those resources. This usually implies that all share a common enough objective to allow external control over their internal resources. It

² Gen. Thierry Burkhard, Joint Chief of Staff, France, January 2023.

allows maximum exploitation of existing resources but also raises the question of who decides on priorities when resources are limited: e.g. an external request for an internal resource of an aircraft may have higher priority than its current internal use by its pilot. The pursuit of a **common objective** shared by all is therefore important.

Collaborative combat allows **greater effectiveness** than cooperative combat but requires a strong technical and organisational setup.

1.3. The digital transformation

Digital technologies have brought a new dimension to collaboration. They have enabled a massive increase in information collection, transfer and processing for the purposes of situation awareness, disseminating orders, reporting actions and assessing situations:

- they allow for information collection from a variety of **heterogeneous sources**, some of which did not even exist three decades ago (e.g. social networks);
- through standardized sampling, coding and exchange protocols (like Internet protocol – http/IP) they create a sort of **universal digital language**, capable of **translating** every piece of information (text, sound, images...) into a digital file in order to **transfer** it through a global network of terrestrial or radio links;

- processing speed, massively parallel computations and “Big data analytics” have dramatically increased the capacity to **extract on-time relevant intelligence** from the mass of collected information, when the latter is properly “mined” and “tagged”;
- “**Artificial Intelligence**” (AI) can provide a “digital partner” to improve the relevance of options offered to the crew, and thus the effectiveness of human actions. It could be used in the case of non-lethal operations, to assist data synthesis and exchanges for managing cyber data, post actions status data...

A need is emerging for **co-learning** within this new Human-Machine team, as well as a demand for explainability and traceability of the provided information and **trustworthiness** of recommendations that will trigger decisions. Human accountability and responsibility are at stake.

1.4. The focus on the air and space dimension

This stems from their physical characteristics and associated impact on collaboration:

- air and space provide an **obstacle-free** environment favouring radio or optical transmissions. Operations take place in a seamless, homogeneous environment, offering global access and reaching inter-connecting nodes and unhindered data

transfer, which are all at the core of collaborative operations;

- the permanent **3D motion** required for airborne objects makes it challenging to interconnect assets in the air, given high velocities, 3D movements and external limiting factors (clouds, probability to detect and intercept, denied environments);
- also challenging is **access to platforms in flight** and physical transfer between them (e.g. air or space refuelling). Propulsive energy and ammunition are thus limiting factors of airborne operations to maintain air superiority. Collaborative planning and execution can optimize resource sharing between participating countries and mitigate those limitations. Extensive preparation must go into procedures (air refuelling rendezvous or cross servicing), compatible hard-

ware interfaces (connectors, attachments points) and interoperable software technologies to ensure seamless bi-directional data transfer between aircraft and smart (guided) ammunition.

1.5. Enhancing key air and space capabilities

The military effect can be better tuned and controlled by enlarging the spectrum of all EU and NATO accessible means:

- fast detection and reaction from space and air, from very low to very high altitude, by means of intensive information sharing and data enabled services;
- high readiness and availability of assets, through effective supply and logistics, which allows cross usage and servicing of all European and NATO operated assets.

Red thread

- *Cross checking information from a variety of sources with technical eavesdropping indicates high probability of a convoy being launched. Open-source intelligence collects pictures posted on social networks, supported by AI-enabled identification software.*
 - *Satellite-based infrared/radar monitoring can detect and transmit the threat data by data link to armed aircraft.*
 - *Target engagement is delegated to an on-scene commander, supported by contributing, duly identified assets, authorized to join a dedicated data loop.*
 - *Self-guided armaments can be reprogrammed in real time, and/or guided through laser beam designation by drones on mobile targets.*
 - *Cyberattacks can disable integrated air defence systems, supported by escort jammers and air-to-air fighter to counter opposing air defence means.*
 - *Attack on the convoy is triggered by the on-scene commander, closest to the situation.*
-

2- THE STAKES

The effectiveness of air and space operations always depends on the technological state of the art. It may dramatically vary depending on different threat types and for a changing context, but operations should always consider the following key principles:

2.1. Credibility and legitimacy

These two principles support and drive a collaborative combat system in Europe based on the founding principles of its nations:

- credibility comes from the ability to deliver military effects where and when required against any target, considering one's own self-protection and the presence of opposing forces ("No place to hide");
- legitimacy comes from the controlled use of disruptive but strictly sufficient power against recognized targets, avoiding unnecessary collateral damages and following a trace-

able, accountable and auditable decision-making process ("No mistake").

Effective collaboration between stakeholders can actually enhance these principles.

2.2. The heterogeneity of European means and assets

Diversity of means can compromise the success of operations within Europe:

- success relies more and more heavily on the capability to interconnect the different assets and move from limited cooperation to full collaboration when and where jointly agreed;
- at the same time, being more open to the diversity of assets creates a risk of intrusion by enemy forces that must be addressed;
- human, hardware and software aspects should also be addressed.

The proximity of potential threats as illustrated in Ukraine calls for strong, collective reactivity based on collaborative assessment and actions: air and space play a key role in this.

2.3. The impact of emerging paradigms

The effects of these new paradigms must be considered on the envisioned air and space collaborative schemes:

- “New Space” assets and services, which can enhance and speed up access to information collection and dissemination;
- new propulsive means (sustainable aviation fuels, electrical propulsion...) and climate related constraints, particularly on training operations.

2.4. Freedom to choose EU, NATO or a coalition of the willing

Collaborative air and space combat operations within European assets must be accessible whatever the context of operations. As stated in the Strategic Compass³:

- *“A stronger and more capable EU in the field of security and defence will contribute positively to global and transatlantic security and is complementary to NATO,*

which remains the foundation of collective defence for its members”.

- *“The transatlantic relationship and EU-NATO cooperation, in full respect of the principles set out in the Treaties and those agreed by the European Council, including the principles of inclusiveness, reciprocity and decision-making autonomy of the EU, are key to our overall security”.*
- *“Boost cooperation with bilateral partners that share the same values and interests such as United States, Norway, Canada, UK and Japan”.*

³ *“Strategic Compass for Security and Defence - For a European Union that protects its citizens, values and interests and contributes to international peace and security”, approved by the European Council, 21 March 2022.*

3- IMPLEMENTATION

Collaborative air and space combat operations enhance effectiveness in the following domains.

3.1. Operational military domain

Exchanging information at every stage, from initial requirement to actual employment, is a key to federating existing assets of the aerospace domain:

- preparation of air and space capabilities: collaborative forces must share information when dealing with equipment requirements, development and production of assets (aircraft, air defence, radars...), and education and training of personnel;
- Collaborative Situation Awareness (CSA) in crisis or war time: collaborative forces must share information to establish both friendly and enemy Air Order of Battle in real time:
 - who is where,

- what/who is threatened by whom (e.g. detect incoming drones, enemy artillery positions, predict and advise potential targets);
- collaborative planning and conduct of operations: who is best placed to counter a threat at a given time considering, for example, enemy movement or firing. Collaborative C2 is essential, defining and delegating tasks and authority amongst coalition assets;
- collaborative assessment of the effectiveness of actions: the sooner the situation is updated, the more relevant the next decision/action cycle.

