



LES DOSSIERS

● **VERS UN INDISPENSABLE
BOUCLIER AÉRIEN EUROPÉEN**

● **TOWARDS AN ESSENTIAL
EUROPEAN AIR SHIELD**



© **Académie de l'air et de l'espace**

Avril 2026. Tous droits réservés. / *April 2026. All rights reserved.*

Crédits photo couverture / *Cover credits:*

Shahed 136 © Adobe stock ; MICA © MBDA ; NEROD © Julien Fechter/armée de l'Air et de l'Espace/Défense, 2023 ; MdCN © Marine nationale/CC

AAE

Ancien Observatoire de Jolimont – 1 avenue Camille Flammarion

31500 Toulouse – France

+33 (0)5 32 66 97 96 – contact@academieairespace.com

www.academieairespace.com

Achevé d'imprimer juillet 2026

Imprimerie Trèfle

Z.I. du Terroir – 2 impasse Gutenberg

31340 Saint-Alban – France

ISBN 978-2-487161--06-1

ISSN 1147-3657

Dépôt légal : juillet 2026

SOMMAIRE / CONTENTS

VERS UN INDISPENSABLE BOUCLIER AÉRIEN EUROPÉEN 5

Texte intégral français et annexes (texte de référence)

TOWARDS AN ESSENTIAL EUROPEAN AIR SHIELD 71

Full text and appendices (English translation)

VERS UN INDISPENSABLE BOUCLIER AÉRIEN EUROPÉEN

TABLE DES MATIÈRES

Avant-propos	9
Synthèse	11
Les différentes capacités dont il faudra disposer	12
L'organisation du commandement et de la conduite des opérations	13
Les priorités	14
1. Introduction : un avenir incertain, une situation insupportable	15
2. L'organisation des forces	17
2-1 Réflexion générale sur les acteurs	17
2-2 Réflexion générale sur l'organisation des forces	18
2-3 Commandement et conduite des forces	19
2-4 Préparation des capacités et conduite des opérations	19
2-5 Entraînement des forces	19
3. Les menaces et les moyens	21
3-1 Les drones	22
3-2 Les missiles de croisière	22
3-3 Les missiles balistiques	22
3-4 Un bouclier spatial	22
3-5 Les systèmes de commandement et la recherche opérationnelle	22
4. Moyens de contrer la menace : la lutte anti-drones	23
4-1 Place de la lutte anti-drones dans la feuille de route	23
4-2 La détection des drones en Ukraine	25
4-3 La neutralisation des drones en Ukraine	26
4-4 De quoi l'Europe dispose-t-elle déjà, ou de quoi va-t-elle disposer ?	28
4-5 Recommandations pour la lutte anti-drones et l'EDDI	32

5. Lutte contre les missiles de croisière	35
5-1 Principales caractéristiques des missiles de croisière subsoniques longues portées.....	36
5-2 Comment contrer les missiles de croisière subsoniques longues portées.....	37
6. Lutte contre les missiles balistiques	41
6-1 Description générale	41
6-2 Cas des missiles longue portée	44
7. Contributions de l'espace au bouclier spatial européen	45
7-1 De manière générale	45
7-2 La collecte d'informations	46
7-3 Les télécommunications sécurisées.....	47
7-4 Les services spatiaux de positionnement /navigation.....	48
7-5 La détection en quasi-temps réel des mouvements des forces adverses.....	48
7-6 La surveillance de l'espace.....	48
7-7 Les contremesures envers les satellites déployés par la partie adverse	49
7-8 Les interventions dans l'espace.....	49
8. Le contrôle et la gestion temps réel des opérations.....	51
 ANNEXE 1 : Le bombardier Tupolev Tu-160M2 : missile de croisière russe tirés par vecteurs aériens.....	 55
ANNEXE 2 : Défense contre les missiles balistiques tactiques et les missiles de croisière hypersoniques : défense à courte/moyenne portée	59
ANNEXE 3 : Importance relative des capacités à développer	65
ANNEXE 4 : Glossaire.....	67
ANNEXE 5 : Membres du groupe de travail.....	69

AVANT-PROPOS

Après une étude approfondie de l'expérience de la guerre d'Ukraine sur les caractéristiques des différentes cultures militaires et des états des forces de la Russie et de l'Europe, en tenant compte aussi des enseignements des conflits au Moyen-Orient, l'Académie de l'air et de l'espace vous propose dans ce dossier les résultats de ses réflexions portant à la fois sur :

- l'organisation des forces européennes et la stratégie à employer tenant compte des différences des cultures militaires entre les Européens et les Russes ;*
- les menaces concrètes qui se dessinent ;*
- et les moyens à mettre en œuvre à court et moyen terme.*

L'Académie formule des recommandations, pour ceux qui auront des décisions à prendre. Ces travaux sont aussi applicables pour d'autres menaces majeures qui pourraient apparaître vis-à-vis de l'Europe.

Bruno Stoufflet

Président de l'Académie de l'air et de l'espace (AAE)

SYNTHÈSE

- 1) Les deux acteurs (Russie et Europe) d'une confrontation éventuelle à venir ont chacun des cultures et des habitudes différentes, relatives aux combats.
La Russie a l'habitude de considérer que « tout vient des chefs » et quand ceux-ci ont décidé les actions, avec ou non une stratégie élaborée, les troupes attaquent sans qu'elles aient d'autonomie de décision à aucun niveau. Ce qui entraîne une poussée des forces globale et un nombre de morts considérable.
L'Europe a au contraire une réelle habitude de délégation à tous les niveaux pour adapter les tactiques, opérations et stratégies des forces, en fonction des circonstances. Les décisions militaires sont plus rapides chez les Européens.
Cette différence de culture se retrouve aussi dans les méthodes d'organisation de conception, de développement et de fabrication des armements.
Les systèmes de commandements européens sont en particulier adaptés à ces délégations.
- 2) Même si la Russie dispose de plus de combattants et d'armements puissants, ces différences de cultures et d'habitudes constituent de loin la raison la plus forte qui pourraient permettre à l'Europe de dominer son adversaire.
- 3) Il convient donc d'accentuer encore cette différence en faveur du camp européen. Ce qui est fait encore lentement par des humains dans ce domaine, et appelé « recherche opérationnelle », devrait être fait par des ordinateurs surveillés et contrôlés de près. On aurait alors à tous niveaux d'organisation des accélérations considérables des prises de décision.
- 4) En termes d'organisation générale, l'Europe montre cependant un certain désavantage par rapport à la Russie, du fait des différences de culture entre les différentes nations européennes. Il y a là un travail à accomplir à tous les niveaux d'organisation pour mieux intégrer les différentes armées. Cela a bien sûr des implications sur les systèmes de commandement et l'OTAN y travaille déjà depuis longtemps.

Les différentes capacités dont il faudra disposer

Supériorité informationnelle

Il faut maintenir la supériorité informationnelle en renouvelant, complétant et modernisant les capteurs de renseignement et de surveillance du champ de bataille et en perturbant celles de l'adversaire (guerre électronique : brouillage des communications et des systèmes satellitaires de positionnement).

Il s'agit à la fois d'accentuer les efforts d'information sur qui ou quoi on veut brouiller ou perturber, avec l'utilisation des outils et l'organisation qui conviennent.

Lutte anti-drones

Il y a déjà profusion de drones et d'anti-drones avec différents détecteurs et différents moyens de neutralisation. L'expérience actuelle ukrainienne est absolument remarquable : il faut des méthodes ukrainiennes pour concevoir les nouveaux armements plus efficaces et moins chers, et développer considérablement le volume et l'efficacité des fabrications.

Le domaine change constamment, et il faut s'adapter. Des milliers de drones anti-drones sont à produire en privilégiant le prix minimum, la vitesse et la souplesse.

Lutte anti-missiles de croisière

Il faut d'abord avoir une défense sol-air efficace et la plus dense possible. Le VL MICA (Vertical Launch MICA) et ses équivalents européens présentent le meilleur rapport coût/efficacité. Le SAMP/T ou le Patriot sont trop chers pour cette mission et doivent être réservés aux missiles balistiques. Mais c'est loin d'être suffisant. L'avion de combat est manifestement le plus adapté à cette mission en raison de sa souplesse d'emploi face à des essais de missiles de croisière.

Il faut produire un nombre très important de missiles sol-air et air-air, et augmenter significativement le nombre d'avions de combat.

Lutte anti-missiles balistiques

- **Pour les missiles tactiques**, le SAMPT/NG et le Modernised Patriot avec leurs radars existent et sont adaptés : à la fois en efficacité et en coûts relatifs dans les duels attaque/défense. **Leurs productions sont à accélérer significativement. Il faut bien sûr continuer à les améliorer.**
- **Pour les missiles longue portée** : s'il s'agit de nucléaire, les programmes français et britannique existants constituent des moyens de dissuasion crédibles et suffisants. S'il s'agit de conventionnel, il est possible d'effectuer des repréailles conventionnelles équilibrées avec des missiles de croisière ou longue portée équipés d'autodirecteurs précis.

Des missiles sol-sol de frappe dans la profondeur sont à développer. La décision est déjà prise au niveau franco-allemand avec le programme ELSA qu'il convient de lancer sans attendre.

Lutte spatiale

Manifestement l'Europe est en retard par rapport aux États-Unis, la Russie et la Chine. Néanmoins l'Europe dispose déjà d'un certain nombre de capacités de défense, qui sont utilisées, et en étudie et en développe d'autres qui mettront quelques années avant d'être opérationnelles.

- **Reconnaissance spatiale** : l'Europe utilise déjà des moyens d'observation qui existent depuis de nombreuses années (optiques, radars, électromagnétiques). Il faut développer des constellations de multiples satellites permettant des observations beaucoup plus fréquentes. Il convient d'utiliser ces moyens pour la détection précoce d'indices.
- **Alerte avancée** pour missiles longue et moyenne portées est uniquement opérationnelle aux États-Unis et en Russie. Il faut poursuivre les réflexions vers le développement de systèmes européens (JEWELL, Odin's Eye).
- **Télécommunications spatiales sécurisées** : quelques systèmes militaires nationaux existent depuis plusieurs années au Royaume-Uni, en France et en Italie. Il convient d'accélérer le développement du système européen IRIS².
- **Positionnement et navigation** : les systèmes GPS et Galileo sont interopérables et les récepteurs spécifiques aux services sécurisés GPS/Code M et Galileo/PRS devraient être d'usage généralisé.
- **Détection temps réel des mouvements des forces adverses** : il y a lieu d'étudier le compromis coût-efficacité de constellations de microsatellites en orbite très basse.
- **Surveillance de l'espace** : des progrès sont indispensables dans la connaissance de la situation spatiale. Un système centralisé à base de radars et d'observatoires optiques doit être étudié, mais sa complexité et son coût seront probablement importants.

L'organisation du commandement et de la conduite des opérations

Il faut s'adapter à :

- la répartition des unités nationales croisées avec les différentes missions ;
- la coordination de l'ensemble de ces deux répartitions ;
- la coordination au niveau central ;
- l'utilisation massive d'aides à la décision avec recherche opérationnelle en informatique (Intelligence Artificielle – IA) à chaque niveau important.

C'est un dossier très complexe sur lequel il faudrait dès maintenant travailler, en tenant le plus grand compte de ce qui existe déjà : l'Air Command and Control System (ACCS) de l'OTAN au niveau central, avec ses ramifications nationales et fonctionnelles et dans chaque nation son système de commandement, comme le Système de commandement et de conduite des opérations (SCCOA) en France.

Dans cet ensemble très vaste de capacités à développer, les priorités nous semblent les suivantes :

1- Les capacités de défense qui peuvent être mises en place très rapidement

Un premier niveau d'organisation du commandement, en se fondant sur les travaux déjà effectués par l'OTAN.

- L'alerte avancée, en utilisant les capacités d'observation spatiales française et allemande.
- La lutte anti-drones.
- La lutte anti-missiles de croisière et antimissiles balistiques.

2- Les capacités offensives qui doivent faire l'objet de développements préalables et qui demanderont quelques années d'étude avant déploiements

- Le développement massif de la guerre électronique défensive et offensive.
- Les drones offensifs.
- Les missiles balistiques sol-sol de frappe dans la profondeur.

3- Les capacités complexes qui demanderont un gros travail de développement et des délais importants pour devenir complètement opérationnelles

- Une organisation pleinement interconnectée à tous les niveaux, s'appuyant massivement sur des outils informatiques utilisant l'intelligence artificielle pour la recherche opérationnelle/aide à la décision.
- La surveillance détaillée de l'espace du sol et de véhicules spatiaux, avec peu à peu les capacités d'interventions.

1- INTRODUCTION : UN AVENIR INCERTAIN, UNE SITUATION INSUPPORTABLE

L'invasion de l'Ukraine par la Fédération de Russie a provoqué un conflit qui dure maintenant depuis plus de quatre ans. Une telle durée a été à l'origine de plusieurs évolutions successives des opérations.

Face à l'absence de supériorité aérienne et à l'impossibilité de réellement progresser sur la ligne de contact, la Russie a opté pour une stratégie d'attaques massives principalement nocturnes de l'ensemble du territoire ukrainien par des drones, des missiles de croisière et des missiles balistiques (jusqu'à 1 000 vecteurs par nuit).

L'efficacité de la défense aérienne ukrainienne fondée d'une part sur une importante aide matérielle occidentale (systèmes sol-air et avions de combat), et d'autre part sur une très grande inventivité des Ukrainiens (en particulier dans la lutte anti-drones), permet d'abattre 80 à 90 % de ces vecteurs. Mais c'est encore insuffisant. Les 10 à 20 % restants provoquent des dégâts considérables sur les infrastructures et de nombreuses victimes dans la population.

Cette situation d'insécurité mortelle permanente est insupportable et comparable dans son principe aux bombardements de la deuxième guerre mondiale.

Outre les décisions européennes qui devraient être prises pour aider l'Ukraine encore plus efficacement, **la question se pose de savoir ce que doit faire maintenant l'Europe si elle devait se trouver à l'avenir dans une situation analogue.** Des décisions urgentes en termes de financement et de réalisation de programmes d'armement adaptés doivent être prises. Une refonte dans l'organisation et la rapidité d'exécution des programmes d'armement semble également indispensable.

2. L'ORGANISATION DES FORCES

2-1 Réflexion générale sur les acteurs

Russie

Depuis de nombreuses décennies on constate que les Russes, puis les Soviétiques, puis les Russes de nouveau ont une méthode de combat qui laisse très peu de liberté de décision à leurs troupes sur le terrain et de capacité d'adapter leur tactique.

C'est sans doute leur culture de l'obéissance rigide au chef. Ils attendent sa décision. Cela les pousse, depuis la bataille de Stalingrad jusqu'à maintenant, et sans tactique, à disposer d'une masse d'hommes, chairs à canon, qui doit foncer sur l'ennemi au prix de lourdes pertes.

Ils n'ont pas l'esprit « système opérationnel avec humains », et ils risquent de garder une certaine faiblesse résiduelle de ce point de vue.

En revanche sur le plan technique des armements, ils montrent des qualités en ingénierie remarquables dans les technologies mécaniques, de puissance, d'optimisation aérodynamique et d'armement classique, mais beaucoup moins dans les réseaux temps réel, ni dans les visées laser.

Europe

Dans la majeure partie de l'Europe, les habitudes/cultures sont souvent inverses de celles des Russes :

- les puissances mises en œuvre sont plus faibles mais mieux réparties ;
- les armements sont plus précis et utilisent plus l'électronique, l'informatique, les lasers, avec un « *Network Centric Warfare* » beaucoup plus développé ;
- en conséquence, les tactiques sont beaucoup plus adaptables, souples et rapides, avec l'aide des principes de délégation qui sont beaucoup plus développés ;

- mais les Européens veulent être parfaits. Ce qui entraîne de grandes sur-spécifications, des temps de développement et des coûts considérables, avec la multiplication des contrôles à tous niveaux, qui augmentent fortement les délais et les coûts.

Les combats actuels

Dans les combats toujours en cours, on observe un certain équilibre dynamique entre des forces russes et ukrainiennes. En même temps, chacun adapte ses technologies, en développant ou achetant très rapidement de nouveaux systèmes de détection, de commandement et de combat. Côté Ukrainiens, les nouveaux systèmes plus ou moins complexes (par exemple des désignations temps réel) sont fabriqués de manière accélérée, en tout cas bien plus rapidement que les lents développements européens qui, dès qu'on les présente, sont considérés déjà par eux comme obsolètes. Lors d'une réunion avec des officiers français qui connaissent bien les forces ukrainiennes, lorsque nous avons parlé de la fierté de Thales pour son fusil d'attaque des drones qui est sorti l'an dernier, les officiers ont objecté qu'il était déjà obsolète et qu'il valait en Ukraine dix fois moins cher qu'en France.

On voit déjà des systèmes de reconnaissance automatique par les bruits et avec triangulation, des fusions de données radar et d'écoutes, avec l'utilisation de l'intelligence artificielle, ici : la Recherche Opérationnelle aidée par ordinateurs.

Les coûts des systèmes ukrainiens ne sont pas comparables aux coûts européens ni aux russes. Un fusil brouilleur de drones de 25 000 € en France s'achète en Ukraine 1 200 €. **Dans la confrontation possible à venir entre l'Europe et la Russie, tout cela sera très important pour l'efficacité d'une coalition européenne.**

2-2 Réflexion générale sur l'organisation des forces

Il faut adapter l'organisation des forces au fait que pendant encore des décennies, leur nature même dépendra beaucoup des différentes cultures des différentes nationalités. Pendant la guerre de 14-18, le nouvel Empire allemand, créé en 1871, a organisé son armée en recrutant des régiments dans chaque État (Land) allemand. Les États européens devraient s'en inspirer à partir de nos différentes nations.

Recommandation n°1

Que les états-majors des pays concernés réfléchissent dès maintenant à l'organisation militaire à mettre en place, en partant de ce qui existe déjà en Europe, et notamment des organisations de l'OTAN, pour arriver à une coopération opérationnelle réellement efficace.

2-3 Commandement et conduite des forces

Pour augmenter significativement l'interopérabilité opérationnelle, il faut développer une structure de commandement et de conduite, à partir de ce qui existe dans chaque pays de l'UE, et à l'OTAN en matière de recherche opérationnelle.

Recommandation n°2

Qu'une structure soit dédiée au développement collectif d'outils de recherche opérationnelle pour les états-majors européens concernés et que leurs pays se préparent à financer et à mettre en place les moyens propres à assurer le support de cette structure, en termes de personnel et de matériel.

