



**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**

OPÉRATIONS COLLABORATIVES DE COMBAT AÉRIEN ET SPATIAL EN EUROPE

Avis de l'AAE n° 18

DGLR Opinion No. 4

Septembre 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

Dépôt légal : novembre 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 :
EQUINOX

Parc d'Activités Industrielles de Gabor
81370 Saint-Sulpice – France

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

Crédits images couverture : Airbus, Dassault Aviation, Eurofighter, dvids,
photomontage AAE

TABLE DES MATIÈRES

Résumé	4
1- Pourquoi mener des opérations de combat aérien et spatial en collaboration	9
1.1. La guerre en Ukraine	9
1.2. Collaboration ou coopération.....	9
1.3. La transformation numérique.....	10
1.4. L'accent mis sur la dimension aérienne et spatiale.....	11
1.5. Amélioration des capacités aériennes et spatiales essentielles.....	11
2- Les enjeux	13
2.1. Crédibilité et légitimité.....	13
2.2. L'hétérogénéité des moyens et des ressources en Europe	13
2.3. L'impact des paradigmes émergents.....	14
2.4. Liberté de choix entre l'UE, l'OTAN ou une coalition de volontaires.....	14
3- Mise en œuvre	15
3.1. Domaine militaire opérationnel	15
3.2. Domaine stratégique et politique	15
3.3. Domaine économique.....	16
3.4. Souveraineté technologique en Europe	16
4- Les recommandations	17
4.1. Principes de base	17
4.2. Phase de pré-acquisition et exigences.....	20
4.3. Phase de projet et d'acquisition.....	22
4.4. Phase d'exploitation / d'emploi.....	24
5- Conclusion	27
Annexes	28
Membres du groupe de travail (AAE et DGLR).....	28
Auditions menées pour cet Avis	29

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.

OPÉRATIONS COLLABORATIVES DE COMBAT AÉRIEN ET SPATIAL EN EUROPE

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

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

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€