3.2. Strategic and political domain

Collaboration within all European available assets, whatever the country of origin of their manufacturers, will help keep all options open for European decision-makers to use existing EU or NATO frameworks or to set up *ad hoc* coalitions. This covers:

- the planning and conduct of air and space combat operations using all European available assets, whatever the agreed format, in accordance with political decisions;
- the choice and inclusion of partners in coalition operations;
- the pooling and sharing of resources to develop European capabilities (e.g. connecting R&D facilities, sharing information/specifications through common working environment and pooling and/or sharing data sets for machine learning);
- understanding whether collaborative combat actions are and will remain possible whatever the coalition is. This implies the standardization of interfaces (physical and virtual) and its impact on the performance of the concerned asset. Note that abiding externally defined standards may restrict overall performance.

3.3. Economic domain

Non- or less-collaborative assets will suffer under commercial competition, particularly when technical standards are defined by competitors:

- abiding standards and protocols may negatively impact business modifications of products for companies facing competition. This covers the participa-

tion and engineering costs involved to define and promote the standards;

- defining standards and then selling products that meet these standards brings a clear competitive advantage, and often provides more functionalities.

3.4. Technological sovereignty in Europe

- Ensure control and European synergies within key and developing technological areas (quantum when available, AI, cyber, electronic warfare...).
- Define with others, and protect the independence of standardization processes. These processes should not impair Europe's freedom to set up coalitions and conduct air and space operations: all European nations should be guaranteed access to hardware or software interfaces involved in standardization, whether their provider is in the coalition or not.

4- RECOMMENDATIONS

Executive summary recommendations summarize the more detailed ones below which have been ordered in accordance with the different lifecycle phases of the product. Beginning with “basic principles” that should be considered along the whole process, recommendations are grouped under the headings “pre-acquisition phase and requirements”, “project and acquisition phase”, and “operations and employment phases⁴”. The rationale is first explained and drives the recommendations.

4.1. Basic principles

A collaborative air and space combat system in Europe will not be set up in one go. The following gives some guidance as to the different steps of the development process.

- Collaborative operations rely on **human**, **physical**/hardware, and **virtual**/software interactions. These should be **checked technically** and operators **trained** before any real engagement.

- Any European air and space asset should be able to be introduced **seamlessly** into existing air and space operations. These assets should be able to replace similar ones and should be used without jeopardising continuity and thus the effectiveness of the overall operational chain.
- Considering current variability in assets interoperability, **different levels** of collaboration should be defined, from limited transmission of information to full participation in the integrated processes of collaborative air and space combat operations systems.
- **Diversity should be turned to advantage** (human, material/hardware, virtual/software) in terms of resilience, by enabling controlled and secured interactions despite different internal design.

Different assets may address the same issue in different ways, thus making the overall system more **resilient**. This is true as long as they are interoperable

⁴ As currently defined by ISO/IEC 15288. Retirement phase is not dealt with here.

and exchangeable in the value chain. They deliver **operational services**, which are combined together concurrently or sequentially to carry out air planning and achieve objectives.

Such services are usually **platform agnostic** (e.g. “detect a military truck in a certain area”) but require **formatted** inputs (e.g. search area perimeter and desired timing)

and output (images and/or vehicle ID, coordinates...) in order to fit into a more global process of intelligence gathering.

- **Someone must be placed in charge** at every step and at any time, to **validate access of accredited stakeholders** to the collaborative processes, whether as service provider or consumer.

Priority 1

- R:** Ensure that platforms from different countries can exchange and relay data by **free use** of existing standards and procedures, with no technical constraint due to the absence of one nation in a “coalition of the willing” type of operation.
- R:** Build on existing initiatives to set up a European operated **digital twin** of air operations to spot weaknesses that hamper the overall decision-making process, and foster and fund initiatives to remedy them.
- R:** Identify **potential bottlenecks** when moving data and and/or material resources necessary to air and space operations.

Priority 2

- R:** Implement the **CARD**⁵ recommendations dedicated to “simplifying procedures, increasing information sharing and providing more specific priorities” to participating Member States (pMS).
- R:** For some key crisis management or war missions, identify **available services** delivered by air and space platforms in Europe, their **input/output requirements**, and check whether they can be seamlessly called for in a combat situation.

⁵ CARD: “2022 Coordinated Annual Review on Defence Report”, Nov. 2022.

Priority 2 (cont.)

- R: Prepare **portable connectivity** means to be produced and distributed at large scale.
- R: Analyze appropriate connectivity of military assets to leverage **civilian clouds and social networks'** redundant data transfer capabilities.

Red thread

Collect European available asset models that could and should participate in the convoy attack and implement their models in the digital twin. Run simulation checks for data exchanges and collaborative software releases to check and analyze:

- *target characteristics, military effects and services required to detect, stop, neutralize the convoy;*
- *which assets will deliver them;*
- *through which channels and whether connectivity is in place;*
- *overall feasibility and risk level of the mission.*

Ensure command authority is clearly attributed and can be practically exercised at all steps of the operation.

4.2. Pre-acquisition phase and requirements

Collaboration begins with the agreement to proceed towards better pooling and sharing of aerospace resources. It should involve governmental and industrial stakeholders to set up appropriate requirements:

- **Governance** options (multinational, EU, NATO...) should be defined for the setting up of relevant data exchange **architectures**.
- Political choices on how to organize forces, how to delegate or how to Control and Command (C2) should not depend on rigid technical choices of the architecture and interfacing standards; **the participation or absence** of any nation or Member State should not prevent implementation of effective collaborative actions through air or space connectivity nodes.

Priority 1

- R: Build on NGWS/EDF and other experiences to standardize interconnexions and set up **common working environments** for sharing design and development models and simulation with appropriate security levels.
- R: Enable message formatting standardization and cloud computing to circulate timely and relevant information (orders and situation awareness) among **duly authorized** participants.

Priority 2

- R: Develop **lessons learned** from Ukrainian conflict “from the danger of cell phones to the importance of a quick-moving industrial base⁶”, where combatant citizens using a wide range of unmanned air assets managed to survive and defeat massive attacks.
- R: Test scenarios through **wargaming** and **digital twins** to spot vulnerabilities in data and/or material and human circulation when conducting air and space operations involving European forces using existing simulation systems built for previous definitions of operations and functions.
- R: Assess **Internet access** requirement, including space-based back up.

Red thread

When developing a new multinational aircraft intended to detect/attack a convoy, circulate among participants the envisioned sensor, airframe and antennae models to check their fields of view once installed.