2-4 Préparation des capacités et conduite des opérations

Pour mener les opérations avec efficacité, en particulier dans un type de conflit de haute intensité similaire mais également différent de celui de l'Ukraine, il faudra nécessairement changer les méthodes habituelles, à la fois de conduite des opérations et d'acquisition et de développement de nouveaux systèmes. Si nécessaire, il faudra s'adapter et aller vers des développements et des productions beaucoup plus rapides et moins coûteux, en limitant les sophistications des armes et les contraintes administratives inutiles (c'est une force actuelle de l'Ukraine qui constitue un exemple à suivre).

Recommandation n°3

Pour adapter nos méthodes, s'inspirer de ce que font les Ukrainiens pour adapter rapidement nos systèmes, et également des Israéliens, qui, en opération détectent les modifications à faire, et parfois utilisent le nouveau matériel et les nouvelles méthodes dès le lendemain.

2-5 Entraînement des forces

Les forces devront au plus tôt s'entraîner ensemble avec l'organisation opérationnelle décidée pour effectuer de multiples entraînements et manœuvres en s'appuyant sur ce qui existe déjà, en particulier à l'OTAN : les *NATO Reaction Forces* (NRF), le Centre d'analyse et de simulation pour la préparation aux opérations aériennes (CASPOA), le centre d'excellence OTAN qu'utilise déjà le Commandement de défense aérienne et des opérations aériennes français (CDAOA).

Il faudra apprendre en particulier à s'entraîner ensemble aux combats à longue distance.

Recommandation n°4

Que le commandement organise des manœuvres de manière représentative tenant compte de l'organisation et des cultures des pays européens.

3. LES MENACES ET LES MOYENS

De manière générale, l'Union européenne a prévu un « Plan européen de réarmement 2030 ».

S'appuyant sur les priorités politiques fixées par le Conseil européen, la Commission européenne a présenté, le 19 mars 2025, le plan « **ReArm Europe / Préparation à l'horizon 2030** ».

Faisant suite et comme l'a demandé le Conseil européen, en octobre 2025, la Commission et la Haute Représentante ont proposé un plan global « **Préserver la paix – Feuille de route pour la préparation de la défense à l'horizon 2030** »¹.

Les dates ambitieuses mentionnées dans la Feuille de route sont, à la date de publication de cette étude, dépassées ou en voie de l'être, en raison des délais inhérents au processus décisionnel européen. Le choix a été fait de maintenir le texte de la publication initiale, l'important étant le plan lui-même qui est cohérent et contribue à structurer cette étude.

Dans son chapitre 4, le plan prévoit une initiative phare (*flagship*) intégrée relative au bouclier aérien européen (*European Air Shield*) couvrant l'ensemble de la défense aérienne et antimissile, pleinement intégrable avec le système et la doctrine de commandement et de contrôle de l'OTAN. Il se décline en trois jalons :

- approbation par le Conseil européen du bouclier aérien européen en tant qu'initiative phare prioritaire – d'ici la **fin 2025** ;
- lancement du bouclier aérien européen – **deuxième trimestre 2026** ;
- priorisation des actions en matière de défense aérienne et antimissile dans les programmes de travail du Fonds européen de défense (FED) et de l'EDIP (programme pour l'industrie européenne de la défense) – d'ici à la **fin 2026**.

Afin de préparer ces actions prévues, la présente étude se propose d'analyser les solutions actuellement en œuvre en Ukraine, mais aussi à Gaza, en Iran, et dans le conflit entre Inde et Pakistan, d'identifier les projets en cours dans le monde et de faire

1 JOIN/2025/27 final du 16.10.2025

des propositions dans cinq domaines :

- drones : saturation, ciblage dynamique, leurrage, furtivité ;
- missiles de croisière ; nouvelles propulsions, furtivité ;
- missiles balistiques : véhicules hyper véloces, camouflage, saturation, stratégie innovante (Iran) ;
- agressions des capacités spatiales (brouillage, espionnage de proximité, activités antisatellites (ASAT) sur terre et dans l'espace) ;
- systèmes de commandement.

3-1 Les drones

Aujourd'hui, la lutte contre les drones est centrale dans nos réflexions, avec une actualité à la fois des drones et de la lutte anti-drones qui évolue de façon difficile à maîtriser. L'idée initiale de « mur anti-drones » est beaucoup trop restrictive puisque la menace est globale. Elle a été remplacée par la « *European Drone Defence Initiative* (EDDI) » mentionnée ci-après. Il est fondamental de restituer ce qui se passe en Ukraine, dans la foison de systèmes qui apparaissent tous les jours.

3-2 Les missiles de croisière

La lutte contre les missiles de croisière est relativement facile à étudier car finalement assez classique. C'est de la défense aérienne pour laquelle les avions de combat modernes sont particulièrement adaptés. Il faut cependant être attentif face à de nouveaux développements qui durciraient ces missiles.

3-3 Les missiles balistiques

La lutte contre les tirs saturants de missiles balistiques (voir également les événements en Israël) est en revanche une question difficile qui ne pourra se résoudre qu'avec des progrès technologiques importants qui restent à développer.

3-4 Un bouclier spatial

Un bouclier spatial reste à construire, mais dont les travaux ont déjà démarré dans certains pays.

3-5 Les systèmes de commandement et la recherche opérationnelle

Il faut enfin ajouter ce qui est fondamental, sans lequel toutes ces défenses ne pourront pas fonctionner : **que le système de commandement, notre point le plus fort, soit commun, avec les systèmes informatiques de recherche opérationnelle** qui lui soient rattachés, pilotant les opérations avec toutes ces fonctions, et rendant les combats beaucoup plus rapides et adaptés.

Il faudra beaucoup de temps pour le mettre en place de manière efficace, et démarrer les études au plus tôt, avec l'organisation opérationnelle qui va avec.

4. MOYENS DE CONTRER LA MENACE : LA LUTTE ANTI-DRONES

4-1 Place de la lutte anti-drones dans la feuille de route

Le chapitre 4 du plan global mentionné au § 3 ci-dessus prévoit l'EDDI et une initiative phare sur la surveillance du flanc oriental. Les jalons sont les suivants :

1. Approbation par le Conseil européen de l'EDDI et de la surveillance du flanc oriental en tant qu'initiatives phares prioritaires – d'ici la fin de 2025.
2. Lancement de l'EDDI et de la surveillance du flanc oriental – premier trimestre 2026.
3. Premiers appels au titre de l'EDIP pour un renforcement de la production et un soutien à des acquisitions conjointes. Versement des premiers paiements de préfinancements dans le cadre de SAFE pour les projets pertinents des initiatives phares – premier trimestre 2026.
4. Mise en place des premières capacités de l'EDDI et de la surveillance du flanc oriental – d'ici la fin de 2026.
5. EDDI pleinement opérationnelle – d'ici la fin de 2027.
6. Surveillance du flanc oriental opérationnelle – d'ici la fin de 2028.

La Commission européenne a débuté la mise en œuvre de cette initiative phare en publiant le 11 février 2026 son « **Plan d'action relatif à la sûreté des drones et des systèmes antidrones** »².

2 COM(2026) 81 final, Bruxelles, le 11.2.2026

Dans ce document, la Commission prévoit comme étapes suivantes de lancer des discussions avec les États membres sur les actions proposées et les priorités clés, incluant l'industrie et le Parlement européen. Elle prévoit que chaque État membre désigne un « **Coordinateur national pour la sûreté des drones** ».

Comme cela a déjà débuté sans attendre, chaque État membre pourra développer ses propres solutions en national (ou en coopération avec l'aide des fonds européens), la Commission assurant une coordination et un support (par des appels à projets communs) qui devrait permettre de réaliser ensuite un **réseau européen**. Il importe donc que chaque État nomme un coordinateur et se prépare rapidement à ces discussions en déterminant ses propres besoins opérationnels et solutions industrielles parmi les possibilités actuelles ou à venir. Dans ce cadre, le présent document est destiné à alimenter les réflexions.

Par ailleurs, la Commission prévoit la mise en place d'un « **Centre d'excellence de la lutte antidrone** ». Un certain nombre de recherches ont déjà débuté au « Centre commun de recherche » à Geel (Belgique).

Enfin, la Commission devrait lancer **un appel à projets** vers les États membres et l'industrie pour le déploiement rapide de la détection des drones par les réseaux de communication 5G (concept ISAC, voir §4.4).

L'emploi massif des drones (et la défense correspondante) est incontestablement un des faits majeurs du conflit en Ukraine. Il doit être analysé avec la plus grande attention car il constitue un « changement de donne » pour les conflits futurs auxquels l'Europe sera confrontée, et représente une menace à laquelle celle-ci ne sait pas actuellement répondre avec efficacité.

Il convient de noter que les présentes réflexions portent essentiellement sur les drones qui pourraient être utilisés pour attaquer l'ensemble des territoires européens à la frontière et dans la profondeur. Cette menace est actuellement représentée par les drones Shahed 136 (d'origine iranienne et produits maintenant en très grand nombre par la Russie sous la dénomination Geran 2).



Figure 1 :
Shahed 136 :
envergure
2,5 m ; **longueur**
3,5 m ; **masse**
180 kg ; **charge**
explosive 40 kg ;
autonomie
1 700 km ; **prix**
20 000 \$.
© Adobe stock

Ces drones sont **peu chers**, donc produits par dizaines de milliers et sont utilisés simultanément par centaines en attaques coordonnées dans la profondeur de l'Ukraine, **submergeant** ainsi la défense aérienne. Pour en augmenter encore le nombre, une version à bas coût (10 000 \$) appelée Gerbera (autonomie 700 km) est produite par la Russie.

La charge explosive limitée est cependant suffisante pour une utilisation très efficace contre des **objectifs non durcis mais essentiels**, comme les réseaux électriques ou les raffineries pétrolières.

Il faut prendre également en compte la défense contre les petits drones (ou essaims de drones) utilisés pour les combats des troupes au sol dans les 30 km de part et d'autre de la ligne de contact (zone dans laquelle il est devenu quasi impossible de survivre sans camouflage), et qui constituent une menace spécifique.

Les sections suivantes 4.2 à 4.5 analysent les solutions mises en œuvre par l'Ukraine dans les deux cas de drones lourds et d'essaims de drones, et font des propositions concrètes pour la réalisation rapide de l'EDDI.

4-2 La détection des drones en Ukraine

Les Ukrainiens ont développé une multitude de tels moyens, souvent simples et efficaces :

- les innovations technologiques de la **détection par capteurs acoustiques** (capteurs Zvook, capteurs Fenek, capteurs dans les arbres), très efficaces, qui détectent et reconnaissent à la fois ;
 - mise en réseau collaboratif des **portables du public** avec application déclenchée sur observation de drone, transmettant à un centre dédié la position (pour triangulation) et le son (pour signature acoustique reconnue par IA) ;
- Ces capteurs acoustiques et le réseau collaboratif sont intégrés dans un système appelé **Sky Fortress** ;



Figure 2 :
Senseurs acoustiques Zvook
© Zvook

- réseau de ballons porteurs de capteurs type guerre électronique et de caméras infrarouge ;
- utilisation bien entendu de ce que les capteurs radar classiques arrivent à détecter ;
- enfin, au niveau supérieur, la fusion des capteurs dans un réseau de défense intégré pour obtenir une situation aérienne drones (RUP, *Recognized UAV Picture*), par analogie avec l'image aérienne validée (RAP, *Recognized Air Picture*) des avions : système VIRAJ (ou VIRAZH) de la société Kyivstar avec utilisation de Starlink et de One Web, de nombreux systèmes civils publics non cryptés (Google Meet) avec des connexions non sécurisées analogiques.

La fusion de la RUP avec la RAP de l'Ukraine (non connectée à la RAP de l'OTAN, mais bénéficiant de certaines informations) reste un problème complexe à résoudre, auquel l'Europe et l'OTAN auront à faire face pour leurs propres systèmes.

4-3 La neutralisation des drones en Ukraine

Drones anti-drones

Initialement, 90 % des petits drones utilisés et modifiés par les Ukrainiens étaient dérivés des drones de loisirs d'origine chinoise (société DJI, le leader mondial) de quelques centaines d'euros. Maintenant l'Ukraine produit ses propres drones en très grande quantité : 14 000 drones par jour (par exemple 700 en France), soit cinq millions de drones par an !

Cette production inclut les drones anti-petits drones FPV (*First Person View*³), efficaces à condition d'équiper en grande quantité les unités combattantes près de la ligne de contact.

L'efficacité relative des canons sol-air et le coût trop important du tir par missiles (sol-air comme air-air) a eu pour conséquence la priorité donnée à la solution ayant un bien meilleur rapport coût efficacité : les drones anti-drones de portée de l'ordre de 25 km et produits en très grande quantité, actuellement dans un marché en plein développement.

La société ukrainienne à but non lucratif **Wild Hornets** produit des drones FPV en fabrication additive, version Sting anti-drones, avec IA d'accompagnement de trajectoire finale produite par la startup française Alta Ares avec algorithme Pixel Lock.

Cette même startup **Alta Ares** produit maintenant en France ses propres drones anti-drones rapides X-Wing avec IA, validés par l'OTAN. Le taux de destruction des drones anti-drones contre les Shahed-136, les Gerbera ou les Orlan est de 70 % avec IA contre 40 % sans IA.

Une autre startup française **Harmattan-AI** produit des drones anti-drones rapides avec IA similaires, également validés par l'OTAN.

3 Un drone FPV est un drone piloté à distance par un opérateur disposant de l'image de la caméra embarquée sur le drone et projetée sur des lunettes spéciales. Ces drones peuvent servir aussi bien à l'observation, à l'attaque au sol ou à l'attaque d'autres petits drones.



Figure 3 :
Lancement en
Ukraine d'un
drone anti-
drones Sting de
Wild Hornets
© Wild Hornets

Figure 4 :
Drone anti-
drone X-Wing
d'Alta Ares
© Alta Ares



Figure 5 :
Attaque d'un
drone type
Shahed par un
drone anti-drone
Gobi de
Harmattan-AI
© Harmattan

Le coût d'un drone anti-drones rapide varie entre 2 500 \$ (Ukraine) et 20 000 € (Europe) pour abattre des drones de type Shahed à 20 000 \$ / 60 000 \$ selon les versions, ce qui en fait une solution de rapport coût/efficacité très intéressante.

Combat par guerre électronique

- **Brouillage de tous les systèmes de navigation par satellites (GNSS)** à la fois (GPS, Galileo, GLONASS, et Beidou) soit par des brouilleurs de puissance pour protéger les zones d'importance stratégique, soit par des brouilleurs individuels (sac à dos contenant un brouilleur multi-bandes par unité de six hommes).
- **Fusils de brouillage** (20 000 à 40 000 € en Europe, 1 200 € en Ukraine). Ils sont de portée limitée (1 000 m) et doivent tenir compte d'une parade possible par le drone attaquant qui peut monter pour récupérer le signal GNSS.

Mais, face au brouillage, on observe la multiplication des drones à **fibre optique**, avec évidemment en conséquence la réaction de la défense par des systèmes sectionnant les fibres optiques comme des barbelés rotatifs au ras du sol.

Attaques cinétiques

- Bien que de portée limitée (1 000 m), le **tir au canon** se montre très efficace contre les drones à condition d'être équipé d'une conduite de tir radar. Par exemple, l'emploi par l'Ukraine du blindé antiaérien bi-cansons de 35 mm allemand / suisse Gepard.
- **Le tir au canon par avions de combat** reste possible, mais en dernier ressort car le risque est grand de perdre l'avion à l'explosion du drone.
- Si la géométrie d'interception permet de rattraper le drone, **le tir au canon par hélicoptère de combat** apparaît particulièrement efficace, en particulier du fait de l'utilisation de la tourelle.
- L'emploi **d'avions légers** (comme le Yak-52 en Ukraine) avec tir au fusil. C'est risqué si le drone explose ou se déstabilise.
- Un **fusil de chasse ou à pompe** par unité de six hommes. La société belge Herstal en développe avec des cartouches déployant un filet.

4-4 De quoi l'Europe dispose-t-elle déjà, ou de quoi va-t-elle disposer ?

La lutte anti-drones est, pour la France et pour l'Europe d'une façon générale, un domaine qui avait été partiellement exploré auparavant, mais qui a explosé avec le conflit en Ukraine et a créé une sorte d'affolement chez les responsables militaires et politiques. La réaction a cependant été rapide et de nombreux systèmes et armements ont commencé à être étudiés, s'appuyant bien souvent sur l'expérience et l'inventivité des Ukrainiens.

Deux fonctions doivent être prises en considération, et amener des développements avec les budgets correspondants :

Première fonction : détection, identification et poursuite des drones qui constituent une difficulté nouvelle et partiellement inexplorée

Une des difficultés de la lutte anti-drones réside dans leur petite taille et le peu de pièces métalliques rendant la détection radar (sol-air comme air-air) difficile.

Une solution, en développement par Thalès, consiste à exploiter les **signaux faibles de la détection primaire** des radars (et non une piste élaborée) puis à les trianguler.

Une autre solution, en développement par Rhode et Schwarz et par Ericsson, consiste à utiliser les émetteurs/récepteurs des **relais téléphoniques 5G** comme des radars pour détecter, poursuivre et identifier les drones. Cette fonction serait réalisée par modification des réseaux 5G actuels (5G Advanced), puis déployée dans les futurs réseaux 6G.

C'est le **concept ISAC** (Integrated Sensing and Communication) qui repose sur plusieurs technologies avancées utilisant l'IA :

- capteurs et antennes multi-usages, capables de fonctionner à la fois en mode communication et en mode radar ;
- traitement et analyse du signal avancés, pour en extraire d'une part la détection radar et d'autre part les messages de communication.

Ce concept est particulièrement adapté à la détection d'essaims de drones.

Compte tenu du niveau technologique requis, des délais de recherche, développement, essais grandeur nature, industrialisation, déploiement dans tous les relais 5G, et des coûts, cette solution prometteuse ne peut être envisagée qu'à moyen terme.

Pour la France, plusieurs systèmes ont été rapidement développés et produits, qui regroupent en un seul équipement des détections coordonnées radar, infra-rouge, optiques et radio fréquences auxquels s'ajoute le brouillage :

- le système **MILAD** (société CS) : dix systèmes pour l'Armée de l'air et de l'espace, quatre pour l'Armée de Terre, quatre pour la Marine ;
- son successeur le **PARADE**, plus mobile ;
- **BASSALT** (société Hologard).