Run simulations in the digital twin to identify connectivity needs with other stakeholders, define latency and data bandwidth requirements, authentication and approval processes, reporting processes, etc.

⁶ <https://breakingdefense.com/2023/02/what-pentagon-leaders-say-they-have-learned-from-a-year-of-observing-the-battle-in-ukraine/>, accessed March 13, 2023.

Extend **ammunition** with two-way connectivity to receive and transmit data (usually collected by the target seeker device).

Increasing ammunition stocks costs time and money. Increasing the effectiveness of

each missile avoids multiple firings on a single target and averts collateral damage. Improved, up-to-date target data information transmitted to the shooter and munition reduces emission needs and increases stealth.

Priority 1

- R:** Ensure that **interfacing standards** (physical and virtual) exist **for guidance and feedback** between shooter/guider and ammunition, and are under European control. If this is not possible, create them so that an aircraft from one nation can guide and collect information from a missile fired from another nation's platform.
- R:** Also address the risk highlighted by the Ukrainian "wake-up call" on **armament shortages** of "increasing fragmentation and non-EU dependencies".
- R:** Check and ensure the continuity of the **ground supply and logistics** chain, so that goods or data can be delivered throughout Europe.

Red thread

Estimate munitions type, accuracy and numbers to neutralize a ballistic missile convoy:

- *which aircraft can fire and guide them;*
 - *where to store and mount them;*
 - *how to ensure positive identification of the trucks;*
 - *risk of collateral damage...*
-

4.3. Project and acquisition phase

Collaborative aspects must be kept in mind when running the procurement, development and production phase of the project. Air collaborative combat in Europe begins with industrial collaboration when developing new assets. Competition for

budgets and markets, as well as Intellectual Property Rights (IPR) management, can hamper the success of multinational undertakings.

Business issue: digital transformation reduces, even eliminates entry barriers. IPR have to be re-examined to maintain fair competition.

Priority 1

R: Create an **ad hoc working group** to examine how to manage IPR in multinational projects with strong digital content.

Air collaborative combat involves exponential data and service exchanges that must be addressed in many different contexts

and will evolve over time. We need tools to address the complexity of designing a system of systems⁷.

Priority 1

R: Update and use digital twins of the European air and space system of systems to check **standardization and availability** of European owned platform models. Run simulations to check the proper interactions within the system.

R: Define **accreditation processes** to allow login as a recognized participant to the air collaborative system.

R: Develop an inherently evolutive, **service-oriented architecture** (similar to existing commercial models) to collect and match a service offer by a provider to a service request by a consumer.

⁷ SoS criteria: *operational independence, managerial independence, evolutionary development, emergent behaviour, geographical distribution (Maier, 1998) + interdisciplinarity, heterogeneity, networked systems (De Laurentis, 2005).*

Priority 2

- R: Implement **joint Model-based system engineering** (MBSE), including industries and military collaborating in single shared models and applied to systems of systems.

In particular, the mass of data and the complexity of interactions could saturate and slow down decision-making. This is

leading to the development of AI-based exchanges and manoeuvres between air and space assets.

Priority 1

- R: Define a standard **of data sets**, so that they can be shared easily in crisis (notably those used to train machine-learning algorithms), and **trustworthiness criteria**.
- R: Ensure traceability and trustworthiness of **algorithms** to maintain and demonstrate certification of assets and legitimacy of air and space actions.
- R: Anticipate a European coordinated inclusion of new **data processing** tools that are emerging, such as quantum computing and sensing, reinforced machine learning, microchips, photonics.

Red thread

Detecting and attacking a protected ballistic missile convoy on the move at very short notice will require strong collaboration between a variety of European military assets. When developing a new aircraft, its capacity to integrate this collaborative network (as a consumer and/or provider) is paramount and should be envisioned and checked at every step.

4.4. Operations / Employment phase

This phase covers the concrete implementation of collaborative capacities developed in previous phases. Direct informa-

tion flows of relevant time and position information lead to decision and actions that allow air and space operations to deliver **appropriate, legitimate and credible** military effects.

This includes the transfer and processing of data, and real-time conversion of data into useable information, without jeopardizing operation security through unauthorized access. This requires an adapted data

traffic management system similar to civil Air Traffic Management. It may lead to synergies while respecting military and civilian specificities.

Priority 1

R: Design and empower a “**data traffic management**” **authority** to coordinate and match, where and when agreed, data-related service providers and consumers, enabling C2 planning and conduct⁸.

Priority 2

R: Federate European satellites to set up a **collaborative cloud**, defence oriented.

Europe has a finite number of heterogeneous assets : superiority, even if only local and temporary, requires the most efficient usage of these assets through a maximum

of synergies and optimized resource management to reach full situation awareness (SA) covering: collection, comprehension, projection⁹.

Priority 1

R: Each European air operated asset with crew should feature a unique **authentication proof** to join and qualify as collaborative service provider and/or consumer.

R: Exploit **Open source intelligence** (OSINT) capabilities, for instance the use of social networks as demonstrated in Ukraine.

⁸ *European Air transport command is a good example when dealing with material transfers: it matches contributed aircraft availability with freight or passenger movement requests to deliver hardware mobility services.*

⁹ *Endsley, M.R.: “Toward a Theory of Situation Awareness in Dynamic Systems”, Human Factors Journal 37(1), 32-64.*

Priority 2

- R: Update and disseminate in quasi real time **identification, RF jamming and cyberdefence** algorithms.

Move to Cloud-based command and control (CBC2) through dynamic delegation, exploiting the effectiveness of posting on social networks a requirement to attack

a target with pictures and coordinates, and requesting permission for any well-placed shooter to engage it, through a very short decision-making loop.

Priority 1

- R: Build on recent combat situations to **pre-identify distributed** C2 delegations and check whether corresponding **data flows** can be secured and authenticated.

Red thread

A very large number of contributors from different countries will be involved, in order to detect, track, target and engage the missile convoy in a timely way despite opposition and decoys, and then to assess and demonstrate the result, and provide feedback to political authorities.

5- CONCLUSION

Enabling collaborative operations is a major challenge considering the variety of air and space assets in Europe. One cannot wait for wartime situations to develop, but should implement concrete measures to build collaborative capabilities in Europe: from the initial requirements and throughout the whole lifecycle, whatever the nationality of the equipment maker.

Notwithstanding the importance of hardware compatibility and seamless human interactions, we focused on data and

information circulation among stakeholders. Exchange possibilities have dramatically increased in the last decade: organizing them is critical to efficient and effective collaborative operations, at every step of their preparation and implementation.

This is the rationale of the above recommendations, which deserve full attention in our opinion.

OPÉRATIONS COLLABORATIVES DE COMBAT AÉRIEN ET SPATIAL EN EUROPE

TABLE DES MATIÈRES

1- Pourquoi mener des opérations de combat aérien et spatial en collaboration	36
1.1. La guerre en Ukraine	36
1.2. Collaboration ou coopération.....	36
1.3. La transformation numérique	37
1.4. L'accent mis sur la dimension aérienne et spatiale	38
1.5. Amélioration des capacités aériennes et spatiales.....	38
2- Les enjeux	40
2.1. Crédibilité et légitimité	40
2.2. L'hétérogénéité des moyens et des ressources en Europe	40
2.3. L'impact des paradigmes émergents.....	41
2.4. Liberté de choix entre l'UE, l'OTAN ou une coalition de volontaires	41
3- Mise en œuvre	42
3.1. Domaine militaire opérationnel	42
3.2. Domaine stratégique et politique	42
3.3. Domaine économique.....	43
3.4. Souveraineté technologique en Europe	43
4- Les recommandations	44
4.1. Principes de base	44
4.2. Phase de pré-acquisition et exigences.....	47
4.3. Phase de projet et d'acquisition.....	49
4.4. Phase d'exploitation / d'emploi	51
5- Conclusion	54
Annexes	55
Membres du groupe de travail (AAE et DGLR).....	55
Auditions menées pour cet Avis	56

1- POURQUOI MENER DES OPÉRATIONS DE COMBAT AÉRIEN ET SPATIAL EN COLLABORATION

1.1. La guerre en Ukraine

Cette guerre démontre qu'une organisation collaborative peut atténuer une infériorité militaire de fait.

« *Tout ce qui est vu risque d'être détruit²* ». Cette phrase illustre l'importance de combiner la connaissance (*quoi*) avec la précision (*où*) et le tempo (*quand*), afin que les moyens militaires européens limités en nombre ne soient pas pris pour cible par l'ennemi mais dirigés contre des cibles légitimes, en évitant les dommages collatéraux. Il s'est agi de développer la collaboration dans les aspects suivants :

- **humains** (formation technique, solidarité et motivation) ;
- **matériels** (capacité à monter et à utiliser efficacement différents moyens physiques tels que des missiles d'origine américaine sur des avions de concep-

tion russe, des prises normalisées pour brancher les batteries, etc.) ;

- **virtuels/logiciels** (analyse et corrélation des données par les alliés, circulation sur différents réseaux, localisation et identification croisées des cibles, cryptage par radiofréquence, communication stratégique sur les réseaux sociaux...).

1.2. Collaboration ou coopération

La **collaboration** s'entend ci-après comme allant au-delà de la **coopération**.

La **coopération** consiste à partager un résultat (par exemple, des renseignements sur une cible) avec d'autres entités interconnectées. Ce **résultat** est obtenu par une entité grâce à ses ressources internes. Ces entités peuvent ou non poursuivre le même objectif, mais elles ont un intérêt

² Gal Thierry Burkhard, chef d'état-major interarmées, France, janvier 2023.

commun à partager un résultat pour atteindre leurs propres objectifs.

La **collaboration** consiste à partager des ressources internes à une entité (par exemple des capteurs), en permettant à d'autres entités d'y accéder sur demande ou même en libre accès. Cela implique généralement que toutes les entités partagent un objectif suffisamment commun pour permettre un contrôle externe sur leurs **ressources** internes. Cela favorise une exploitation maximale des ressources existantes, mais pose également la question de qui décide des priorités lorsque les ressources sont limitées : par exemple, une demande externe pour une ressource interne d'un avion peut avoir une priorité plus élevée que son utilisation interne par le pilote. La poursuite d'un **objectif commun** partagé par tous est donc importante.

Le combat collaboratif permet une **plus grande efficacité** que le combat coopératif, mais nécessite une solide structure technique et organisationnelle.

1.3. La transformation numérique

Les technologies numériques ont apporté une nouvelle dimension à la collaboration.

Elles ont permis une augmentation massive de la collecte, du transfert et du traitement de l'information à des fins de

connaissance de la situation, de diffusion des ordres, de compte rendu des actions et d'évaluation des situations :

- elle permet de collecter des informations à partir d'une variété de **sources hétérogènes**, dont certaines n'existaient même pas il y a trente ans (par exemple les réseaux sociaux) ;
- grâce à des protocoles standardisés d'échantillonnage, de codage et d'échange (comme le protocole Internet - http/IP), elle crée une sorte de **langage numérique universel**, capable de traduire chaque information (texte, son, image...) en un fichier numérique afin de le **transférer** à travers un réseau mondial de liaisons terrestres ou radioélectriques ;
- la vitesse de traitement, les calculs massivement parallèles et l'analyse des méga données (*big data analytics*) ont considérablement augmenté la capacité **d'extraire à temps des renseignements pertinents** de la masse d'informations collectées, lorsque ces dernières sont correctement "exploitées" et "étiquetées" ;
- "**L'intelligence artificielle**" (IA) peut fournir un "partenaire numérique" pour améliorer la pertinence des options proposées à l'équipage, et donc l'efficacité des actions humaines. Elle pourrait être utilisée dans le cas d'opérations non létales, pour aider à la

synthèse et à l'échange de données pour la gestion des données cybernétiques, des données sur l'état d'avancement des actions,...

Il émerge un besoin de **co-apprentissage** au sein de cette nouvelle équipe Homme-Machine, ainsi qu'une demande d'explicabilité, de traçabilité des informations fournies et de **fiabilité** des recommandations qui déclencheront les décisions. La responsabilité humaine est en jeu.

1.4. L'accent mis sur la dimension aérienne et spatiale

Il découle de leurs caractéristiques physiques et de l'impact qu'elles ont sur la collaboration :

- l'air et l'espace offrent un environnement **sans obstacle** qui favorise les transmissions radio ou optiques. Les opérations se déroulent dans un environnement homogène et fluide, offrant un accès global, permettant d'atteindre des nœuds d'interconnexion et de transférer des données sans entrave, toutes actions au cœur des opérations de collaboration ;
- le **mouvement 3D** permanent requis pour les objets aériens rend difficile l'interconnexion des ressources dans les airs, compte tenu des vitesses élevées, des mouvements 3D et des facteurs

limitatifs externes (nuages, probabilité de détection et d'interception, environnements contestés par brouillage) ;

- **L'accès aux plates-formes en vol** et le transfert physique entre elles (par exemple, le ravitaillement en carburant dans l'air ou dans l'espace) constituent également un défi. L'énergie propulsive et les munitions sont donc des facteurs limitant les opérations aéroportées destinées à maintenir la supériorité aérienne. La planification et l'exécution en collaboration peuvent optimiser le partage des ressources entre les pays participants et atténuer ces limitations. Il faut une préparation approfondie des procédures (rendez-vous pour ravitaillement en vol ou de maintenance croisée), ainsi que des interfaces matérielles compatibles (connecteurs, points de fixation) et des technologies logicielles interopérables pour assurer un transfert de données bidirectionnel transparent entre les aéronefs et les munitions intelligentes (guidées).