Ces trois systèmes sont utilisés aussi bien sur le territoire national sur les installations sensibles, qu'en opérations extérieures.



Figure 6 :
Le système
MILAD (Moyens
interarmées de
lutte anti-drones)
© CS Group

Ils ont été regroupés en un seul réseau (incluant également les systèmes **Radiant** de la préfecture de police de Paris) et utilisé notamment pour la protection des Jeux olympiques de Paris 2024. Pour cette occasion, ce réseau particulièrement efficace a été développé et mis en place par Thales, avec la SAP (*Single Air Picture*) et une Situation Tactique drones permettant au commandement de prendre les décisions appropriées : **400 drones détectés et 100 neutralisés**.

Deuxième fonction : les effecteurs

Une difficulté majeure de la lutte anti-drones par missiles sol-air et air-air réside dans le rapport coût/efficacité. Tirer un drone Shahed 136 à 20 000 \$ avec un missile MICA à 600 000 € ne peut pas être pratiqué dans la durée (bien qu'ayant été fait par nécessité dans les opérations de défense d'Israël en avril 2024)⁴.

L'efficacité des drones anti-drones (telle que présentée ci-dessus au §4.3) semble avoir été comprise par les pays européens. À l'initiative de la Pologne, cinq pays européens (Pologne, France, Allemagne, Italie et Royaume-Uni, appelés groupe E5) ont annoncé le 20 février 2026 « vouloir unir leurs forces pour développer et acquérir de nouveaux effecteurs anti-aériens à bas coût ».

Ils ont donc lancé l'initiative « *Low-Cost Effectors & Autonomous Platform* » ou LEAP. L'effort initial portera sur un effecteur sol-air « léger, bon marché », intégrant l'IA, conçu pour contrer tant les drones que les missiles. Le premier projet devrait se matérialiser d'ici 2027. La production et l'industrialisation devraient privilégier la vitesse et la souplesse, en s'inspirant de l'expérience ukrainienne.

Il faut par ailleurs développer des armements nouveaux et adaptés à l'emploi par avions et hélicoptères de combat :

- roquettes anti-drones de BAE Systems pour avions de combat : *Advanced Precision Kill Weapon System II* (APKWS II) à partir de la roquette Hydra de 70 mm avec laser, fusée de proximité et le logiciel « *Fixed Wing, Air Launched, Counter-Unmanned Aircraft Systems Ordnance* » de FALCO ;
- roquettes anti-drones FZ123 70 mm à guidage laser, de Thales Belgium, pour avions de combat et hélicoptères, déployant un mur de 6 500 billes d'acier contre les essaims de drones, et de portée trois à quatre kilomètres ;
- Laser anti-drones, comme HELMA-P de Cilas, couplé avec canon, avec suivi par Lidar et optronique permettant une destruction à 1 000 m ;
- systèmes fixes ou portatifs de détection/neutralisation type guerre électronique comme les systèmes Chimera 200 de la société Cerbair ;
- drone anti-petits drones type RapidEagle de Thales avec déploiement d'un filet ;
- fusil brouillage⁵ type NEROD de la société MC2 Technologies.

4 Ce raisonnement classique est cependant un peu court car le Shahed intercepté peut entraîner des dégâts au sol bien supérieurs à 600 000 €.

5 Le fusil brouillage est un exemple du problème coût/efficacité à la production. Cet équipement coûte au minimum 20 000 € avec des technologies occidentales, et environ 1 200 € fabriqué en Ukraine mais avec une fiabilité inférieure.

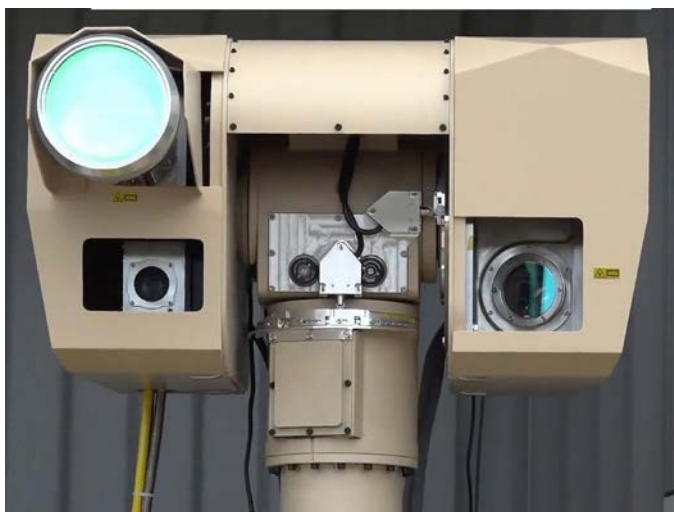


Figure 7 :
Laser anti-
drones
HELMA-P
de Cilas
© Cilas

Figure 8 :
Système portatif de détection
et de neutralisation de drones
Chimera 200 de Cerbair
© Cerbair



Figure 9 :
Entraînement
avec le
brouilleur
NEROD
© Julien
Fechter/armée
de l'Air et de
l'Espace/
Défense, 2023

4-5 Recommandations pour la lutte anti-drones et l'EDDI – deux grandes priorités

Première priorité

Recommandation n°5

Porter l'effort sur les systèmes de détection acoustique, domaine particulièrement efficace contre les drones et où l'Ukraine est par nécessité en avance sur tout le monde. Il serait bien de faire dans ce domaine des partenariats avec l'Ukraine.

Fusionner cette détection acoustique avec les autres senseurs disponibles (radar, IR, GE, optiques) dans un système capable de produire une RUP (*Recognized UAV Picture*) dont la SAP (*Single Air Picture*) mise au point pour les Jeux olympiques de Paris constitue un avant-goût (voir plus haut). **Coupler** ensuite, dans la mesure du possible, cette RUP avec la RAP (*Recognized Air Picture*) de la défense aérienne. À ce titre, la Commission européenne prévoit dans le document COM(2026) 81 de soutenir le développement de systèmes C2 européens souverains utilisant l'IA.

Il ne s'agit pas de faire un mur. Il faut au contraire installer les capteurs et les réseaux acoustiques dans la profondeur et dans les zones sensibles, de façon dense, et mixer cela avec les systèmes radar, guerre électronique, IR, optiques, nécessairement moins denses.

Deuxième priorité

Recommandation n°6

Produire à grande échelle des drones anti-drones développés au niveau national et/ou européen. En parallèle, accepter de produire sous licence (ou en coopération) également à grande échelle des drones conçus par les Ukrainiens. La rémunération des licences se ferait en partageant la production entre l'Ukraine et l'Europe.

On ne peut pas stocker les drones car ils deviennent rapidement obsolètes. **Il faut donc de nombreuses petites lignes de production** utilisées en temps normal à fabriquer d'autres produits et qui peuvent être rapidement mobilisées. L'Ukraine dispose d'environ 150 lignes de production (également pour protéger des attaques).

Pour ce faire, **identifier toutes les sociétés d'imprimantes 3D industrielles des pays** : concept de la Base industrielle et technologique de défense européenne (BITDE, POBITD en anglais) et établir un contrat avec chaque PME ou ETI concernée qui, outre évidemment son activité habituelle, maintiendrait une certaine capacité de production de drones qui serait testée régulièrement par des exercices.

Autres priorités, l'organisation

L'Europe est constituée de 27 nations présentant une façade à l'est de 4 000 km. Il est illusoire de penser que les 27 nations se mettront d'accord pour construire (et financer) un grand système unique. Il faut donc faire comme pour le NATINADS de la défense aérienne de l'OTAN.

Recommandation n°7

Réaliser un C2 anti-drones commun sur lequel viennent s'intégrer les nations avec les équipements qu'elles auront choisis et financés.

Il conviendra aussi de **réfléchir à l'usage de drones de façon offensive** de notre côté : doctrine, concept et procédures à créer en Europe, à base de drones et d'essaims de micro drones pour prendre l'avantage.

Outre les matériels et installations permanents, il faut être capables de **monter très rapidement en puissance** en cas de conflit. Pour cela, il faut produire à bas coût en s'affranchissant des barrières administratives habituelles.

Être opérationnellement très souple (par exemple les Russes changent leurs fréquences toutes les deux semaines).

5. LUTTE CONTRE LES MISSILES DE CROISIÈRE

Comme le montre quotidiennement le conflit en Ukraine, les missiles de croisière constituent une très grande menace sur l'ensemble du théâtre d'opérations, particulièrement quand ils sont utilisés en grand nombre et dans la profondeur.

Nettement plus gros et chers que les drones, ils ont en revanche des charges utiles de 400 à 500 kg dévastatrices. Bien programmé, un missile de croisière est capable (à des distances de l'ordre de 2 000 à 3 000 km) de détruire ou d'effondrer un bâtiment entier, un centre de commandement, une usine ou une installation industrielle, là où les drones font plutôt des destructions partielles (donc réparables) avec des charges utiles de quelques dizaines de kilos.



Figure 10 :
Missile de croisière
russe Kh-101, tiré à
partir de
bombardiers Tu-95
ou Tu-160. Noter les
formes permettant
une furtivité limitée.
© Vslv, CC

5-1 Principales caractéristiques des missiles de croisière subsoniques longues portées

Les missiles de croisière présentent à la fois des forces et des faiblesses dont il faut tenir compte pour organiser leur neutralisation.

Forces

- Petite taille, faible surface équivalente radar (SER).
- Navigation à **très basse altitude** avec systèmes de suivi de terrain, rendant plus difficile la détection et la poursuite par les défenses aériennes, les avions AEW (*Airborne Early Warning*) et les chasseurs.
- Dans un relief modéré, trajectoires dans les vallées permettant le contournement des zones de défense anti-aériennes. En revanche, dans un relief important, les trajectoires en fond de vallée ne sont pas possibles par manque de puissance.
- Possibilité de lancer des **attaques par essais coordonnés** de missiles de croisière pour saturer les défenses aériennes adverses.
- Les longues portées (2 000 à 3 000 km) permettent de **menacer en profondeur** la totalité d'un théâtre d'opérations.
- Pas d'infrastructures coûteuses pour la maintenance et l'entraînement.

Faiblesses

- Une fois détecté, le missile de croisière est **relativement facile à intercepter** par des chasseurs ou des systèmes sol-air en raison de sa vitesse subsonique et de sa capacité manœuvrière limitée.
- Les missiles de croisière sont menacés par les technologies modernes avec les performances croissantes de détection des avions d'alerte électronique.
- Les essais de missiles de croisière sont également menacés par les **capacités multi cibles croissantes** des chasseurs modernes.
- Pas ou peu de systèmes de contre-mesures électroniques embarqués en raison des coûts et de la place limitée.
- Contrairement à l'avion de combat multi-mission, le missile de croisière est consommable et conçu pour une mission unique.
- **Vulnérabilité potentielle des vecteurs lanceurs** (bateaux ou bombardiers) qui doivent donc être attaqués en priorité.
- Niveau technologique global requis de l'industrie (**mais pas toujours disponible**) pour réaliser une navigation précise du missile : navigation inertielle, navigation par satellites, suivi de terrain, mémoire de masse. De même pour la précision de l'attaque finale : reconnaissance préalable par UAV, satellites pour le renseignement, le ciblage et les cartes digitalisées, corrélation d'images, auto directeurs radar et/ou infra-rouge.
- Contrairement aux drones peu coûteux mais de charge utile limitée (dizaines de kilos), les missiles de croisière ont une charge utile importante (centaines de kilos)

et peuvent provoquer des **dégâts considérables**. Mais ils sont **couteux** (plusieurs millions de dollars) et justifient donc l'emploi de missiles sol-air ou air-air eux-mêmes couteux (plusieurs centaines de milliers de dollars, donc rapport environ un à dix) pour les détruire.

5-2 Comment contrer les missiles de croisière subsoniques longues portées

Un missile de croisière est en fait un petit avion automatique avec un réacteur réduit et de faible poussée (consommation faible, taille réduite pour laisser la place au carburant, dans l'optique d'une très longue portée). De ce fait il est très peu manœuvrant, suit des trajectoires en ligne droite à des vitesses inférieures à celles des chasseurs. Comme mentionné ci-dessus, il est donc **relativement facile à intercepter**.

Les missiles les plus modernes (Kh-101) peuvent avoir des caractéristiques (limitées) de furtivité. Il est donc important que les intercepteurs soient eux-mêmes modernes et disposent de **radars à antenne passive (PESA, *Passive Electronically Scanned Array*)** ou **à antenne active (AESA, *Active Electronically Scanned Array*)** performants. Surtout, il est important que le système d'armes ait une **capacité multi cibles**.

La lutte contre les missiles de croisière est donc d'abord une affaire de **défense aérienne classique**, mais avec une organisation efficace et des moyens nombreux particulièrement affûtés (sol-air comme air-air).

La difficulté essentielle réside dans l'attaque par des missiles de croisière **en grand nombre, tous azimuts et en profondeur**. Il est en effet illusoire de penser qu'une attaque type Ukraine contre l'Europe se limiterait aux frontières de l'est. Elle pourrait parfaitement venir de l'Atlantique comme le montre l'annexe n°1 (attaque à basse altitude sur la mer par des Tu-160 tirant chacun un essaim de 12 Kh-101). Même situation en cas d'attaque par des missiles 3M14 Kalibr tirés par des bateaux ou des sous-marins.

Niveau de performance requis pour la défense anti-aérienne

La défense anti-aérienne (sol-air) ukrainienne est constituée en grande partie de systèmes occidentaux qui ont été livrés en urgence et en quantité (malgré tout insuffisante). Les systèmes à moyenne portée et délais de réaction rapide Crotale NG, IRIS-T SLS, NASAM ont le meilleur rapport coût/efficacité contre les missiles de croisière. Les systèmes à longue portée SAMPT/NG, Modernized Patriot sont également efficaces mais nettement plus chers et doivent être réservés à la lutte contre les missiles balistiques.

Cette défense anti-aérienne a atteint un niveau de performance remarquable. À titre d'exemple, citons l'attaque russe (372 vecteurs) dans la nuit du 20 juin 2025 :

- 339 drones (dont 250 Shahed) tirés, 315 abattus, soit 93 % ;
- 18 missiles balistiques tirés, 14 abattus, soit 78 % ;
- 15 Kh-101 tirés, 13 abattus, soit 87 %.

Mais ce niveau baisse lors d'attaques de plus grande ampleur (jusqu'à 1 000 vecteurs) par saturation, nombre de systèmes insuffisant, et surtout manque de missiles sol-air (couteux). Il faut donc envisager pour l'avenir un nombre encore plus grand de systèmes plus récents : VL MICA NG (*Vertical Launch MICA New Generation*), CAMM-MR (*Common Anti-air Modular Missile Medium Range*) et des quantités très significatives de missiles sol-air.



Figure 11 :
Système VL
MICA
© MBDA

Il faut impérativement ajouter l'emploi d'avions de chasse

Le meilleur adversaire des missiles de croisière est alors l'avion de chasse car, à condition d'en faire opérer un nombre suffisant, il peut couvrir par sa souplesse d'emploi tout le territoire à protéger (contrairement aux systèmes sol-air regroupés autour de point choisis).

Les opérations en Ukraine ont montré qu'un F-16AM/BM ou un Mirage 2000-5 pouvait en une seule mission abattre six missiles de croisière. Malgré tout, et même en comptant une performance moyenne de trois missiles par avion, il faut tout de même 10 chasseurs bien placés pour abattre 30 missiles de croisière (exemple de l'attaque du 5 juin 2025). Ces chasseurs doivent être en alerte en vol et remplacés par roulement. Et on peut penser à des attaques allant jusqu'à 100 missiles de croisière. Comme il faut multiplier par trois le nombre d'avions disponibles, on arrive vite à 100 chasseurs consacrés uniquement à cette mission⁶.

Et surtout on est très vite à court de missiles air-air couteux si on n'a pas prévu les stocks et les capacités de production. En France par exemple, avec l'hypothèse (basse) d'attaques de 30 missiles de croisière par jour, un stock de 1 000 MICA (valeur 600 M€)

6 Cette analyse porte sur les missiles de croisière à très longues portées type Kh-55, Kh-555, Kh-101 (tirés par bombardiers) et 3M14 Kalibr (tirés par bateaux ou sous-marins) utilisés par les Russes en Ukraine et similaires au BGM-109 Tomahawk américain. Ils diffèrent des missiles de croisière moyenne portée (de l'ordre de 500 km) comme le SCALP/Storm Shadow et le Taurus qui sont plus rapides et très manœuvrant mais dont les Russes ne disposent pas.

permettrait de tenir un mois... ce stock ne pouvant pas être actuellement reconstitué en un mois⁷.

Leur interception sera beaucoup plus difficile pour les systèmes sol-air. L'emploi des avions de combat devrait en revanche être toujours efficace, avec des méthodes à développer.

Recommandation n°8

Pour contrer les missiles de croisière en grand nombre :

- **disposer d'une défense aérienne intégrée et très dense** avec des systèmes sol-air mais surtout des avions de chasse modernes performants et nombreux ;
- **planifier des opérations se développant tous azimuts et en profondeur ;**
- **augmenter donc très sensiblement les flottes d'avions de chasse.** Attaquer en priorité les **vecteurs lanceurs** (bombardiers, bateaux, sous-marins), ce qui demande une autre partie de la flotte d'avions de combat consacrée à cette mission.

Recommandation n°9

- **Produire et stocker un très grand nombre de missiles air-air**, les stocks actuels étant quasi insignifiants au regard de ce dont il faudrait disposer. Il faut augmenter de façon significative et pérenne les capacités industrielles de production.
Une part importante des accroissements actuels des budgets de défense doit donc être consacrée à ces augmentations significatives.
- **Employer à la fois des missiles courte portée moins couteux** type Magic 2 (10 km) ou AIM-9 pour les interceptions simples **et des missiles moyenne portée plus couteux** type MICA (60 à 80 km, 600 k€) ou AIM-120 pour les situations plus complexes, le multi cible, et l'engagement contre des chasseurs adverses.
- Enfin, il faut surveiller attentivement les développements futurs des missiles de croisière à statoréacteur nucléaire comme les SSC-X-9 Skyfall, certes non encore opérationnels mais qui pourraient rendre cette menace plus difficile à contrer.