1.5. Amélioration des capacités aériennes et spatiales essentielles

L'effet militaire peut être mieux adapté et contrôlé en élargissant le spectre offert par la collaboration de tous les moyens accessibles de l'UE et de l'OTAN :

- la détection et la réaction sont rapides à partir de l'air et de l'espace, de très basse à très haute altitude, grâce à un partage poussé de l'information et des services basés sur les données ;
 - un haut niveau de préparation et de disponibilité des moyens est atteint
- grâce à un approvisionnement et une logistique efficaces, qui permettent une utilisation et un entretien croisés de tous les moyens exploités par l'Europe et l'OTAN.

Fil rouge

- *Le recoupement d'informations provenant de diverses sources avec des écoutes techniques indique une forte probabilité de lancement d'un convoi. Les renseignements provenant de sources ouvertes recueillent des photos publiées sur les réseaux sociaux, avec l'aide d'un logiciel d'identification basé sur l'intelligence artificielle.*
 - *La surveillance infrarouge/radar par satellite permet de détecter et de transmettre les données relatives à la menace par liaison de données à des avions armés.*
 - *L'engagement de la cible est délégué à une autorité sur place, soutenue par des moyens dûment identifiés et autorisés à rejoindre une boucle de données dédiée.*
 - *Les armements autoguidés peuvent être reprogrammés en temps réel et/ou guidés par désignation des cibles mobiles via faisceau laser pointé par un drone.*
 - *Les cyberattaques peuvent désactiver les systèmes de défense aérienne intégrés, soutenus par des brouilleurs d'escorte et des chasseurs air-air pour contrer les moyens de défense aérienne adverses.*
 - *L'attaque du convoi est déclenchée par l'autorité sur place, au plus près de la situation.*
-

2- LES ENJEUX

L'efficacité des opérations aériennes et spatiales dépend toujours de l'état de l'art technologique : elle peut varier considérablement en fonction des différents types de menaces et de l'évolution du contexte, mais les opérations doivent toujours considérer les principes clés suivants :

2.1. Crédibilité et légitimité

Ces deux principes soutiennent et animent un système de combat collaboratif en Europe appuyé sur les principes fondateurs de ses nations :

- la crédibilité est issue de la capacité à produire des effets militaires là et quand il le faut contre n'importe quelle cible, en tenant compte de sa propre protection et de la présence de forces adverses ("*No place to hide*") ;
- la légitimité est issue de l'utilisation contrôlée d'une puissance disruptive mais strictement suffisante contre des cibles reconnues, en évitant les dommages collatéraux inutiles et en suivant

un processus décisionnel traçable, responsable et vérifiable ("*No mistake*").

Une collaboration efficace entre les parties prenantes peut en fait renforcer ces principes.

2.2. L'hétérogénéité des moyens et des ressources en Europe

Elle peut compromettre le succès des opérations en Europe :

- le succès dépend de plus en plus de la capacité à interconnecter les différents moyens et à passer d'une coopération limitée à une collaboration totale lorsque cela est convenu conjointement ;
- dans le même temps, une plus grande ouverture à la diversité des moyens crée un risque d'intrusion des forces ennemies qui doit être prise en compte ;
- les aspects humains, matériels et logiciels doivent tous être considérés.

La proximité des menaces potentielles, comme l'illustre l'exemple de l'Ukraine,

exige une forte réactivité collective fondée sur une évaluation et des actions concertées : l'air et l'espace y jouent un rôle essentiel.

2.3. L'impact des paradigmes émergents

Il est à considérer sur les schémas de collaboration aérienne et spatiale envisagés :

- les biens et services du "nouvel espace" (*New Space*), qui peuvent améliorer et accélérer l'accès à la collecte et à la diffusion de l'information ;
- les nouveaux moyens de propulsion (carburants aéronautiques durables, propulsion électrique...) et les contraintes liées au climat, en particulier dans le cadre de la formation et l'entraînement.

2.4. Liberté de choix entre l'UE, l'OTAN ou une coalition de volontaires

Les opérations de combat aérien et spatial collaboratives entre moyens européens doivent être accessibles quel que soit le contexte des opérations. Comme l'indique la Boussole stratégique³, l'UE doit être plus forte et plus compétente au sein de l'OTAN :

- « *Une Union plus forte et plus capable dans le domaine de la sécurité et de la défense contribuera positivement à la sécurité globale et transatlantique et est complémentaire à l'OTAN, qui reste le fondement de la défense collective pour ses membres.* »
- « *La relation transatlantique et la coopération entre l'UE et l'OTAN, dans le plein respect des principes énoncés dans les traités et de ceux que le Conseil européen a adoptés, y compris les principes d'inclusivité, de réciprocité et d'autonomie décisionnelle de l'UE, sont fondamentales pour notre sécurité globale.* »
- « *Intensifier la coopération avec les partenaires bilatéraux partageant les mêmes valeurs et intérêts, tels que les États-Unis, la Norvège, le Canada, le Royaume-Uni et le Japon.* ».

³ "Une boussole stratégique pour renforcer la sécurité et la défense de l'UE au cours de la prochaine décennie", approuvée par le Conseil de l'Union européenne, le 21 mars 2022.

3- MISE EN ŒUVRE

Les opérations de combat aérien et spatial menées en collaboration améliorent l'efficacité dans les domaines suivants.

3.1. Domaine militaire opérationnel

L'échange d'informations à chaque étape, depuis le besoin initial jusqu'à l'emploi effectif, est essentiel pour fédérer par la collaboration les ressources existantes du domaine aérospatial :

- **préparation** des capacités aériennes et spatiales : les forces doivent partager des informations lorsqu'elles ont trait aux besoins en équipements, au développement à la production de moyens (aéronefs, défense aérienne, radars...), et à l'éducation et la formation du personnel ;
- **connaissance** de la situation en temps de crise ou de guerre : les forces doivent partager des informations pour établir en temps réel l'ordre de bataille aérien des forces amies et ennemies :
 - qui est où,

- qui est menacé par qui (par exemple, détecter les drones entrants, les positions d'artillerie ennemies, prédire et conseiller les cibles potentielles) ;
- **planification et conduite** des opérations en collaboration : qui est le mieux placé pour contrer une menace à un moment donné, compte tenu, par exemple, des mouvements ou des tirs de l'ennemi. La collaboration en matière de commandement et contrôle (C2) est essentielle, car elle permet de définir et de déléguer les tâches et l'autorité parmi les ressources de la coalition ;
- **évaluation** collaborative de l'efficacité des actions : plus la situation est mise à jour rapidement, plus le cycle de décision/action est pertinent.

3.2. Domaine stratégique et politique

La collaboration entre les moyens européens disponibles, quel que soit le pays d'origine de leurs constructeurs, permettra aux décideurs européens de garder une

liberté d'action pour utiliser les cadres existants de l'UE ou de l'OTAN ou pour mettre en place des coalitions *ad hoc*. Il s'agit de :

- la **planification** et la **conduite** d'opérations de combat aérien et spatial en utilisant tous les moyens européens disponibles, quel que soit le format retenu par les décideurs politiques ;
- le choix et l'inclusion des **partenaires** dans les opérations de coalition ;
- la mise en commun et le partage des **ressources** pour développer les capacités européennes (par exemple, la connexion des installations de Recherche et Développement (R&D), le partage des informations/spécifications grâce à un environnement de travail commun et la mise en commun et/ou le partage des ensembles de données pour l'apprentissage automatique) ;
- la possibilité d'actions de combat en collaboration quelle que soit la **coalition**. La normalisation des interfaces (physiques et virtuelles) peut impacter les performances de l'actif concerné car le respect de normes définies par un acteur non européen peut parfois limiter les performances globales intra européennes.

3.3. Domaine économique

Les moyens non- ou moins collaboratifs souffriront de la concurrence commerciale,

en particulier lorsque les normes techniques sont définies par des concurrents :

- le respect des normes et des protocoles peut avoir un impact négatif pour les entreprises confrontées à la **concurrence**. Cela couvre les coûts de participation et d'ingénierie liés à la définition et à la promotion des normes ;
- la définition de normes et la vente de produits conformes à ces normes apportent un avantage concurrentiel évident et offrent souvent davantage de fonctionnalités à ceux qui en sont à l'origine.

3.4. Souveraineté technologique en Europe

- Assurer le contrôle et les synergies européennes dans les domaines technologiques clés et en développement (quantum lorsqu'il est disponible, IA, cyber, guerre électronique...).
- Définir avec d'autres et protéger l'**indépendance des processus de normalisation**. Ces processus ne doivent pas entraver la liberté de l'Europe de mettre en place des coalitions et de mener des opérations aériennes et spatiales : toutes les nations européennes doivent se voir garantir l'accès aux interfaces matérielles ou logicielles impliquées dans la normalisation, que leur fournisseur fasse partie de la coalition ou non.

4- LES RECOMMANDATIONS

Le résumé synthétise les recommandations plus détaillées ci-dessous. Celles-ci ont été classées en fonction des différentes phases du cycle de vie du produit. En commençant par les “principes de base” qui devraient être pris en compte tout au long du processus, les recommandations sont regroupées sous les rubriques “phase de pré-acquisition et exigences”, “phase de projet et d’acquisition” et “phases d’exploitation et d’emploi⁴”. La justification précède et motive les recommandations (R).

4.1. Principes de base

Un système de combat aérien et spatial collaboratif en Europe se développera progressivement. Les paragraphes suivants traitent des différentes étapes du processus de développement.

- Les opérations collaboratives reposent sur des **interactions humaines, physiques/matérielles et virtuelles/logicielles**. Ces interactions doivent être **vérifiées sur le plan technique** et les opérateurs doivent être **formés** avant tout engagement réel.
- Tout moyen aérien et spatial européen devrait pouvoir être introduit **de manière transparente** dans les opérations aériennes et spatiales existantes. Ces moyens devraient pouvoir remplacer des moyens similaires et être utilisés sans compromettre la continuité et donc l’efficacité de l’ensemble de la chaîne opérationnelle.
- Compte tenu de la variabilité actuelle de l’interopérabilité des moyens, **différents niveaux** de collaboration devront être définis, depuis la transmission limitée d’informations jusqu’à la participation totale aux processus intégrés des systèmes collaboratifs d’opérations de combat aérien et spatial.
- La **diversité** (humaine, matérielle, virtuelle et logicielle) **devrait être mise à**

⁴ Selon la définition actuelle de la norme ISO/IEC 15288. La phase de retrait n’est pas traitée ici.

profit en termes de résilience, en permettant des interactions contrôlées et sécurisées malgré des conceptions internes différentes. Différents moyens peuvent traiter le même problème de différentes manières, rendant ainsi le système global plus **résilient**. Cela est vrai tant qu'ils sont interopérables et échangeables dans la chaîne de valeur. Ils fournissent des **services opérationnels**, qui sont combinés simultanément ou séquentiellement pour réaliser la planification aérienne et atteindre les objectifs.

- Ces services sont généralement **indépendants d'une plate-forme donnée** (par exemple, "détecter un camion militaire dans une certaine zone"), mais

nécessitent des entrées (par exemple, le périmètre de la zone de recherche et le moment souhaité) et des sorties **formatées** (images et/ou identification du véhicule, coordonnées...) afin de s'intégrer dans un processus plus global de collecte de renseignements.

- **Une personne doit être désignée comme responsable** à chaque étape et à tout moment, **afin de valider l'accès des parties prenantes accréditées** aux processus de collaboration, que ce soit en tant que fournisseur de services ou en tant que consommateur.

Priorité 1

R : Veiller à ce que les plates-formes de différents pays puissent échanger et relayer des données en **utilisant librement les normes et procédures** existantes, sans contrainte technique causée par l'absence d'une nation dans une opération de type "coalition des bonnes volontés".

R : S'appuyer sur les initiatives existantes pour mettre en place un **jumeau numérique** des opérations aériennes exploité au niveau européen afin de repérer les faiblesses qui entravent le processus décisionnel global, et encourager et financer les initiatives visant à y remédier.

R : Identifier les **goulots d'étranglement** potentiels lors de l'acheminement des données et/ou des ressources matérielles nécessaires aux opérations aériennes et spatiales.

Priorité 2

- R** : Mettre en œuvre les recommandations de la **CARD**⁵ visant à “simplifier les procédures, accroître le partage d’informations et fournir des priorités plus spécifiques” aux États membres participants.
- R** : Pour certaines missions clés de gestion de crise ou de guerre, identifier les **services disponibles** fournis par les plates-formes aériennes et spatiales en Europe, leurs **exigences d’entrée/sortie**, et vérifier s’ils peuvent être sollicités de manière transparente dans une situation de combat.
- R** : Préparer des moyens de **connectivité portables** à produire et à distribuer à grande échelle.
- R** : Analyser la connectivité appropriée des moyens militaires pour **exploiter les nuages civils et les capacités de transfert de données** redondantes des réseaux sociaux.

Fil rouge

Collecter les modèles d’actifs européens disponibles qui pourraient et devraient participer à l’attaque du convoi et mettre en œuvre leurs modèles dans le jumeau numérique. Effectuer des contrôles de simulation pour les échanges de données et les versions de logiciels collaboratifs afin de vérifier et d’analyser :

- les caractéristiques des cibles, les effets militaires et les services nécessaires pour détecter, arrêter et neutraliser le convoi ;*
- les moyens qui les mettront en œuvre ;*
- par quels canaux et si la connectivité est en place ;*
- la faisabilité globale et le niveau de risque de la mission.*

Veiller à ce que l’autorité de commandement soit clairement attribuée et puisse être exercée concrètement à toutes les étapes de l’opération.