7 Le futur des missiles de croisière à basse altitude risque d'être marqué par le développement de **versions supersoniques** développées à partir des missiles antinavires (comme le Brahmos indien ou le P-800 Oniks russe). Actuellement la portée de ces missiles ne dépasse pas quelques centaines de kilomètres, mais elle pourrait significativement augmenter à l'avenir, créant une nouvelle menace.

6. LUTTE CONTRE LES MISSILES BALISTIQUES

6-1 Description générale

Les missiles balistiques sont utilisés en Ukraine aux côtés des autres effecteurs drones et missiles de croisière. Ils sont utilisés principalement pour des frappes dans la profondeur sur des infrastructures énergétiques / critiques et les populations. Contrairement aux missiles de croisières et aux drones, ils ont des taux d'interception très faibles. Les missiles hostiles utilisés sont les missiles aéro-balistiques sol-sol Iskander-M (SS-26) ou air-sol Kinzhal (AS-24). Le nouveau missile MRBM/IRBM Orechnik à têtes multiples (MIRV) a été testé contre des usines d'armement. Les missiles nord-coréens KN21 sont également utilisés massivement. On peut également noter l'utilisation de missiles comme les Tochka (SS-21) ou de systèmes sol-air S300 (SA-10) pour des frappes sol-sol, mais dans ce cas avec des portées plus limitées⁸.

Les missiles balistiques de portée supérieure à 500 km posent des difficultés aux systèmes d'interception sol-air du fait de leur vitesse, mais aussi de leur manœuvrabilité dans l'atmosphère et parfois l'utilisation d'aides à la pénétration. Les défenses actuellement déployées en Ukraine sont principalement des défenses sol-air avec des capacités antibalistiques limitées face aux missiles de portée supérieures à 300 km.

8 Les missiles balistiques tirés par les Russes en Ukraine sont majoritairement des Iskander-M et des Kinzhal. Les calculs de restitution de ces missiles montrent des portées maximales entre 1000 et 1200 km.

On sait que les MAMBA (ancêtres des SAMPT/NG) et Patriot en place en Ukraine réussissent à en abattre un certain nombre, mais on ne sait pas à quelles distances ont été tirés initialement par les Russes ceux qui ont été abattus, sachant que le Mach d'arrivée peut varier considérablement entre M4 et M9 selon la portée et la trajectoire.

On peut cependant raisonnablement penser, vu la configuration du théâtre d'opérations, que les anciens MAMBA et Patriot ont réussi à abattre ces missiles balistiques ayant des portées nettement supérieures à 300 km, et pourraient même atteindre 1 200 à 1 500 km dans le cas de leurs nouvelles versions et avec une désignation externe.

Les attaques iraniennes contre Israël (opération True Promise) ont été réalisées à l'aide de missiles balistiques de moyenne portée (type Fattah, Emad, Gadr, Kheibar Shekan-classe 1 500-2 000 km). Ce sont les seuls missiles qui ont atteint le territoire israélien sans être interceptés par les défenses aériennes lors des différents raids iraniens en particulier du fait de l'éloignement entre les deux pays et de la lenteur des effecteurs aériens.

Les défenses employées contre ces missiles ont été les couches hautes du système antimissile israélien constitués des systèmes Arrow2 (moyen endo) et Arrow3 (exo-atmosphérique). Ces systèmes de défense ont été épaulés par les systèmes de défense américains constitués du système Aegis (embarqué sur des navires – ce qui pose la question du positionnement géographique des défenses, des zones couvertes et de la question de l'engagement sous contrôle US) et ses missiles intercepteurs exo-atmosphériques SM3.

À la suite des attaques iraniennes d'avril et octobre 2024, les États-Unis ont déployé des batteries de THAAD (intercepteur haute altitude pour la défense de théâtre) et plus de 150 de ces missiles auraient été employés lors de la guerre des 12 jours en juin 2025. La défense israélienne n'a pas été totalement hermétique et seulement 10 à 20 % des missiles ont atteint leur but causant des dégâts considérables à des sites militaires, énergétiques et aux immeubles civils. Les victimes sont restées cependant en nombre très limité du fait de l'excellence du système d'alerte israélien laissant le temps de mettre à l'abri les populations.

Il faut considérer que ce genre d'attaque puisse être perpétré contre le territoire européen de la part de la Russie, de ses alliés ou de leurs proxys.

La première étape avant d'envisager l'interception d'un missile balistique est sa détection. Du fait de leur faible temps de vol (~10 min / 1000 km), il faut savoir détecter au plus tôt les missiles pour disposer ensuite d'un maximum de temps pour agir.

Les systèmes possibles sont :

- les radars avec capacité de veille et d'alerte longue portée/à balayage large. Ils offrent une portée suffisante pour donner un préavis suffisant à la défense. La détection des menaces sera limitée par l'horizon Radar et la courbure de la terre ;
- les radars transhorizon type Nostradamus en France. Ils permettent de voir au-delà de l'horizon les objets volant mais reste peu précis et limités à des objets de taille significative ;
- les satellites d'alerte avancés - voir le chapitre 7. Ils détectent dans l'infrarouge depuis l'orbite GEO ou HEO (Molnya) les jets des moteurs des missiles balistiques longue portée, et peuvent aussi mesurer leur vitesse initiale et leur direction, pour permettre le calcul de la zone approximative d'impact. Les plus petits missiles sont difficilement observables du fait de leur plus faible rayonnement et un fonctionnement à basse altitude potentiellement sous une couverture nuageuse.

Dans un deuxième temps, il faudra être en mesure de trajectographier et d'identifier les menaces. Les satellites d'alerte permettent une première mesure des vitesses initiales,

direction et intensité, mais il vaut mieux être plus précis pour permettre d'alerter les seules populations ciblées (et ne pas mettre tout une région/pays sous abris). Un moyen suffisamment précis type radar est nécessaire pour déterminer ensuite la zone d'impact et permettre d'effectuer un passage de main vers un radar de veille complémentaire et de conduite de tir.

Enfin, un intercepteur pourra être engagé si la piste est assez précise, et si le temps restant et les capacités cinématiques de l'intercepteur suffisent pour intercepter la menace.

À ce jour en Europe :

- l'alerte spatiale repose sur le système d'alerte précoce partagé (*shared early warning*) mis à disposition de l'OTAN par les États-Unis. Cette dernière s'est avérée essentielle dans la mise en œuvre des moyens de défense contre des missiles houthis en mer Rouge ou par Israël contre l'Iran ;
- les moyens radars longue portée restent inexistant, sauf le radar britannique Fylingdales au sud-est de l'Angleterre, mais qui est plutôt utilisé par les États-Unis, et peut-être l'OTAN. La France a installé à Hourtin le Démonstrateur de radar très longue portée (DRTL) en expérimentation depuis 2018. Ces expérimentations doivent être transformées en systèmes opérationnels à moindre coût ;
- les anciens systèmes d'interception sont disponibles : PAC2, l'ancien SAMPT, IRIS-T, mais leur efficacité reste très faible, leur consommation limitant leur portée ;
- les nouveaux systèmes PAC3 MSE, SAMPT/NG atteignent en revanche des efficacités adaptées aux attaques russes ;
- les systèmes d'interception exo-atmosphérique existant sont les systèmes Aegis Ashore en Roumanie et Pologne et Aegis Afloat en Méditerranée opérés par les États-Unis, ou les systèmes Arrow3 récemment achetés par les Allemands à Israël. On peut néanmoins s'interroger sur les stocks de munition associés pour faire face à une attaque massive saturante du type de celle engagée par l'Iran sur Israël. Ces moyens offrent enfin une protection limitée selon l'origine de l'attaque (pas de protection 360°) ;
- les systèmes d'interception intermédiaires à haute altitude sont actuellement inexistant (pas de *Terminal High Altitude Area Defence* – THAAD – en Europe). Deux projets du Fonds européen de défense (HYDIS et HYDEF) sont en cours d'étude et devraient permettre d'aboutir à l'horizon 2035 au traitement des menaces hypersoniques Iskander/ Kinzhal et petits MRBM ;
- les moyens C2 restent indépendants les uns des autres et une coordination entre senseurs et effecteurs est à améliorer au sein de l'OTAN (programme AirC2).

Remarque importante

- **Les défenses contre les missiles tactiques moyenne portée** (inférieure à 1 200 ou 1 500 km) peuvent s'appuyer sur des **armes défensives disponibles en Europe**. Le texte précédent donne une première description des solutions pour traiter le problème des courtes et moyennes portées, et l'annexe 1 décrit les moyens européens en beaucoup plus de détails.

- **Les défenses contre les missiles longue portée restent un domaine où l'Europe est inexistante pour l'instant, sans les systèmes achetés aux États-Unis.**

Elles sont traitées dans le paragraphe suivant, en différenciant les attaques nucléaires des attaques conventionnelles.

6-2 Cas des missiles longue portée

Cas d'attaques nucléaires à longue portée

Ce cas est clair après les réflexions du présent rapport : la réponse à cette question se trouve dans les programmes français et britanniques existants qui constituent des moyens de dissuasion crédibles et suffisants.

Cas d'attaques conventionnelles à longue portée

Il n'existe aucun moyen européen d'arrêter l'attaque, sauf la riposte. Exemples de telles représailles :

- **utilisation d'un ASMPA français à longue portée transporté par un chasseur de combat**, puis sans tête nucléaire comme d'habitude, mais avec une bombe lourde et un autoguidage précis capable de viser une cible dont la valeur est au moins égale à celle attaquée par l'ennemi ;
- **utilisation de la même manière** dans quelques années du missile sol-sol **ELSA** (*European Long-range Strike Approach*) de très longue portée, décidé au niveau européen, mais dont le développement n'a pas encore commencé ;
- **toute autre riposte** ayant suffisamment de conséquences politiques, opérationnelles ou coûteuses, ce niveau correspondant au préjudice causé par l'attaque.

7. CONTRIBUTIONS DE L'ESPACE AU BOUCLIER SPATIAL EUROPÉEN

Dans son chapitre 4, le plan « ReArm Europe » prévoit une initiative phare de bouclier spatial européen qui est un sujet complexe et global en soi et qui justifierait une étude séparée. Mais il présente des connexions avec la lutte contre les missiles balistiques qui doivent être prises en compte. Les jalons sont les suivants :

1. **Approbation** par la Commission européenne du bouclier spatial européen en tant qu'initiative phare prioritaire — d'ici fin de 2025.
2. **Priorisation** des actions connexes dans les programmes de travail Espace, IRIS, FED et EDIP dans le cadre d'une approche coordonnée, et collaboration avec les États membres pour les aider à coordonner leurs plans d'acquisitions (SAFE) — à partir de 2026.
3. **Lancement** du bouclier spatial européen — deuxième trimestre 2026.

7-1 De manière générale

L'Europe unie doit pouvoir tirer parti des moyens spatiaux d'observation et de surveillance militaires ou civils déployés par des États ou des entreprises européennes pour obtenir un renseignement de grande qualité et fréquemment mis à jour sur la posture ennemie.

Ceci lui confèrera une capacité notable d'anticipation.

De même les systèmes de télécommunications spatiales sécurisées et les moyens de positionnement et navigation, également bien sécurisés, lui permettront de commander et contrôler des opérations à grande échelle dans un conflit de très haute intensité.

En revanche, il faut relever les deux lacunes majeures rédhibitoires aujourd'hui :

- l'absence européenne de composante spatiale anti-missiles balistiques (alerte avancée et action défensive) ;
- l'absence de toute capacité spatiale apte à détecter et trajectographier les UAV.

Avec l'objectif d'une meilleure protection des États européens contre les menaces hostiles venant de l'Est ou du Sud-Est, les moyens spatiaux pourraient contribuer significativement :

- **en amont**, dans la collecte d'informations fiables sur l'état des forces en présence et la capacité de détection précoce d'indices sur les intentions de l'adversaire (moyens spatiaux d'observation optique et radar, moyens d'écoute électromagnétique) ;
- **en temps réel** par la capacité de moyens spatiaux d'alerte avancée à détecter et identifier les départs de missiles (balistiques ou non) et à caractériser leur trajectoire.
- dans le soutien aux opérations aéroterrestres à travers les services que fournissent les moyens spatiaux : renseignement, télécommunications sécurisées, positionnement/ navigation, surveillance des mouvements des forces adverses ;
- par la mise en œuvre de moyens sol de surveillance de l'espace et de contre-mesures face aux satellites utilisés par la partie adverse ;
- si nécessaire par intervention directe dans l'espace pour brouiller ou neutraliser les moyens d'action de l'adversaire (stationnés dans l'espace ou transitoires).

Passons en revue ces différentes contributions et l'état actuel des capacités en Europe.

7-2 La collecte d'informations

Le renseignement

Mission première des moyens spatiaux militaires, le renseignement s'appuie sur les informations collectées par les satellites d'observation radar tels que **SARah (Allemagne), Cosmo-SkyMed (Italie) et PAZ (Espagne) et d'observation optique tels que CSO (France) ainsi que sur des satellites d'écoute électromagnétique**. Seule la France dispose actuellement de ce dernier type de satellites (CERES) mais il ne fait aucun doute que l'Allemagne va se doter de cette capacité dans le cadre de l'effort financier considérable qui vient d'être annoncé par le ministre fédéral de la Défense (35 G€ d'ici 2030 pour les moyens spatiaux militaires).

L'Union européenne envisage de se doter de satellites d'observation à vocation militaire à travers le programme EOGS (*Earth Observation Government Service*), une extension du programme Copernicus destinée à satisfaire des besoins de défense, mais la décision n'est pas encore acquise et aucun budget n'est disponible avant 2028 pour financer le déploiement d'une telle capacité.

La détection précoce d'indices sur les intentions de la partie adverse

Les satellites d'observation et d'écoute électromagnétique, au-delà de leur mission première de collecte d'informations sur les infrastructures sol et l'état des forces de pays

tiers, sont aussi capables de **collecter des « signaux faibles »** caractéristiques de travaux préparatoires à une opération : concentrations de matériel roulant, activités inhabituelles sur les bases aériennes et au voisinage des lieux de stockage de carburants, etc.. Cette capacité repose sur l'intelligence des interprètes et leur capacité à fusionner des informations de sources diverses.

L'alerte avancée

Au contraire des États-Unis et de la Russie, l'Europe ne dispose actuellement pas de systèmes spatiaux d'alerte avancée capable de détecter le départ de missiles et, pour les missiles balistiques, de caractériser leur trajectoire. Une mission de test technologique a bien été réalisée par la France dans les années 2010 (mission Spirale), semble-t-il avec succès, mais elle n'a pas été suivie du déploiement d'un système opérationnel.

Il convient ici de rappeler que la composante-sol d'un système d'alerte avancée est très importante, puisqu'elle doit impérativement fonctionner en temps réel et sans risque d'interruption 24 h sur 24 et 365 jours par an.

Toutefois, la situation évolue : récemment (le 15 octobre 2025) un accord a été signé entre l'Allemagne et la France pour engager un programme d'alerte avancée nommé « JEWEL » (*Joint Early Warning for a European Lookout*) pour une capacité opérationnelle initiale à l'horizon 2029 dont le segment spatial serait composé de satellites géostationnaires français et allemands partageant leurs données au travers de C2 nationaux et les mettant à disposition de l'OTAN. Le programme « Odin's Eye » financé par le Fonds européen de défense dédié à l'étude d'un système complet en termes de couverture de théâtres et de menaces prend désormais en compte cette capacité initiale. Sous réserve d'en savoir un peu plus sur l'architecture de JEWEL, en particulier sur sa composante-sol, **il y a ici le début de la construction d'une capacité européenne nouvelle** qui devrait pouvoir bénéficier du soutien des nouveaux mécanismes financiers européens. L'élargissement de l'accord JEWEL à d'autres partenaires européens est envisagé.

7-3 Les télécommunications sécurisées

Il s'agit ici d'une capacité bien établie, en particulier au Royaume Uni qui exploite la sixième génération des **satellites Skynet** en orbite géostationnaire et en France avec ses **satellites Syracuse** qui en sont à leur quatrième génération. L'Allemagne, l'Espagne et l'Italie disposent eux aussi de satellites de télécommunications militaires dédiés. Tous ces satellites sont en orbite géostationnaire.

De son côté, l'Union européenne a initié en 2024 le développement d'une constellation de satellites de communications à haut débit et sécurisés en orbite basse, **le programme IRIS², qui devrait être mis en service vers 2030-2031**. Cette nouvelle capacité sera-t-elle suffisante pour satisfaire les besoins en bande passante en croissance très rapides des forces armées ? Ce n'est pas certain et il conviendra de revoir régulièrement l'évolution de ces besoins afin d'anticiper dès 2029-2030 la définition de la génération suivante.

7-4 Les services spatiaux de positionnement / navigation

Les constellations GNSS actuelles (GPS, Galileo, etc.) fournissent un service mondial de positionnement et de synchronisation du temps dont les performances sont correctes mais qui présentent l'inconvénient d'être facilement brouillés car le signal reçu par les récepteurs est de très faible puissance. De surcroît, **les forces armées européennes sont largement dépendantes du signal « Code M » du GPS américain et très peu d'entre elles sont équipées de récepteurs capables de traiter le signal PRS de Galileo, pourtant réputé plus robuste en présence de brouillage.** La priorité est donc en premier lieu d'accélérer le déploiement de récepteurs duaux « Code M/PRS », et ceci d'autant plus que les signaux GPS sont brouillés en permanence dans les régions proches de la Russie. Toutefois, cela ne suffira pas à assurer un service de positionnement par satellite suffisamment robuste et **des solutions à base de constellations en orbite plus basse utilisant d'autres bandes de fréquence sont à l'étude, en particulier à l'ESA.** En parallèle, la mise au point de récepteurs hybrides, combinant le signal GNSS et les autres techniques de navigation (inertielle, par senseurs stellaires, par suivi de terrain, etc.) afin d'améliorer la robustesse du service de positionnement/navigation doit être accélérée.

7-5 La détection en quasi-temps réel des mouvements des forces adverses

Les systèmes spatiaux d'observation européens ont été conçus jusqu'à présent pour la collecte d'informations en amont des crises mais les leçons tirées de la guerre en Ukraine mettent en évidence la nécessité d'augmenter leurs performances (capacité d'observation de type vidéo, répétitivité des prises de vue) et de réduire de manière drastique leur temps de réaction afin de se rapprocher d'une boucle de réaction proche du temps réel. **À cet effet, la mise en place de constellations de microsatellites en orbite très basse, permettant une observation fréquente de type « vidéo » et non plus seulement « photographique » est impérative.** La technologie est d'ores et déjà disponible et devrait pouvoir être testée rapidement par les États européens.

À noter que de tels satellites sont déjà déployés par le NRO (National Reconnaissance Office) américain, et probablement aussi par l'Armée populaire de libération en Chine (constellations Nuwa et Siwa, famille de satellites SAR Gao Feng 3).

7-6 La surveillance de l'espace

Au-delà de la surveillance de l'espace au sens classique du terme, destinée à disposer d'une bonne connaissance de la « situation spatiale » (satellites actifs, et débris de toutes tailles, événements particuliers : collisions, fragmentations, rentrées atmosphériques), un élément nouveau exige de **renforcer considérablement notre capacité de surveiller et de comprendre ce qui se passe dans l'espace.**

En effet, le développement très rapide par la Chine et par la Russie de nouveaux engins spatiaux capables d'effectuer des manœuvres complexes en orbite (et probablement de neutraliser des satellites) montre que **la « guerre dans l'espace » se prépare activement.**

Du côté européen, malgré quelques progrès depuis vingt ans, les États européens sont encore aujourd'hui très dépendants des États-Unis pour assurer une bonne connaissance de la situation spatiale, leurs moyens de surveillance de l'espace étant de performance limitée et mal répartis géographiquement. En outre, ils ne disposent pas encore de systèmes de surveillance basés dans l'espace.

Les investissements récemment consentis par la France via le Commandement de l'Espace (en particulier **la commande récente à Thales du radar « AURORE »** destiné à remplacer le radar GRAVES) vont réduire cette dépendance. Il est très probable que l'Allemagne investira aussi dans des moyens plus performants de surveillance de l'espace.

Au-delà, **le développement d'une réelle capacité opérationnelle de connaissance de la situation spatiale depuis l'espace renforcerait considérablement la posture européenne.** Il s'agit donc là d'un domaine où les investissements supplémentaires ne sont pas nécessairement très importants et où un financement partiel par l'Union européenne est tout à fait envisageable puisque celle-ci a financé la création de « l'EU-SST consortium », qui regroupe les moyens existants au niveau européen.

7-7 Les contremesures envers les satellites déployés par la partie adverse

Une fois assurée la bonne connaissance de la situation spatiale il importe de mettre en œuvre des contremesures adéquates.

Outre une série de mesures passives, par exemple le camouflage des installations sol, il est nécessaire de pouvoir mettre en œuvre des mesures actives.

Le déploiement à la surface de la Terre de **brouilleurs intelligents capables de désorienter les satellites adverses est à envisager.** Une autre mesure consiste à utiliser des moyens **d'éblouissement des capteurs optiques embarqués**, par exemple par des émetteurs laser.

7-8 Les interventions dans l'espace

L'étape suivante est de pouvoir déployer dans l'espace de tels effecteurs. Aujourd'hui seule la France a démarré un programme de ce type, le programme ARES, qui prévoit de déployer des **satellites d'inspection de l'orbite géostationnaire** (Orbit Guard, prévu en 2027), **des satellites guetteurs stationnant auprès des satellites à protéger** (YODA), et **des satellites de surveillance des orbites basses** (Toutatis). Ces satellites ont pour objet premier de dissuader d'éventuelles agressions par des satellites adverses mais possèdent une certaine capacité d'action destinée à les neutraliser.

Il est très probable que l'Allemagne a l'intention de déployer des moyens de ce type : voir « *Weltraumsicherheitsstrategie* » (Stratégie de sécurité spatiale) publié le 17 novembre 2025.

8. LE CONTRÔLE ET LA GESTION TEMPS RÉEL DES OPÉRATIONS : Les différents systèmes de commandement fédérés avec recherche opérationnelle à tous niveaux

L'expérience ukrainienne montre que la défense ne peut plus être pensée par zones étanches ni par systèmes isolés. L'idée initiale d'un « mur anti-drones » a rapidement montré ses limites, car la menace est multidimensionnelle, distribuée et évolutive. Elle a été avantageusement remplacée par le concept large de **European Drone Defence Initiative** (Initiative européenne de défense contre les drones), qui reconnaît la nécessité d'une approche systémique intégrant capteurs, effecteurs, réseaux de données et intelligence artificielle.

Dans ce contexte :

1. **La lutte anti-drones reste importante, mais elle ne peut être dissociée :**
 - **de la défense contre les missiles de croisière**, relevant encore largement de la défense aérienne classique ;
 - **de la défense antimissile balistique (IAMD/BMD)**, beaucoup plus complexe face aux tirs saturants, hypersoniques et/ou manœuvrant (Kinzhal, Iskander) ;
 - **des moyens spatiaux.**
2. En outre, comme nous l'avons déjà signalé, **l'Europe étant toujours fragmentée en nations ayant des cultures de combat et encore beaucoup de moyens différents, doit en tenir compte et pendant encore une longue période organiser ses forces par nation.**

La réponse européenne adaptée doit donc couvrir à la fois :

- **l'ensemble du spectre des menaces et des défenses**, en intégrant aussi bien des systèmes lourds (missiles de type SM-3, Arrow 3 ou alternative européenne à terme, IRIS-T SLM et SAMP/T et ses évolutions haut-endoatmosphérique à terme) que des solutions plus légères, flexibles et économiquement soutenables, y compris sous forme miniaturisée (lutte anti-drones avec des systèmes simples, autonomes et d'un excellent rapport coût-efficacité) ;
- **l'ensemble des cultures, habitudes et moyens de chaque nation.**

Le cœur du problème n'est donc pas exclusivement capacitaire, mais **organisationnel et informationnel**.

Les systèmes de commandement existent, mais fragmentés par nation et les capacités relèvent de commandements différents (OTAN, bilatéral, national) :

- l'ACCS/Air C2 de l'OTAN ne couvre pas pleinement la gestion du BMD ;
- le SCCOA français reste français, même s'il est « inclus » dans l'ACCS ;
- aucun système opérationnel européen intégré n'existe à ce jour au niveau de l'UE.

L'efficacité d'une défense multicouche repose sur :

- **la capacité des différents systèmes de commandement à relier les capteurs, les décideurs et les effecteurs**, en interfaçant :
 - les systèmes européens (SAMP/T, IRIS-T, SLM, ...) ;
 - les systèmes américains largement déployés en Europe (Patriot, Aegis, SM-3) ;
 - et les architectures spécifiques à la lutte multicible en réseaux, nécessitant des systèmes autonomes ;
- **et sur un système de commandement central coordinateur et intégrateur.**

Face à la vitesse des engagements modernes, particulièrement nécessaire dans notre compétition actuelle avec la faible efficacité des opérations russes, **la coordination interzones et la construction du système de commandement central doivent être les plus efficaces possible.**

Cela implique :

- une automatisation accrue des chaînes de décision. La diversité et la complexité des menaces impose une coordination simplifiée par l'automatisation des échanges de données tactiques, réduisant la boucle de décision ;
- des règles d'engagement harmonisées et une doctrine commune de gestion des priorités (menaces, zones à protéger, allocation des effecteurs) ;
- une interopérabilité pragmatique, basée sur une architecture flexible pour permettre aux systèmes hétérogènes de dialoguer sans friction ;
- une architecture de commandement flexible et robuste, s'appuyant sur l'existant des nations et de l'OTAN tout en renforçant la contribution européenne ;
- une exploitation coordonnée des centres de commandement déjà existants (par exemple CDAOA en France, AIRCOM à Ramstein pour l'OTAN) ;
- des entraînements conjoints intensifs (type NRF), notamment sur les engagements longue distance (BVR) et la défense antimissile intégrée.

Enfin de manière complémentaire, et toujours dans le but **d'accélérer le tempo des opérations et de leur préparation** pour encore accentuer l'écart entre notre réactivité et celle de notre adversaire actuel, il est naturel d'encre mieux gérer les outils de recherche opérationnelle qui préparent toutes les tactiques et opérations en fonction des situations, cette fois-ci **par l'intégration des ordinateurs dans cette recherche opérationnelle, ce qui s'appelle l'intelligence artificielle**.

Il s'agit alors d'utiliser efficacement les ordinateurs pour effectuer beaucoup plus rapidement cette recherche opérationnelle, mais surtout avec évidemment **le contrôle étroit des décideurs militaires**, qui jugeraient non seulement les différentes solutions qu'ils proposent, mais les raisons pour lesquelles ils ont fait ces choix.

Recommandation n°10

Proposer un audit des systèmes de commandement européens pour identifier les carences et **développer des systèmes anti-drones** en série, peu coûteux en utilisant une base industrielle large (tests de production annuels).

Recommandation n°11

Développer une interconnexion et une **coordination la plus efficace et la plus simple possible des systèmes de commandement** de défense aérienne élargie en privilégiant l'interopérabilité technique des senseurs, centres de décision, effecteurs.

Recommandation n°12

Développer un système de commandement central en fonction des résultats de l'audit, ainsi que les adaptations des systèmes de commandement nationaux, **en utilisant les outils de recherche opérationnelle**.

Recommandation n°13

Développer rapidement les modules de systèmes de commandement dédiés à la défense contre les drones, simples et avec un rapport coût/efficacité optimal.

La « **coalition des volontaires** » peut apparaître comme un outil pragmatique et flexible pour avancer rapidement. Elle peut être l'occasion de dépasser les blocages institutionnels tout en renforçant l'aptitude des forces européennes **à travailler ensemble dans un cercle** incluant le Royaume-Uni et l'OTAN.

Cette coalition pourrait servir de **laboratoire opérationnel**, notamment en matière :

- d'interopérabilité ;
- de **systèmes de commandement** partagés ;
- de doctrines communes d'emploi ;
- d'établissement des outils de recherche opérationnelle utilisable pour chaque C3I.

Ces projets pourraient être **structurés et développés au sein de l'Agence européenne de défense (AED/EDA)**, en lien étroit avec le Comité militaire de l'UE, la Commission européenne (financements, industrie), et l'OTAN, notamment via le SACT à Norfolk.

L'AED, comme incubateur des projets, peut jouer un rôle dans la définition d'architectures communes, de coordination des programmes d'armement, en lien éventuellement avec **l'Organisation conjointe de coopération en matière d'armement (OCCAr)**, en favorisant l'accélération des cycles de développement, et intégrant les retours d'expérience ukrainiens.

ANNEXE 1

Le bombardier Tupolev Tu-160M2 : missile de croisière russe tirés par vecteurs aériens

Un point clé de la stratégie russe repose sur la capacité globale d'agir à ultra-longue portée, avec des missiles de croisière tirés par vecteurs aériens (ALCM). Une menace typique, est constitué par le bombardier longue portée Tu-160M2.

Le Tupolev Tu-160M2 (nom de code OTAN Blackjack) est un grand bombardier stratégique lourd servant de plateforme pour le tir de missiles de croisière à longue portée. L'appareil est supersonique, à flèche variable, propulsé par quatre turbofans, tout temps, de jour comme de nuit, exploité par la branche de l'Aviation à longue portée (LRA) des Forces aérospatiales russes (RuASF, ou VKS en russe).

Le Tu-160M2 est un très grand avion, également appelé Belyy Lebed (Cygne blanc, en russe) : 54 m de long, 56 à 34 m d'envergure (avec une flèche de 20 à 65 degrés), 10,7 m de hauteur (sans train d'atterrissage), 13,6 m de hauteur au sol, 265 000 kg de poids normal au décollage, 275 000 kg de poids maximal au décollage.

Un bombardier dédié aux missiles de croisière

Le Tu-160M2 est essentiellement une plateforme de missiles de croisière (il n'emporte pas de bombes en chute libre ou guidées). Son emport maximal d'armement est de 45 000 kg, ce qui n'est en fait jamais utilisé puisque la masse de 12 Kh-101/102 (missile de croisière le plus lourd utilisé) est de 28 800 kg.



Figure 12
Le Tu-160 avec les ailes à 65 degrés maximum. Rayon d'action subsonique ultra-long typique du Tu-160M2 à basse altitude avec 2 x 6 missiles de croisière Kh-101 entièrement en interne dans les soutes à armement : 1740 NM / 3230 km)
© Vitaly V. Kuzmin, CC BY-SA 4.0

Les missiles de croisière sont emportés et lancés depuis deux compartiments à armement en tandem de grandes dimensions (11,28 m de long, 1,92 m de large et 2,0 m de profondeur).

Six missiles sont embarqués dans chacune des deux soutes à armement et peuvent être lancés à l'aide d'un lanceur rotatif électrohydraulique de six coups désigné MKU-6-5 (qui signifie Multi-position Ejector Device en russe). Par conséquent, le Tu-160M2 dispose d'une capacité totale de lancement de douze missiles.



Figure 13
Vue vers l'arrière de la soute arrière avec le lance-missiles rotatif

© Ministère de défense russe



Figure 14
Kh-55 sur le lance-missiles rotatif

© Ministère de défense russe

Trois types de missiles de croisière peuvent être utilisés : Kh-55, Kh-555, Kh-101/102.

Un missile de croisière moderne performant, le Kh-101/102

Le Kh-101/102 à ultra-longue portée est le plus moderne des ALCM russes produits par MKB Raduga et largement utilisés par la RuASF en Ukraine.

Deux versions : Kh-101 avec une ogive conventionnelle explosive/fragmentation puissante de 400 à 450 kg, et Kh-102 avec une ogive thermonucléaire de 250 kilotonnes (certaines sources mentionnent 450 kilotonnes).

Le missile a une longueur estimée de 7,45 m. Son poids au lancement est de 2 200 à 2 400 kg. Il possède des ailes et des gouvernes repliables. Les ailes sont repliées sous le fuselage en emport, puis déployées au lancement. Le turboréacteur sort du fuselage du missile au lancement.

Le fuselage avant présente une section transversale quasi-triangulaire qui, combinée à d'autres caractéristiques (comme des matériaux ou des peintures absorbants), **réduit la surface équivalente radar (RCS)**.

Le Kh-101/102 peut être tiré entre 1 000 ft et 36 000 ft, puis descendre à 100 ft. La portée maximale est estimée par le Centre d'études stratégiques et internationales (CSIS) entre 1 350 NM / 2 500 km et 1 500 NM / 2 780 km. Il est important de noter que le missile est supposé être programmable avec un profil de vol variable entre 33 000 ft et 100 ft.

Le missile dispose d'un guidage hybride inertiel/GLONASS mais dispose en plus d'un système *TV Sproot* pour le guidage terminal. Le Cercle d'erreur probable (CEP) est annoncé comme étant de 5 à 6 m.

Le rayon d'action ultra-long à basse altitude du Tu-160 (3230 km) + la portée du Kh-101/102 (2 640 km) = 5 870 km doivent être pris en compte avec une grande attention, car ils apportent la capacité effective de missions non détectées de frappes de missiles de croisière stratégiques.

Armement futur en développement

Un nouveau missile de croisière stratégique, nommé Kh-BD (BD signifie à long rayon en russe), est actuellement en développement par la société Raduga, spécifiquement pour le Tu-160M2 et le futur bombardier PAK-DA.

Le Kh-BD est une version plus longue du Kh-101/102 pour utiliser l'espace disponible dans la soute à armement du Tu-160M2. Il est conçu pour atteindre **une portée 50 % supérieure à celle du Kh-101/102 de base.**



Figure 15 :
Missile de croisière Kh-101 chargé dans la soute à armement d'un Tu-160
© Ministère de défense russe

Figure 16 :
Tu-160 lançant un Kh-101
© Ministère de défense russe





Figure 17 :
Mission possible du
Tu-160 dans les
environs de l'Europe
© ALR

Missions possibles dans l'espace européen

Après avoir calculé avec précision les Tu-160M2 RoAs, il est intéressant d'analyser comment ces capacités pourraient être utilisées par la RuASF pour menacer la France, et plus généralement l'Europe.

Mission possible dans les environs de l'Europe

- La mission à **basse altitude** en temps de guerre avec la configuration 2 x 6 Kh-101 doit être sérieusement envisagée.
- Cette mission est particulièrement préoccupante, car le lancement de 12 missiles de croisière par un Tu-160M2 non détecté (et encore plus par plusieurs Tu-160M2) pourrait être dévastateur.
- Volant à très basse altitude sans aucun avion ravitailleur IFR (In Flight Refueling) pour éviter d'être détecté, le Tu-160M2 pouvait facilement atteindre une position de lancement proche de P2 (1 500 NM / 2 780 km) et revenir. Il pourrait même le faire plus profondément dans l'Atlantique (mais pas trop près de l'Islande). La portée des missiles de croisière est largement suffisante **pour atteindre des cibles au Royaume-Uni** ou, suivant la trajectoire P3 et P4, **en France et même dans le nord de l'Italie et en Espagne**.
- Effectuer cette mission de guerre à basse altitude vers P4 nécessiterait un IFR lors du vol aller (à mi-chemin entre P2 et P1). C'est risqué, et donc moins opérationnel car ce n'est en fait pas nécessaire en raison de la grande portée des missiles de croisière.

Évaluation des performances de la mission Tu-160M2

Les capacités subsoniques ultra-longue portée du Tu-160M2 sont opérationnellement impressionnantes même à basse altitude.

En comparant les RoAs du Tu-160M2 aux distances nécessaires pour le lancement efficace d'un essaim de missiles de croisière à basse altitude contre les nations européennes de l'OTAN, **il est clair que ce système d'armes représente une menace potentielle sérieuse.**

ANNEXE 2

Défense contre les missiles balistiques tactiques (TBM) et les missiles de croisière hypersoniques (HCM) : défense à courte/moyenne portée

Introduction

Pour intercepter des TBM ou HCM (tels que respectivement Iskander ou Kinzhal), le système de défense devra remplir les fonctions suivantes : alerte précoce, acquisition (et reconnaissance), suivi, neutralisation, gestion des opérations (C3I).

Pour ces différentes fonctions, les solutions discutées seront celles qui pourront être mises en service pour certaines d'entre elles en 2030. Par conséquent, les produits et technologies sélectionnés seront soit actuellement disponibles, soit présenteront un certain niveau de maturité.

Alerte précoce

Satellites : l'Œil d'Odin

Le 15 octobre 2025, l'Allemagne et la France ont signé un accord de principe pour le développement conjoint d'une capacité d'alerte précoce pour missiles spatiaux utilisant la détection IR des lancements balistiques ou hypersoniques. Cette capacité s'appelle l'Œil d'Odin.

L'Œil d'Odin comprendra quatre satellites en orbite géostationnaire capables de détecter la signature thermique du système de propulsion d'un missile dès son décollage et de mesurer sa direction et sa vitesse. Deux satellites seront fabriqués en France et les deux autres en Allemagne. Le programme vise à avoir la constellation en place d'ici les années 2030.