⁵ CARD : “2022 Coordinated Annual Review on Defence Report”, nov 2022.

4.2. Phase de pré-acquisition et exigences

La collaboration commence par un accord visant à améliorer la mise en commun et le partage des ressources aérospatiales. Elle devrait impliquer les parties prenantes gouvernementales et industrielles afin de définir les exigences appropriées :

- les options de **gouvernance** (multinationale, UE, OTAN...) doivent être définies pour la mise en place **d'architectures** d'échange de données pertinentes ;
- les choix politiques concernant l'organisation des forces, la délégation ou le commandement et contrôle (C2) ne devraient pas dépendre de choix techniques rigides concernant l'architecture et les normes d'interfaçage ; la **participation ou l'absence** d'une nation ou d'un État membre ne devrait pas empêcher la mise en œuvre d'actions de collaboration efficaces par l'intermédiaire de nœuds de connectivité aériens ou spatiaux.

Priorité 1

R : S'appuyer sur le NGWS/EDF et d'autres expériences pour normaliser les interconnexions et mettre en place des **environnements de travail communs** pour partager des modèles de conception et de développement et des simulations avec des niveaux de sécurité appropriés.

R : Permettre la normalisation du formatage des messages et du traitement de données distribué ("*cloud computing*") pour faire circuler en temps utile des informations pertinentes (ordres et connaissance de la situation) parmi les participants **dûment autorisés**.

Priorité 2

R : **Tirer les enseignements** du conflit ukrainien : « *depuis le danger des téléphones portables à l'importance d'une base industrielle à évolution rapide*⁶ », où les citoyens combattants utilisant un large éventail de moyens aériens sans pilote ont réussi à survivre et à vaincre des attaques massives.

⁶ <https://breakingdefense.com/2023/02/what-pentagon-leaders-say-they-have-learned-from-a-year-of-observing-the-battle-in-ukraine/>, accédé le 13 mars 2023.

Priorité 2 (suite)

- R** : Tester des scénarios par le biais de **jeux de guerre** et de **jumeaux numériques** pour repérer les vulnérabilités dans la circulation des données et/ou du matériel et des personnes lors de la conduite d'opérations aériennes et spatiales impliquant des forces européennes en utilisant les systèmes de simulation existants construits pour des définitions antérieures d'opérations et de fonctions.
- R** : Évaluer les besoins en matière d'**accès à l'internet**, y compris la sauvegarde de données dans des moyens spatiaux.

Fil rouge

Lors du développement d'un nouvel aéronef multinational destiné à détecter/attaquer un convoi, faire circuler entre les participants les modèles de capteurs, de cellules et d'antennes envisagés pour vérifier leurs champs de vision une fois installés.

Effectuer des simulations dans le jumeau numérique pour identifier les besoins de connectivité avec d'autres parties prenantes, définir les exigences en matière de latence et de largeur de bande, les processus d'authentification et d'approbation, les processus d'établissement de rapports, etc.

Étendre au domaine des **munitions** et les doter d'une connectivité bidirectionnelle pour recevoir et transmettre des données (généralement collectées par le dispositif d'observation de la cible).

L'augmentation des stocks de munitions coûte du temps et de l'argent. Augmenter

l'efficacité de chaque missile permet d'éviter les tirs multiples sur une même cible ainsi que les dommages collatéraux. Des informations améliorées et actualisées sur les cibles, transmises au tireur et à la munition, réduisent les besoins en émissions et améliorent la furtivité.

Priorité 1

- R** : Veiller à ce que des **normes d'interface** (physiques et virtuelles) existent pour le **guidage et le retour d'information** entre le tireur/guide et la munition, et qu'elles soient sous contrôle européen. Si cela n'est pas possible, les créer pour qu'un avion d'une nation puisse guider et collecter des informations sur un missile tiré à partir d'une plate-forme d'une autre nation.
- R** : Répondre également au risque mis en évidence en Ukraine de **pénuries d'armement** et d'une "fragmentation croissante et de dépendances non européennes".
- R** : Vérifier et assurer la continuité de **l'approvisionnement terrestre et de la chaîne logistique**, afin que les biens ou les données puissent être livrés dans toute l'Europe.

Fil rouge

Estimer le type de munitions, leur précision et leur nombre pour neutraliser un convoi de missiles balistiques :

- *quels avions peuvent les tirer et les guider ;*
- *où les stocker et les monter ;*
- *comment assurer l'identification positive des camions ;*
- *risque de dommages collatéraux...*

4.3. Phase de projet et d'acquisition

Les aspects liés à la collaboration doivent être pris en compte lors de la phase d'acquisition, de développement et de production du projet. Le combat aérien collaboratif en Europe commence par une collaboration industrielle lors du développement de nouveaux moyens. La concurrence

pour les budgets et les marchés, ainsi que la gestion des droits de propriété intellectuelle (DPI), peuvent entraver le succès des entreprises multinationales.

Enjeu commercial : la transformation numérique réduit, voire élimine les barrières à l'entrée. Les DPI doivent être réexaminés pour maintenir une concurrence loyale.

Priorité 1

R : Créer un **groupe de travail *ad hoc*** pour examiner comment gérer les droits de propriété intellectuelle dans les projets multinationaux à fort contenu numérique.

Le combat aérien collaboratif implique des échanges exponentiels de données et de services qui doivent être traités dans de nombreux contextes différents et qui évoluent

avec le temps. Nous avons besoin d'outils pour faire face à la complexité de la conception d'un système de systèmes⁷.

Priorité 1

R : Mettre à jour et utiliser des jumeaux numériques du système européen de systèmes aériens et spatiaux pour vérifier la **normalisation et la disponibilité** des modèles de plates-formes appartenant à l'Europe. Effectuer des simulations pour vérifier les interactions correctes au sein du système.

R : Définir des **processus d'accréditation** pour permettre de se connecter en tant que participant reconnu au système de collaboration aérienne.

R : Développer une **architecture orientée service** (similaire aux modèles commerciaux existants), évolutive par nature, pour collecter et faire correspondre une offre de service par un fournisseur à une demande de service par un consommateur.

Priorité 2

R : Mettre en œuvre de façon commune, entre industries et militaires qui collaborent à des modèles partagés, **une ingénierie des systèmes à base de modèles (MBSE)** qui s'appliquerait à des systèmes de systèmes.

⁷ Critères des SdS : indépendance opérationnelle, indépendance managériale, développement évolutif, comportement émergent, distribution géographique (Maier, 1998) + interdisciplinarité, hétérogénéité, systèmes en réseau (De Laurentis, 2005).

En particulier, la masse de données et la complexité des interactions pourraient saturer et ralentir la prise de décision. Cela

conduit à développer des échanges et manœuvres de moyens aériens et spatiaux basés sur l'IA.