Pour disposer d'un système européen d'alerte précoce souverain dès que possible, les deux pays ont lancé, le 24 octobre 2025, les premières étapes du développement de l'Œil d'Odin.

La Commission européenne cofinance l'initiative via le Fonds européen de défense (FED).

Radar au sol

- **Solution souveraine européenne** : aucune sauf les Patriot LTAMDS modernisés de moyenne gamme, et GF300 pour la version française et Kronos Grand Mobile High Power — GMHP pour la variante italienne.

- **Solution britannique** : Radar Fylingdales à longue portée (sud-est du Royaume-Uni). Appartenant/utilisé par les États-Unis.

Acquisition-Suivi-Neutralisation

Les États membres européens disposent de deux types de systèmes GBAD capables d'assurer l'acquisition-suivi-neutralisation des TBM et HCM. Il s'agit du franco-italien SAMP/T NG et du Patriot modernisé américain.

Aperçu

SAMP/T NG

L'industrie européenne maîtrise les fonctions d'acquisition-suivi-neutralisation face aux menaces TBM et HCM grâce au SAMP/T NG, un système anti-balistique GBAD franco-italien à 360° utilisant des intercepteurs ASTR. Il a été commandé par l'Armée de l'air et de l'espace française, les forces terrestres et aériennes italiennes, ainsi que les forces ukrainiennes. Le SAMP/T NG entrera en service au sein de l'Armée de l'air et de l'espace française en 2026.

Il a aussi été sélectionné par l'Armée de l'air danoise.

Patriot modernisé

Pour assurer les fonctions d'acquisition-suivi-neutralisation face aux menaces de missiles de direction et de contrôle de la mer (TBM) et HCM, les États-Unis, avec l'Allemagne et l'Italie, développaient pour l'OTAN le Système de défense aérienne à moyenne extension (MEADS).

Le MEADS disposait d'une couverture radar à 360° et fonctionnait avec des munitions PAC3 MSE.

Le financement était partagé à 58 % des États-Unis, 25 % de l'Allemagne et 17 % de l'Italie, à l'exception du PAC3 MSE qui était 100 % États-Unis.

Après avoir mis fin à leur financement MEADS en 2013, les États-Unis ont décidé de moderniser le Patriot en l'équipant par un radar multifonction entièrement américain à 360°, le LTAMDS (*Lower Tier Air and Missile Defence Sensor*), tandis que le Patriot hérité n'est que de 120° en azimut, et les munitions PAC3 MSE.

Cette norme, souvent appelée « Patriot modernisé », est capable d'assurer des fonctions d'acquisition-suivi-neutralisation face aux menaces TBM et HCM.

Le radar LTAMDS entrera en production initiale à faible taux (LRIP) en 2025 pour être livré à l'armée américaine.

La Pologne est le seul État membre de l'Union européenne à avoir acquis le Modernised Patriot pour des livraisons prévues d'ici 2028.

L'Allemagne et les Pays-Bas ont acquis des munitions PAC3 MSE (pour des livraisons respectives à partir de 2025 et 2026) mais pas encore LTAMDS. En l'absence de contrat et en raison de la priorité accordée à l'armée américaine et à la Pologne en matière de

livraisons de LTAMDS, les capacités complètes d'ATBM et anti-HCM des forces allemandes et néerlandaises ne peuvent être attendues avant le milieu des années 2030.

Missions

SAMP/T NG

Le SAMP/T NG garantit une protection hémisphérique complète des zones critiques (notamment les zones urbaines) et des actifs à forte valeur.

Dans ce cadre, le SAMP/T NG est capable d'engager simultanément des cibles atmosphériques aériennes (y compris la menace hypersonique) et des menaces de missiles balistiques tactiques.

C'est un système entièrement à double capacité : pour accomplir ses missions, le SAMP/T NG, avec le TBM et le HCM, peut neutraliser toute la gamme des menaces aériennes observées dans les frappes russes actuelles contre l'Ukraine. Ces frappes représentent un large éventail de menaces, incluant des chasseurs, des drones, des missiles de croisière et des missiles anti-radar.

Patriot modernisé

Le Patriot modernisé assure les mêmes missions que le SAMP/T NG.

Sous-systèmes clés

SAMP/T NG

Une unité de tir SAMP/T NG est équipée d'un radar multifonction à 360° (MFR) pouvant être GF300 pour la variante française et Kronos Grand, d'un Mobile High Power -GMHP- pour la variante italienne, d'un module d'engagement, jusqu'à six lanceurs verticaux, et des munitions ASTER 30 B1 et ASTER B1NT.

Patriot modernisé

Une unité de tir Patriot modernisée est équipée du radar multifonction LTAMDS (MFR), d'une station de contrôle d'engagement (ECS), de jusqu'à huit lanceurs et de munitions PAC 3 MSE.

Capacités opérationnelles

SAMP/T NG

Le SAMP/T NG peut intercepter un avion à une distance de 150 km depuis son lanceur, tout en étant capable d'intercepter simultanément des TBM de classe 600 km (autonamment) et de classe 1 500 km (avec désignation externe).

La capacité tout-azimut du SAMP/T NG due au MFR à 360° et au lancement vertical des missiles est cruciale dans les scénarios opérationnels actuels où les véhicules planants hypersoniques et les missiles de croisière volant à basse altitude coordonnent leurs attaques contre une cible terrestre stratégique en entrant dans toutes les directions d'azimut. Le SAMP/T NG peut fonctionner dans les trois modes suivants : mode

autonome, intégré dans un réseau national de défense aérienne, et intégré au Système de défense aérienne et antimissile de l'OTAN (NATINAMDS).

Le SAMP/T NG nécessite un nombre très limité de personnel. En effet, pour déployer et exploiter une unité de tir (avec 3 lanceurs), un équipage du SAMP/T se compose de quinze personnes, incluant un chef de section, des opérateurs et du personnel technique. Cette équipe est composée d'un officier, d'au moins cinq sous-officiers, le reste du personnel étant des soldats. De plus, l'équipe de maintenance compte moins de cinq personnes.

Le SAMP/T NG offre une excellente survie grâce à des temps courts d'Encamp ($\leq 20'$) / Decamp ($\leq 15'$). Il répond également aux contraintes exigeantes de mobilité stratégique et tactique, tous les véhicules étant aptes au tout-terrain et transportables par l'A400 M.

Feuille de route pour l'amélioration continue du SAMP/T NG

Le SAMP/T NG est sur une voie d'évolution continue. De nouvelles capacités sont actuellement en cours de développement. Grâce à son architecture ouverte, le SAMP/T NG pourra :

- fonctionner comme un multi-effecteur en se connectant directement aux lanceurs SHORAD du module d'engagement NG SAMP/T (par exemple VL MICA et CAMM ER). Le SAMP/T NG pourra ainsi sélectionner le meilleur effecteur en fonction des conditions opérationnelles et des menaces ;
- effectuer une coordination multi-couches des systèmes C2 MRAD/SHORAD externes avec L16/JREAP-C ;
- intégrer un radar d'alerte tactique UHF au niveau de l'unité de tir fournissant, sans signalement externe, une capacité renforcée contre des missiles de type TBM de classe jusqu'à 1 500 km ;
- effectuer des opérations collaboratives avec des chasseurs dans L16.

Grâce à cette feuille de route, à l'horizon 2030, le SAMP/T NG sera le système européen capable d'intégrer les effecteurs européens dans une chaîne opérationnelle complète anti-ABT/ATBM.

Patriot modernisé

Les capacités d'interception modernisées des Patriot contre les ABT et les TBM ne sont pas divulguées, mais une comparaison entre les technologies de leur MFR et missiles avec celles du SAMP/T NG (cf. Annexes 1 et 2) indique que les capacités d'interception des Patriot modernisés dans les scénarios *One-to-One* devraient être comparables à celles du SAMP/T NG. Cependant, en raison de l'absence de lancement vertical, les résultats du Modernised Patriot dans le cas des attaques *many-on-many* devraient être moins bons que ceux du SAMP/T NG. Les missiles ne sont pas lancés verticalement, la capacité de protection hémisphérique est inférieure à celle atteinte par le SAMP/T NG.

Le Patriot modernisé peut fonctionner intégré au Système de défense aérienne et antimissile de l'OTAN (NATINAMDS) grâce au système intégré de commandement de combat (IBCS), également acquis uniquement par l'armée américaine et la Pologne.

Une unité de pompiers Patriot est très nombreuse. En effet, il faut environ 70 à 90 personnes. Pour déployer et exploiter une unité de tir avec 8 lanceurs, l'équipage se compose de 15 à 20 opérateurs, 20 à 30 employés de lanceur et 30+ personnes pour la maintenance. Le taux d'expansion de l'équipage observé de plus de 3 pour le Patriot par rapport au SAMP/T NG est le même que celui entre F35 et Rafale.

Une unité de feu Patriot est vulnérable à la destruction ennemie en raison de ses temps significatifs d'Encamp (≤ 1 heure) / de Décamp (30'-60'). Ce désavantage a été crucial pendant la guerre en Ukraine, où les forces russes ont réussi à cibler et détruire de nombreux actifs Patriot (radar, poste de commandement ou lanceurs).

- Patriot est moins mobile que le SAMP/T NG. En effet, les sous-systèmes Patriot sont :
- mobiles routiers, au lieu de mobiles tout-terrain dans le cas de la SAMP/T NG ;
 - transportables par avion C-17 Galaxy, pendant que le SAMP/T NG est transportable par l'avion A400 M.

Domaine	ASTER B1NT	PAC3 MSE
Architecture	À deux étages : un propulseur donnant une vitesse Mach 4,5 et des capacités longue portée (> 150 km) à une tête de destruction, appelée « dard terminal »	Un moteur-fusée à propergol solide à un étage, mais à deux impulsions, offrant une vitesse maximale de Mach 5
Sous-système de contrôle de missile	Le dard terminal est d'un très haut niveau d'agilité et de maniabilité, grâce à un système de contrôle couplant le contrôle aérodynamique de la force (PAF) à l'utilisation de propulseurs latéraux (PIF)	Unique système de contrôle aérodynamique de la force, avec de petits propulseurs montés dans la section avant (canard) du missile permettant au missile de changer rapidement son angle d'attaque
Autodirecteur	Radar actif dans la bande Ka	
Cibles	Missiles balistiques tactiques avec ogives séparables Missiles de croisière hypersoniques Avions de combat UAVs Missiles de croisière subsoniques et supersoniques Missiles anti-radar	

Figure 18 : Comparaison globale entre ASTER B1 NT et PAC 3 MSE

Domaine	LTAMDS	SAMPT/NG
Architecture matérielle	Antenne à réseau électronique actif en rotation mécanique.	Couverture à 360° en azimut et 90° en altitude.
Composants électroniques	Modules de transmission-réception en nitrure de gallium : • Bande S pour GF300 • Bande C pour KRONOS GM HP et LTAMDS	Haute puissance permettant une longue portée de détection (> 300 km sur les avions de chasse)
Architecture logicielle	• Formation numérique de faisceau au niveau des modules • Traitement Doppler - Radars définis par logiciel	• Gestion dynamique des ressources avec un temps de réponse très court fournissant simultanément : - détection en recherche - acquisition - suivi de centaines de cibles - évaluation des éliminations NB : dans le SAMP/T NG, ces ressources sont également utilisées pour effectuer la liaison montante des missiles en vol, tandis que dans Modernised Patriot, certains modules supplémentaires en bande X et S sont nécessaires pour cette fonction • Détection de petite section radar dans le clutter sol Adaptation à l'évolution des environnements menaçants et à l'évolution des exigences des missions

Figure 19 : Comparaison entre les radars LTAMDS et les radars SAMP/T NG

ANNEXE 3

Importance relative des capacités à développer

L'importance des capacités à développer est classée dans l'ordre des numéros.

1. Organisation du commandement et de la conduite des opérations :

Cette organisation a largement été démarrée par chacune des nations européennes et surtout par l'OTAN avec l'ACCS par exemple, chacune des nations y ayant coopéré soit directement avec l'OTAN, soit par leur propre système de commandement, intégré ou non dans le système OTAN.

Maintenant, il faut que l'ensemble de ces systèmes nationaux soient parfaitement connectés entre eux et qu'ils intègrent l'intelligence artificielle/recherche opérationnelle avec le système fédérateur.

L'état actuel du système développé par l'OTAN permettra néanmoins un minimum de fonctionnement, adapté au calendrier, et si l'ensemble des forces organisées s'est suffisamment entraîné.

Coûts et temps importants, en fonction du calendrier correspondant.

2. Maintenir la supériorité opérationnelle :

Pour augmenter les capacités européennes de perturber, brouiller, supprimer les moyens hostiles.

Coûts importants à doser en fonction de l'hostile.

3. Alerte avancée avec deux satellites géostationnaires et radars longues et moyennes portées :

Coûts importants : si la France et l'Allemagne ont décidé le JEWEL, il faut faire les développements, il faut aussi décider et développer l'Odin's eye.

4. Lutte anti-drones :

Coûts significatifs de développements nouveaux pour s'adapter en permanence aux nouvelles attaques, et de fabrications nombreuses.

5. Lutte contre les missiles de croisière :

Coûts nécessaires pour augmenter significativement les missiles air-air et les avions de combat correspondants.

6. Lutte contre les missiles balistiques :

- Contre les courtes et moyennes portées : systèmes disponibles, mais :
Coûts significatifs pour augmenter le nombre commandés et produits des systèmes PAC3 et SAMPT-NG.
- Contre les longues portées nucléaires, les dissuasions françaises et britanniques existent.
- Contre les longues portées conventionnelles, rétorsions à décider et doser en fonction de l'attaque de l'hostile. La France et l'Allemagne ont décidé ELSA permettant des rétorsions longues portées.

Coût important de développement si on développe ELSA.

7. Télécommunications spatiales protégées :

De nombreux pays européens utilisent déjà des systèmes opérationnels et en développent même de nouveaux. Il faut interconnecter encore plus efficacement ces systèmes en relation avec les systèmes de commandement et de conduite des opérations du §1.

Coûts classiques d'interconnexion.

8. Interconnexion facile entre les systèmes de navigation américains (GPS) et européen (Galileo)

Coût peu important, nécessitant simplement un interface sol.

ANNEXE 4

Glossaire

ACCS	Air Command and Control System
AED	Agence européenne de défense
AESA	Active Electronically Scanned Array (radars à antenne passive)
AEW	Airborne Early Warning (système de détection et d'alerte aéroporté)
ASMP-A	Missile Air-sol moyenne portée amélioré
C2	Commandement et contrôle
CAMM-MR	Common Anti-air Modular Missile Medium Range (missile antiaérien de moyenne portée)
CASPOA	Centre d'analyse et de simulation pour la préparation aux opérations aériennes
CDAOA	Commandement de défense aérienne et des opérations aériennes
DRTL	Démonstrateur de radar très longue portée
EDDI	European Drone Defence Initiative (initiative européenne pour la défense contre les drones)
EDIP	European Defence Industry Programme (programme pour l'industrie européenne de la défense)
ELSA	European Long-range Strike Approach (approche européenne sur la frappe à longue portée)
ESA	European Space Agency (agence européenne de l'espace)
FED	Fonds européen de défense
FPV	First Person View (piloté à distance)
GBAD	Ground Based Air Defence (défense anti-aérienne terrestre)
GNSS	Global Navigation Satellite System (système de positionnement par satellites)
GPS	Global Positioning System (système de positionnement par satellites)
HCM	Hypersonic Cruise Missiles (missiles de croisière hypersoniques)
HYDEF	HYperersonic DEFence interceptor programme (programme d'intercepteurs de défense hypersonique)
HYDIS	HYperersonic Defence Interceptor System (système d'interception de défense hypersonique)
IRIS ²	Infrastructure de résilience, d'interconnectivité et de sécurité par satellite

ISAC	Integrated Sensing and Communication (détection et communication intégrées)
JEWEL	Joint Early Warning for a European Lookout (programme européen d'alerte avancée)
LEAP	Low-Cost Effectors & Autonomous Platform (plateforme autonome et effecteurs à bas coût)
LTAMDS	Lower Tier Air and Missile Defense Sensor (radar de défense aérienne et antimissile)
MEADS	Medium Extended Air Defense System (système de défense aérienne à moyenne extension)
MICA	Missile d'interception, de combat et d'auto-défense
MRBM	Medium-Range Ballistic Missile (missile balistique à moyenne portée)
NATINADS	NATO Integrated Air Defence System (système de défense aérienne et intégrée de l'OTAN)
NATINAMDS	NATO Integrated Air and Missile Defence System (système de défense aérienne et antimissile intégrée de l'OTAN)
NRF	NATO Reaction Forces
OCCAr	Organisation conjointe de coopération en matière d'armement
OTAN	Organisation du Traité de l'Atlantique Nord
PAC-2/3	Patriot Advanced Capability missiles (missiles Patriot avancés)
PESA	Passive Electronically Scanned Array (radar à antenne active)
RAP	Recognized Air Picture (image aérienne validée par avion)
RUP	Recognized UAV Picture (image aérienne validée par drone)
SAFE	Security for Action For Europe (mécanisme destiné à financer des achats conjoints d'équipements militaires)
SAMPT/NG	Système sol-air moyenne portée/terrestre nouvelle génération
SAP	Single Air Picture (image aérienne unique)
SCCOA	Système de commandement et de conduite des opérations
SST	Space Surveillance and Tracking (système de surveillance et de suivi spatial)
TBM	Tactical Ballistic Missiles (missiles balistiques tactiques)
THAAD	Terminal High Altitude Area Defence (intercepteur haute altitude pour la défense de théâtre)
UAV	Unmanned Aerial Vehicle (aéronef non piloté, drone)
VL MICA NG	Vertical Launch MICA New Generation (Missile d'interception, de combat et d'auto-défense à lancement vertical, nouvelle génération)

ANNEXE 5

Membres du groupe de travail

Président :

Claude Roche

Membres :

Gérard Brachet

Jean-Georges Brévot

Philippe Charruyer

Bertrand de Montluc

Jean-Daniel Testé

Personnalités rencontrées

Aurélien Duchène

Adrien Guérémans

Jean-Paul Paloméros

Patrick de Rousiers

Xavier Tytelman

TOWARDS AN ESSENTIAL EUROPEAN AIR SHIELD

TABLE OF CONTENTS

Foreword	75
Summary	77
The different capabilities needed	78
Organisation of command and control of operations	79
The priorities	80
1. Introduction: an uncertain future, an unbearable situation	81
2. Organisation of armed forces	83
2-1 General reflections on the players.....	83
2-2 General reflection on the organisation of forces	84
2-3 Command and control of forces.....	85
2-4 Preparing capabilities and conducting operations	85
2-5 Armed forces training.....	85
3. Threats and resources	87
3-1 Drones	88
3-2 Cruise missiles	88
3-3 Ballistic missiles.....	88
3-4 A space shield	88
3-5 Command systems and operational research	88
4. Methods of countering the threat: anti-drone systems	89
4-1 Place of anti-drone warfare in the roadmap	89
4-2 Drone detection in Ukraine.....	91
4-3 Drone neutralisation in Ukraine.....	92
4-4 What does Europe already dispose of, and what will it have in the future?.....	94
4-5 Recommendations for combating drones, and the EDDI – two main priorities	98

5. Combating cruise missiles	101
5-1 Main characteristics of long-range subsonic cruise missiles	102
5-2 How to counter long-range subsonic cruise missiles	103
6. Combating ballistic missiles	107
6-1 General description	107
6-2 Long-range missiles	110
7. Space contributions to the European Space Shield	111
7-1 In general	111
7-2 Information gathering	112
7-3 Secure telecommunications	113
7-4 Space-based positioning and navigation services	113
7-5 Near-real-time detection of opposing force movements	114
7-6 Space surveillance	114
7-7 Countermeasures against satellites deployed by the opposing side	115
7-8 Intervention in space	115
8. Real-time control of operations and management	117
APPENDIX 1: The Tu-160M2 bomber: Russia's air launched cruise missile	121
APPENDIX 2: Short/medium range Tactical Ballistic Missile and Hypersonic Cruise Missile defence	125
APPENDIX 3: Relative importance of the capabilities to be developed	131
APPENDIX 4: Glossary	133
APPENDIX 5: Working group members	135

FOREWORD

Following an in-depth study of the experience of the war in Ukraine focusing on the characteristics of the different military cultures and states of forces in Russia and Europe, and drawing on lessons learned from conflicts in the Middle East, the Air and Space Academy (AAE) has drawn up this dossier presenting the outcomes of its deliberations relating to:

- *the organisation of European forces and the strategy to be employed, considering the differences in military culture between Europeans and Russians;*
- *the concrete threats that are emerging;*
- *the means to be deployed in the short and medium term.*

AAE has formulated recommendations for decision-makers in this area. This work is also relevant to other major threats that could emerge in relation to Europe.