Priorité 1

- R : Définir une norme pour les **ensembles de données**, afin qu'ils puissent être facilement partagés en cas de crise (notamment ceux utilisés pour entraîner les algorithmes d'apprentissage automatique), ainsi que pour des **critères de fiabilité**.
- R : Assurer la traçabilité et la fiabilité des **algorithmes** pour maintenir et démontrer la certification des moyens et la légitimité des actions aériennes et spatiales.
- R : Prévoir une inclusion coordonnée au niveau européen des nouveaux outils de **traitement des données** qui apparaissent, tels que l'informatique et la détection quantiques, l'apprentissage automatique renforcé, les microprocesseurs, la photonique...

Fil rouge

Détecter et attaquer un convoi protégé de missiles balistiques en mouvement dans un délai très court nécessitera une collaboration étroite entre divers moyens militaires européens. Lors du développement d'un nouvel aéronef, sa capacité à intégrer ce réseau de collaboration (en tant que consommateur et/ou fournisseur) est primordiale et doit être envisagée et vérifiée à chaque étape.

4.4. Phase d'exploitation / d'emploi

Cette phase couvre la mise en œuvre concrète des capacités de collaboration développées dans les phases précédentes. Les flux d'informations conduisent à des décisions et à des actions qui permettent aux opérations aériennes et spa-

tiales de produire des effets militaires **appropriés, légitimes et crédibles**.

Cela inclut le transfert et le traitement des données, ainsi que leur conversion en temps réel en informations utilisables, sans compromettre la sécurité des opérations par un accès non autorisé. Ceci nécessite un système de gestion du trafic

de données adapté, similaire à la gestion du trafic aérien civil. Il peut conduire à des

synergies tout en respectant les spécificités militaires et civiles.

Priorité 1

R : Concevoir et habiliter une **autorité de “gestion de la circulation de données”** chargée de coordonner et de faire correspondre, lorsque cela est convenu, les fournisseurs et les consommateurs de services liés aux données, afin de permettre la planification et la conduite des C2⁸.

Priorité 2

R : Fédérer les satellites européens pour mettre en place un **nuage collaboratif**, axé sur la défense.

L'Europe dispose d'un nombre limité de ressources hétérogènes : la supériorité, même si elle n'est que locale et temporaire, exige l'utilisation optimale de ces moyens grâce à un maximum de synergies

et à une gestion efficace des ressources afin d'atteindre une connaissance totale de la situation comprenant la collecte, la compréhension et la projection⁹.

Priorité 1

R : Chaque appareil aérien européen avec équipage devrait comporter une **preuve d'authentification** unique permettant d'adhérer et de se qualifier en tant que fournisseur et/ou consommateur de services collaboratifs.

R : Exploiter les capacités de **renseignement de sources ouvertes (OSINT)**, par exemple l'utilisation des réseaux sociaux comme cela a été démontré en Ukraine.

⁸ *Le commandement européen du transport aérien est un bon exemple en matière de transferts de matériel : il fait correspondre la disponibilité des aéronefs avec les demandes de transport de fret ou de passagers afin de fournir des services de mobilité matérielle.*

⁹ *Endsley, M.R. : “Toward a Theory of Situation Awareness in Dynamic Systems”, Human Factors Journal 37(1), 32-64.*

Priorité 2

R : Mettre à jour et diffuser en temps quasi réel des algorithmes **d'identification, de brouillage RF et de cyberdéfense.**

Passer à un système de commandement et de contrôle basé sur l'informatique en nuage (*Cloud-Based Command and Control, CBC2*) par moyen d'une délégation dynamique, en privilégiant la publication sur les réseaux sociaux d'une

demande d'attaque de cible, avec photos et coordonnées, et en demandant l'autorisation d'engagement pour tout tireur bien placé grâce à une boucle décisionnelle très courte.

Priorité 1

R : S'appuyer sur des situations de combat récentes pour **pré-identifier les délégations de C2 distribuées** et vérifier si les **flux de données** correspondants peuvent être sécurisés et authentifiés.

Fil rouge

Un très grand nombre de contributeurs de différents pays seront impliqués, afin de détecter, suivre, cibler et engager le convoi de missiles en temps voulu malgré l'opposition et les leurres, puis d'évaluer et de démontrer le résultat, et de fournir un retour d'information aux autorités politiques.

5- CONCLUSION

Rendre possibles les opérations de collaboration est un défi majeur pour les différents moyens aériens et spatiaux en Europe. Il ne faut pas attendre le développement de situations de guerre pour mettre en œuvre des mesures concrètes visant à renforcer les capacités de collaboration en Europe, et ce dès les besoins initiaux et tout au long du cycle de vie, quelle que soit la nationalité de l'équipementier.

Malgré l'importance de la compatibilité du matériel et de la fluidité des interactions humaines, nous nous sommes concentrés sur la circulation des données et des informations entre

les acteurs. Les possibilités d'échange se sont considérablement accrues au cours de la dernière décennie : il est essentiel de les organiser pour que les opérations de collaboration soient efficaces et efficientes, à chaque étape de leur préparation et de leur mise en œuvre.

C'est le raisonnement derrière toutes les recommandations ci-dessus, qui méritent à notre avis toute considération.

ANNEXES

Members of the working group (AAE and DGLR) ***Membres du groupe de travail (AAE et DGLR)***

- Claude-France Arnould
- Jean-Georges Brevot
- Georges Bridel
- Bruno Depardon (Secretary / Secrétaire AAE)
- Jean-Pierre Devaux
- Gérard Fouilloux
- Philippe Koffi
- Keith Hayward
- Tobias Heiss
- Winfried Lohmiller (Secretary / Secrétaire DGLR)
- Franco Malerba
- Bruno Mazzetti
- Jean-Paul Palomeros
- Thierry Prunier
- Yves Robins
- Louis Roche
- Claude Roche
- Bruno Stoufflet
- Michel Troubetzkoy
- Antonio Viñolo
- Paul Weissenberg

Interviews conducted for this Opinion

Auditions menées pour cet Avis

- European Defence Agency, NATO International Staff, Eurocontrol, NGWS and FCAS Teams
- Dassault Aviation, Airbus Defence and Space, Thales, MBDA
- Air Defence Commander, Space Commander, Special Ops Commander (Joint Staff), Special force Brigade (Air Force)

ACADÉMIE DE L'AIR ET DE L'ESPACE

Ancien observatoire de Jolimont

1 avenue Camille Flammarion

31500 Toulouse – France

contact@academieairespace.com • Tel: +33-(0)532 669796

www.academieairespace.com

DEUTSCHE GESELLSCHAFT FÜR LUFT- UND RAUMFAHRT

Lilienthal-Oberth e.V.

Godesberger Allee 70

53175 Bonn – Germany

info@dglr.de • Tel: +49 (0)228 308050

www.dglr.de



ISBN 978-2-913331-97-6
ISSN 2426 3931

10€