Bruno Stoufflet

*President of the
Air and Space Academy (AAE)*

SUMMARY

- 1-** In the event of a future confrontation, the two protagonists (Russia and Europe) would bring different cultures and habits to combat.

Russia is accustomed to the idea that “everything comes from the leaders” and once the leaders have decided on the actions to be taken – with or without an elaborate strategy – the troops attack with no decision-making autonomy at any level. The result is a large-scale deployment of forces and a high death toll.

In contrast, Europe has a strong tradition of delegation at all levels enabling its forces to adapt their tactics, operations and strategies according to the circumstances. Military decisions are made more quickly in Europe.

This cultural difference is also reflected in the organisational methods used to design, develop and manufacture armaments.

European command systems are adapted to such delegation.
- 2-** Even though Russia has more combatants and more powerful weapons, these differences in culture and habits are the main reason why Europe should be able to dominate its adversary.
- 3-** This difference must therefore be accentuated in favour of the European camp. The slow human process of “operational research” should be replaced by closely monitored and controlled computers. This would considerably speed up decision-making at all levels of organisation.
- 4-** In terms of general organisation, however, Europe is at a disadvantage compared to Russia, because of the cultural differences between the various European nations. Work is needed at all levels to integrate the different armies more effectively. This of course has implications for command systems, and NATO has been working on this for a long time.

The different capabilities needed

Information superiority

Information superiority must be maintained by renewing, enhancing and modernising intelligence and battlefield surveillance sensors as well as disrupting those of the adversary through electronic warfare, by jamming communications and satellite positioning systems.

This involves stepping up efforts to identify who or what needs jamming or disrupting, using the appropriate tools and organisation.

Anti-drone defence

There are already a wide variety of drones and anti-drones with different detectors and different means of neutralisation. The current Ukrainian experience is absolutely remarkable: Ukrainian methods are needed to design new, more effective and less expensive weapons, and to considerably increase the volume and efficiency of production.

This is a constantly changing field, and Europe must adapt. Thousands of multi-purpose counter-drone drones must be produced quickly and cheaply.

Cruise missile defence

The first requirement is an effective ground-to-air defence system with the greatest possible density. The Vertical Launch VL-MICA and its European equivalents offer the best cost-effectiveness ratio. The SAMP/T and the Patriot are too expensive for this mission and should be reserved for ballistic missiles. However, this is far from sufficient. Fighter aircraft are clearly the most suited to this mission due to their ability to deal with swarms of cruise missiles.

Europe must produce a large quantity of ground-to-air and air-to-air missiles and increase the number of combat aircraft significantly.

Anti-ballistic missile defence

- **For short and medium range missiles**, the existing SAMPT/NG and the modernized Patriot, along with their radars, are suitable, in terms of both effectiveness and relative cost, in attack/defence duels. **Their production and enhancement should be sped up significantly.**
- **For long-range missiles**: if these are nuclear, the existing French and British programmes constitute credible and sufficient deterrents. In the case of conventional missiles, balanced conventional retaliation can be carried out using cruise or long-range missiles equipped with precise homing beacons.

Ground-to-ground deep strike missiles still need to be developed. A decision has already been taken at the Franco-German level to launch the ELSA programme without delay...

Space combat

Europe is clearly lagging behind the United States, Russia and China. Nevertheless, it has a number of defence capabilities already in use and is studying and developing others that will take a few years to become operational.

- **Space reconnaissance:** Europe already uses observation methods that have existed for many years, such as optical, radar and electromagnetic. However, constellations of multiple satellites should be developed to enable much more frequent observations. These resources should be used for the early detection of threats.
- **Early warning systems** for long- and medium-range missiles are currently only operational in the United States and Russia. Consideration should be given to developing European systems such as JEWEL and Odin's Eye.
- **Secure space telecommunications:** several national military systems have existed in the United Kingdom, France and Italy for several years. The development of the European IRIS² system must be accelerated.
- **Positioning and navigation:** the GPS and Galileo systems are interoperable and specific receivers for the secure GPS/Code M and Galileo/PRS services reserved for "government" use should be more affordable and widespread.
- **Real-time detection** of the movements of opposing forces: the cost-effectiveness of constellations of micro-satellites in very low orbit should be studied.
- **Space surveillance:** progress in space situational awareness is essential. A centralised system based on radars and optical observatories should be explored, although it is likely to be both complex and costly.

Organisation of command and control of operations

We need to move towards:

- distribution of national units according to missions;
- proper co-ordination of this distribution;
- centralised coordination;
- the massive use of decision aids with computer (AI) operational research at every important level.

This is a very complex challenge that requires immediate attention, with the greatest possible consideration given to existing systems: NATO's Air Command and Control System (ACCS) at the central level, along with its national and functional ramifications, as well as each nation's own command system, for instance France's *Système de commandement et de conduite des opérations* (SCCOA).

Within this very broad set of capabilities to be developed, the priorities seem to us to be as follows:

1- Defence capabilities that can be set up very quickly

A first level of command organisation, based on the work already done by NATO.

- Early warning systems, using French and German space observation means.
- Counter-drone systems.
- Anti-cruise missile and anti-ballistic missile defence capacities.

2- Offensive capabilities, which must be developed in advance and will require several years of study before deployment

- Massive development of defensive and offensive electronic warfare capabilities.
- Offensive drones.
- Ground-to-ground ballistic missiles for deep strikes.

3- Complex capabilities that will require a great deal of development work and a long time to become fully operational

- Fully interconnected organisation at all levels, relying heavily on IT tools using artificial intelligence for operational research and decision support.
- Detailed surveillance of space from the ground and from space vehicles, with intervention capabilities gradually being added.

1. INTRODUCTION: AN UNCERTAIN FUTURE, AN UNBEARABLE SITUATION

The Russian Federation's invasion of Ukraine sparked a conflict that has now lasted over four years. This prolonged period has led to a series of successive developments in operations.

In the absence of air superiority and unable to make any real progress along the line of contact, Russia has opted for a strategy of massive, mainly night-time attacks, across the whole of Ukrainian territory, using drones, cruise missiles and ballistic missiles (up to 1,000 per night).

The effectiveness of the Ukrainian air defence system, which is based on substantial Western material support (ground-to-air systems and fighter aircraft) combined with considerable Ukrainian ingenuity, particularly in countering drones, has enabled 80-90% of these to be shot down. But this is still insufficient. The remaining 10-20% cause considerable damage to infrastructure and result in numerous civilian casualties.

This situation of constant, life-threatening insecurity is unbearable and comparable in principle to the air raids of the Second World War.

As well as European decisions that should be taken to support Ukraine more effectively, **the question arises of what Europe should do now, lest it find itself in a similar situation in the future.** Urgent decisions must be made regarding funding and the implementation of appropriate armaments programmes. Overhauling the organisation and speed of execution of these programmes also seems essential.

2. ORGANISATION OF ARMED FORCES

2-1 General reflections on the players

Russia

For many decades now, the Russians, then the Soviets, then the Russians again, have employed a combat method that leaves their troops very little freedom of decision in the field and very little ability to adapt their tactics.

This is undoubtedly due to their culture of rigid obedience to the commander. They wait for their leader's decision. This has led them, from the Battle of Stalingrad to the present day, and with little tactical thinking, to deploy many troops as cannon fodder, who must charge at the enemy at the cost of heavy losses.

They lack an "human-centred operational system" mindset and are likely to retain a certain residual weakness in this respect.

On the other hand, in terms of weapons technology, they demonstrate remarkable engineering prowess in mechanical engineering, propulsion, aerodynamic optimisation and conventional weaponry, but far less so in real-time networks or laser targeting.

Europe

In most of Europe, customs and cultures are often the opposite of those of the Russians:

- forces deployed are smaller but more evenly distributed;
- weapons are more precise and make greater use of electronics, computers and lasers, and Network Centric Warfare is much more highly developed;
- as a result, tactics are much more adaptable, flexible and rapid, thanks to more highly developed principles of delegation.

But Europeans want to be perfect. This can lead to over-specification, long development times, considerable costs, and the multiplication of controls at all levels, which greatly increases lead times and costs.

Current confrontations

In the ongoing fighting, a certain dynamic balance has been established between the Russian and Ukrainian forces. At the same time, both sides are adapting their technologies, rapidly developing or procuring new detection, command and combat systems. New Ukrainian systems of varying degrees of complexity (e.g. real-time designations) are being produced at a much faster rate than the slow-moving European developments, which the Ukrainians already consider obsolete as soon as they are introduced. When we mentioned, during a meeting with French officers familiar with the Ukrainian forces, that Thales was proud of its drone attack rifle released last year, they scoffed, saying that it was already obsolete and cost ten times less in Ukraine than in France.

We are already seeing automatic recognition systems based on noise and triangulation, fusions of radar and eavesdropping data, with the use of artificial intelligence, in this case computer aided operational research.

The cost of Ukrainian systems is not comparable to that of European or Russian systems. For example, a drone jammer costing €25,000 in France can be purchased for just €1,200 in Ukraine.

This will be very important for the effectiveness of a European coalition in the event of a future confrontation between Europe and Russia.

2-2 General reflection on the organisation of forces

The organisation of forces must be adapted to the fact that, for decades to come, their very nature will depend heavily on the different cultures of the various nationalities. During the First World War, for example, the newly formed German Empire organised its army by recruiting regiments from each German state (Land). European states should draw inspiration from this approach.

Recommendation 1

The military staffs of the countries concerned should start thinking now about the military organisation to be put in place, building on what already exists in Europe, and particularly the NATO organisations, to achieve truly effective operational cooperation.

2-3 Command and control of forces

In order to significantly increase operational interoperability, a command and control structure must be developed, building on what exists in each EU country and within NATO in terms of operational research.

Recommendation 2

A structure should be dedicated to the collective development of operational research tools for the relevant European military headquarters, and these countries should prepare to finance and provide the necessary personnel and equipment to support this structure.

2-4 Preparing capabilities and conducting operations

In order to conduct operations effectively in a high-intensity conflict similar to the conflict in Ukraine, but with certain differences, the usual methods will have to be changed, both in terms of conducting operations and of acquiring and developing new systems. If necessary, there will need to be a move towards faster, less costly development and production. This can be achieved by limiting the sophistication of weapons and unnecessary administrative constraints (Ukraine is currently demonstrating this strength and is an example to be followed).

Recommendation 3

To rapidly adapt European methods and systems, inspiration should be taken from the Ukrainians, and also from the Israelis, who detect modifications to be made during operations and sometimes use new equipment and new methods the very next day.

2-5 Armed forces training

The armed forces will need to begin joint training as soon as possible using the agreed operational structure, to conduct a range of exercises and manoeuvres building on existing capabilities, in particular at NATO: the NATO Reaction Forces (NRF), the air operations centre of excellence CASPOA, the NATO centre of excellence already used by the French Air defence and operations command (CDAOA).

In particular, joint training in long-range combat will be essential.

Recommendation 4

The command should organise exercises in a representative way, taking into account the organisation and cultures of European countries.

3. THREATS AND RESOURCES

The European Union has drawn up a “European Rearmament Plan 2030”.

Based on the political priorities set by the European Council, the European Commission presented the **“ReArm Europe / Preparing for 2030”** plan on 19 March 2025.

Following this, and at the request of the European Council, in October 2025 the Commission and the High Representative proposed a comprehensive plan: **“Preserving the Peace – Roadmap for Defence Preparation to 2030”**¹.

The ambitious deadlines set out in the roadmap have, as of the date of publication of this study, either already passed or are about to do so, due to the delays inherent in the European decision-making process. The decision was taken to retain the text of the original publication, as what matters is the plan itself, which is coherent and helps to structure this study.

Chapter 4 of this plan sets out an integrated flagship initiative for a European Air Shield which would cover all air and missile defence and be fully integrated with NATO’s command and control system and doctrine. There are three milestones:

- approval by the European Council of the European Air Shield as a priority flagship initiative by the **end of 2025**;
- launch of the European Air Shield in the **second quarter of 2026**;
- prioritisation of air and missile defence actions in the European Defence Fund (EDF) and European Defence Industrial Programme (EDIP) work programmes by the **end of 2026**.

To prepare for these planned actions, this study aims to analyse the solutions currently being implemented in Ukraine, but also in Gaza, Iran and the India-Pakistan conflict, to identify projects underway worldwide and make proposals in five areas:

1 JOIN/2025/27 final of 16.10.2025

- drones: saturation, dynamic targeting, decoying and stealth;
- cruise missiles: new propulsion systems and stealth;
- ballistic missiles: high-speed vehicles, camouflage, saturation and innovative strategy (Iran);
- attacks on space capabilities (jamming, proximity espionage, anti-satellite activities (ASAT) on Earth and in space);
- command systems.

3-1 Drones

Defence against drones is central to thinking today, with both drone and anti-drone warfare evolving in unpredictable ways. The initial concept of an “anti-drone wall” is far too restrictive, given the global nature of the threat. It has been replaced by the European Drone Defence Initiative (EDDI) discussed below. Understanding what is happening in Ukraine, where new systems are appearing every day, is essential.

3-2 Cruise missiles

Defence against cruise missiles is relatively straightforward to conceptualise because it is essentially a classic problem. It is about air defence, a field for which modern combat aircraft are particularly well suited. However, it is important to remain alert to new developments that could render these missiles more robust.

3-3 Ballistic missiles

Defence against saturating launches of ballistic missiles (see also the events in Israel) is a difficult issue which can only be resolved through significant technological progress in the future.

3-4 A space shield

A space shield has yet to be built, although work has already begun in some countries.

3-5 Command systems and operational research

Finally, we must add something fundamental, without which all these defences will not be able to function: **a common command system with associated operational research computer systems** to control operations and make combat much faster and more effective.

It will take a long time to put this in place effectively, with the operational organisation that goes with it, so studies should be started as soon as possible.

4. METHODS OF COUNTERING THE THREAT: ANTI-DRONE SYSTEMS

4-1 Place of anti-drone warfare in the roadmap

Chapter 4 of the overall plan mentioned in § 3 above provides for EDDI and a flagship surveillance initiative, the Eastern Flank Watch. The milestones are as follows:

1. Approval by the European Council of EDDI and Eastern Flank Watch as priority flagship initiatives - by end of 2025.
2. Launch of EDDI and Eastern Flank Watch - first quarter of 2026.
3. First EDIP calls for enhanced production and joint procurement support. First SAFE pre-financing payments for relevant Flagship projects - first quarter of 2026.
4. First EDDI and Eastern Flank Watch capabilities in place - by end of 2026.
5. EDDI fully operational - by end of 2027.
6. Eastern Flank Watch operational - by end of 2028.

The European Commission began implementing this flagship initiative by publishing its **"Action Plan on Drone and Counter Drone Security"** on 11 February 2026².

The Commission's next steps, as set out in this document, are to launch discussions with Member States, including industry and the European Parliament, on the proposed actions and key priorities. Each Member State is expected to appoint a **"National Coordinator for Drone Security"**.

2 COM(2026) 81 final, Brussels, 11.2.2026

As has already begun, each Member State will be able to develop its solutions either within a national framework or in cooperation with the help of European funds, with the Commission providing coordination and support (through joint calls for projects) which should enable the establishment of a **European network**. It is therefore important for each Member State to appoint a coordinator and prepare quickly for these discussions by identifying its own operational needs and industrial solutions from among current or future possibilities. This document is intended to contribute to these discussions.

The Commission is also planning to set up a “**Counter-Drone Centre of Excellence**”. Research has already begun for this at the Joint Research Centre in Geel (Belgium).

Finally, the Commission should launch a **call for projects** to Member States and industry for the rapid deployment of drone detection via 5G communications networks (ISAC concept, see §4.4).

The massive use of drones (and the corresponding counter measures) is undoubtedly one of the defining features of the conflict in Ukraine. This must be analysed with the utmost attention, as it represents a “game changer” for future conflicts facing Europe, and a threat to which Europe currently has no effective response.

It should be noted that the current thinking focuses on drones that could be used to attack European territories at the border and beyond. This threat is currently represented by Shahed 136 drones (of Iranian origin, which are now being produced in very large quantities by Russia under the name Geran-2).

These **inexpensive drones** are produced in their tens of thousands and are used in their hundreds simultaneously in coordinated attacks deep inside Ukraine, **overwhelming** the air defences. Russia has produced a low-cost version (\$10,000) called the Gerbera, with a range of 700 km, to further increase their numbers.

Their limited explosive charge is nonetheless sufficient for highly effective use against **non-hardened but essential targets**, such as power grids or oil refineries.



Figure 1 :
Shahed 136:
wingspan 2.5 m;
length 3.5 m;
weight 180 kg;
explosive charge
40 kg; range
1,700 km; price
\$20,000.
© Adobe stock

Defence against small drones (or swarms of drones) used in combat by ground troops within 30 km on either side of the line of contact (an area in which it has become almost impossible to survive without camouflage) must also be considered, as these constitute a specific threat.

Sections 4.2 to 4.5 analyse the solutions implemented by Ukraine for heavy drones and drone swarms and make concrete proposals for the rapid implementation of EDDI.

4-2 Drone detection in Ukraine

The Ukrainians have developed a multitude of means, often simple and effective:

- technological innovations in **acoustic sensor detection** such as Zvook, Fenek and tree sensors are highly efficient and can detect and recognise;
- collaborative networking of the **general public's mobile phones** with an application triggered by drone observation transmits position (for triangulation) and sound (for acoustic signature recognised by AI) to a dedicated centre.

These acoustic sensors and the collaborative network are integrated into a system called **Sky Fortress**;

- a network of balloons carry electronic warfare-type sensors and infrared cameras;
- conventional radar sensors are of course used for detection;
- finally, at the highest level, the fusion of sensors into an integrated defence network enables the establishment of a drone aerial situation or RUP (Recognized UAV Picture, by analogy with the RAP or Recognized Air Picture of aircraft): the VIRAJ (or VIRAZH) system from Kyivstar uses Starlink and One Web, and numerous unencrypted public civilian systems (Google Meet) have unsecured analogue connections.

The merger of the RUP with the Ukrainian RAP (not connected to the NATO RAP, but benefiting from certain information) remains a complex problem to resolve, which Europe and NATO will have to deal with for their own systems.



Figure 2 :
Zvook acoustic sensors
© Zvook

4-3 Drone neutralisation in Ukraine

Anti-drone drones

Initially, 90% of the small drones used and modified by the Ukrainians were derived from consumer drones of Chinese origin (such as DJI, the world leader) costing a few hundred euros. Now Ukraine is producing its own drones in huge quantities: 14,000 a day (compared with 700 in France), i.e. 5 million a year!

This production includes FPV (First Person View) drones, which are effective when used in large numbers by combat units close to the line of contact.

Due to the relative effectiveness of ground-to-air guns and the excessive cost of firing missiles (both ground-to-air and air-to-air) priority has been given to a much more cost-effective solution: anti-drone drones with a range of around 25 km; these are currently being produced in very large quantities in a fast-growing market.

The Ukrainian non-profit organisation **Wild Hornets** produces Sting anti-drone FPV³ drones using additive manufacturing, with final trajectory guidance AI being produced by the French start-up Alta Ares using the Pixel Lock algorithm.

The same start-up, **Alta Ares**, is now producing its own NATO-approved X-Wing fast anti-drone drones equipped with AI technology in France. Anti-drone drones equipped with AI have a 70% destruction rate against Shahed-136, Gerbera and Orlan, compared with 40% for those without AI.

Another French start-up, **Harmattan-AI**, produces similar high-speed AI-enabled anti-drone drones, which have also been validated by NATO.

The cost of a fast anti-drone drone varies between \$2,500 (Ukraine) and €20,000 (Europe) to shoot down Shahed-type drones at \$20,000/\$60,000 depending on the version, making it a very cost-effective solution.

Electronic warfare

- **Jamming of all satellite navigation systems** (GNSS) simultaneously (GPS, Galileo, GLONASS, and Beidou) uses either high-powered jammers to protect areas of strategic importance, or individual jammers (backpacks containing one multi-band jammer for every six-person unit).
- **Jamming rifles** (€20,000 to €40,000 in Europe, €1,200 in Ukraine) have a limited range of 1,000 metres and must consider the possibility of the attacking drone parrying the signal by climbing up to recover the GNSS signal.

3 An FPV drone is a drone piloted remotely by an operator using the image from the camera on board the drone projected onto special goggles. These drones can be used for observation, ground attack or to attack other small drones.



Figure 3 :
Launch in
Ukraine of a
Sting anti-
drone drone
from Wild
Hornets
© Wild Hornets

Figure 4 :
Alta Ares
X-Wing anti-
drone drone
© Alta Ares



Figure 5 :
Attack on a
Shahed-type
drone by a
Harmattan-AI
Gobi anti-drone
drone
© Harmattan

However, in response to jamming, there has been an increase in the number of **fibre-optic drones**, with the obvious consequence of defence systems cutting the optical fibres like rotating barbed wire at ground level.

Kinetic attacks

- Although it has a limited range of 1,000 metres, **gunfire** is highly effective against drones when equipped with radar fire control. Ukraine, for example, uses the German/Swiss Gepard 35 mm twin-barrelled anti-aircraft armoured vehicle.
- **Gunfire from combat aircraft** is still possible, but only as a last resort due to the high risk of losing the aircraft when the drone explodes.
- If the interception geometry allows the drone to be caught, **gunfire from combat helicopters** appears to be particularly effective, particularly because of use of the turret.
- The use of **light aircraft** (such as the Yak-52 in Ukraine) with rifle fire is risky if the drone explodes or becomes unstable.
- **One shotgun or pump-action rifle** can be attributed per six-person unit. The Belgian company Herstal is developing a shotgun that fires nets.

4-4 What does Europe already dispose of, and what will it have in the future?

For France, and for Europe in general, counter-drone warfare is an area that had been partially explored before, but which exploded with the conflict in Ukraine, causing panic among military and political leaders. However, the response was swift, with many systems and weapons being studied, often drawing on Ukrainian experience and ingenuity.

Two functions need to be taken into account, leading to developments with corresponding budgets:

First function: the detection, identification and tracking of drones, a new and partially unexplored challenge

One of the difficulties in combating drones is their small size and the fact that they have few metal parts, making radar detection (both ground-to-air and air-to-air) difficult.

One solution, being developed by Thales, is to exploit **weak primary radar signals** (rather than elaborate tracking) and then triangulate them.

Another solution, being developed by Rhode & Schwarz and Ericsson, involves using the transmitters/receivers of **5G telephone relays** as radars to detect, track and identify drones. This function would be achieved by modifying current 5G networks (5G Advanced) for deployment in future 6G networks.

This is the **ISAC concept** (Integrated Sensing and Communication), based on advanced AI technologies:

- multi-use sensors and antennas, capable of operating in both communication and radar modes;
- advanced signal processing and analysis, to extract both radar detection and communication messages.

This concept is particularly well suited to detecting swarms of drones.

Given the level of technology required, the time needed for research and development, full-scale trials, industrialisation and deployment in all 5G relays, as well as the costs involved, this promising solution can only be envisaged in the medium term.

Several systems were rapidly developed and produced for France, combining coordinated radar, infrared, optical and radio frequency detection in a single piece of equipment, as well as jamming:

- the **MILAD** system (CS), comprising ten systems for the French Air and Space Force, four for the Army and four for the Navy;
- its successor, the more mobile **PARADE** system;
- **BASSALT** (Hologard).

These three systems are used both in France on sensitive installations and in overseas operations.



Figure 6 :
MILAD (inter-
army anti-drone
system)
© CS Group

They were brought together to form a single network (which also includes the **Radiant** systems of the Paris Police) which was used in particular to protect the Paris 2024 Olympic Games.

For this event, Thales developed and implemented this particularly effective network, which included SAP (Single Air Picture) and Tactical UAV Situation technologies, enabling the command to make the appropriate decisions: **400 UAVs were detected and 100 neutralised.**

Second function: effectors

A major difficulty in fighting drones with ground-to-air and air-to-air missiles is the cost-effectiveness ratio. For example, firing a €600,000 MICA missile to intercept a \$20,000 Shahed 136 drone is not a sustainable approach in the long term, although it was used out of necessity for Israel's defensive operations in April 2024)⁴.

The effectiveness of anti-drone drones (as presented above in §4.3) seems to have been recognised by European countries. On 20 February 2026, at Poland's initiative, five European countries (Poland, France, Germany, Italy and the United Kingdom, known as the E5 group) announced that they had agreed to "jointly develop and procure low-cost air defence systems".

They therefore launched the "Low-Cost Effectors & Autonomous Platforms" (LEAP) initiative. The initial focus will be on a "lightweight, low-cost", AI-enabled ground-to-air effector designed to counter both drones and missiles. The first project is expected to be completed by 2027. Production and industrialisation will prioritise speed and flexibility, drawing on the Ukrainian experience.

New weapons also need to be developed suitable for use by combat aircraft and helicopters, for instance:

- BAE Systems' anti-drone rockets for combat aircraft: Advanced Precision Kill Weapon System II (APKWS II) based on the Hydra 70 mm rocket with laser, proximity fuse, as well as the Fixed Wing, Air Launched, Counter-Unmanned Aircraft Systems Ordnance software from FALCO;
- FZ123 70 mm laser-guided anti-drone rockets, from Thales Belgium, for combat aircraft and helicopters, deploying a wall of 6,500 steel balls against swarms of drones, with a range of 3 to 4 km;
- Anti-drone laser, such as the HELMA-P from Cilas, coupled with a cannon, with Lidar tracking and optonics for destruction at 1,000 m;
- Fixed or portable electronic warfare-type detection/neutralisation systems, such as Cerbair's Chimera 200 systems;
- Thales RapidEagle anti-small drone drone with net deployment;
- NEROD jamming rifle⁵ from MC2 Technologies.

4 Although it might be argued that the intercepted Shahed drone could cause much more than €600,000 of damage on the ground.

5 The jamming rifle is an example of the cost/efficiency problem in production. This equipment costs at least €20,000 with Western technology, and around €1,200 manufactured in Ukraine, but with lower reliability.

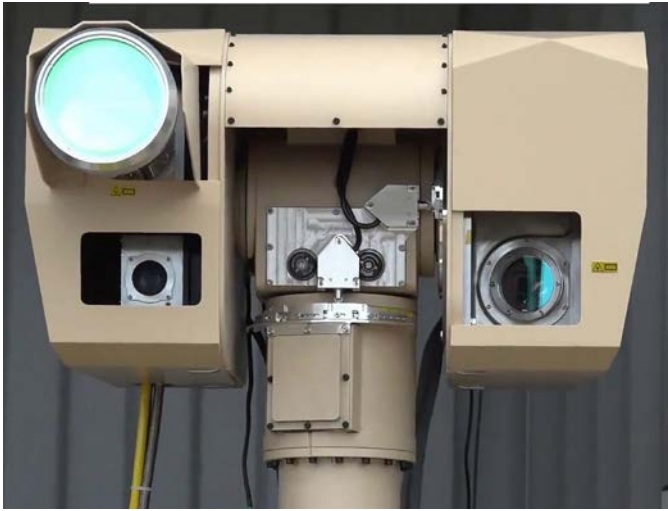


Figure 7 :
HELMA-P
anti-UAV laser
from Cilas
© Cilas

Figure 8 :
Chimera 200 portable drone detection and
neutralisation system
© Cerbair



Figure 9 :
Training with
the NEROD
jammer
© Julien
Fechter/armée
de l'Air et de
l'Espace/
Défense, 2023

4-5 Recommendations for combating drones, and the EDDI – two main priorities

First priority

Recommendation 5

Focus efforts on acoustic detection systems, an area that is particularly effective against drones and where Ukraine is, of necessity, ahead of the rest of the world. It would be a good idea to form partnerships with Ukraine in this area.

Integrate this acoustic detection with other available sensors (radar, infrared, electronic warfare, optical) into a system capable of producing a RUP (Recognized UAV Picture), of which the SAP (Single Air Picture) developed for the Paris Olympics offers a preview (see above). Wherever possible, link this RUP with the RAP (Recognised Air Picture) for air defence purposes. In this regard, the European Commission's document COM (2026) 81 sets out its plans to support the development of sovereign European C2 systems using AI.

This is not about building a wall. On the contrary, sensors and acoustic networks need to be densely installed in depth and in sensitive areas, in high density, and combined with radar, electronic warfare, IR and optical systems, which are necessarily less dense.

Second priority

Recommendation 6

Mass-produce anti-drone drones developed at national and/or European level. At the same time, agree to manufacture Ukrainian-designed UAVs on a large scale under licence (or in cooperation). Licence fees would be funded by sharing production between Ukraine and Europe.

Drones cannot be stockpiled because they quickly become obsolete. **Numerous small production lines are therefore needed** that are normally used to manufacture other products and can be mobilised quickly. Ukraine has around 150 production lines for this purpose (and also to protect against attacks).

To do this, **identify all industrial 3D printing companies of all countries** – this is the concept of the European Defence Technological and Industrial Base or EDTIB – and draw up a contract with each SME or ETI concerned so that, in addition to their normal activity, they maintain a certain drone production capacity, tested regularly through exercises.

Other priorities: organisation

Europe is made up of 27 nations with a 4,000 km coastline to the east. It is illusory to think that these nations will agree to build (let alone finance) a single major system. The same approach must therefore be taken as for NATO's NATINADS air defence system.

Recommendation 7

Build a common C2 anti-drone system into which nations can integrate the equipment they have chosen and funded.

Consider the offensive use of drones on the European side, with the creation of doctrine, concept and procedures in Europe, based on drones and swarms of micro-drones, to gain the upper hand.

In addition to permanent equipment and facilities, be capable of **ramping up very quickly** in the event of conflict. To achieve this, equipment must be produced at low cost, freed from the usual administrative barriers.

Prioritise operational flexibility (for example, the Russians change their frequencies every fortnight).

5. COMBATING CRUISE MISSILES

As the conflict in Ukraine demonstrates on a daily basis, cruise missiles pose a major threat throughout the theatre of operations, particularly when used in large numbers and at great depth.

Significantly larger and more expensive than drones, they carry devastating payloads of 400-500 kg. Properly programmed, a cruise missile can destroy or collapse an entire building, a command centre, a factory or an industrial installation from a distance of 2,000 to 3,000 km, whereas drones tend to cause partial (and therefore repairable) destruction with payloads of a few dozen kilos.

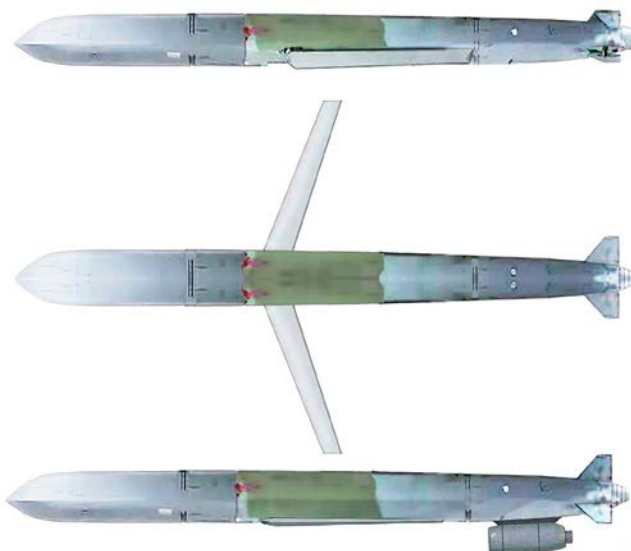


Figure 10 :
Russian Kh-101
cruise missile,
fired from Tu-95
or Tu-160
bombers. Note the
shape allowing
limited stealth.
© Vslv, CC

5-1 Main characteristics of long-range subsonic cruise missiles

Cruise missiles have both strengths and weaknesses that must be taken into account when organising their neutralisation.

Strengths

- Small size, low radar equivalent surface (SER).
- Navigation at **very low altitude** with terrain-following systems, making detection and tracking by air defences, Airborne Early Warning (AEW) aircraft and fighters more difficult.
- In moderate terrain, it is possible to bypass anti-aircraft defence zones by taking trajectories in the valleys. Conversely, in high relief terrain, trajectories at the bottom of the valley are not possible due to a lack of power.
- **Coordinated swarms of cruise missiles** can be launched to overwhelm enemy air defences.
- Long ranges of 2,000 to 3,000 km enable the entire theatre of operations to be **threatened in depth**.
- No costly infrastructure for maintenance and training.

Weaknesses

- Once detected, the cruise missile is **relatively easy to intercept** by fighters or ground-to-air systems due to its subsonic speed and limited manoeuvring capability.
- Cruise missiles are vulnerable to modern technologies due to the increasing detection capabilities of electronic warning aircraft.
- Cruise missile swarms are also vulnerable to the growing **multi-target capabilities** of modern fighters.
- There are no or few on-board electronic countermeasure systems due to cost and limited space.
- Unlike multi-mission combat aircraft, cruise missiles are expendable and designed for a single mission.
- The **potential vulnerability of launch vehicles** (ships or bombers) means that they must be attacked as a priority.
- The overall level of technology required by the industry for precise missile navigation is high **but not always available**: inertial navigation, satellite navigation, terrain tracking and mass memory. The same applies to the accuracy of the final attack which requires prior reconnaissance by drone, satellites for intelligence, targeting and digitised maps, image correlation, radar and/or infra-red auto-steering.
- Unlike drones, which are inexpensive but have a limited payload of tens of kilos, cruise missiles have a large payload (hundreds of kilos) and can cause **consider-**

able damage. However, they are **expensive**, costing several million dollars and therefore justify the use of ground-to-air or air-to-air missiles to destroy them. These missiles themselves expensive cost several hundred thousand dollars, i.e. a ratio of around 1 to 10.

5-2 How to counter long-range subsonic cruise missiles

A cruise missile is in fact a small automatic aircraft with a reduced engine and low thrust. This results in low fuel consumption and a reduced size to make room for fuel, enabling it to have a very long range. Consequently, it has limited manoeuvrability and follows straight trajectories at speeds lower than those of fighter jets. As mentioned above, it is therefore **relatively easy to intercept**.

The most modern missiles (Kh-101) can have (limited) stealth characteristics. It is therefore important that the interceptors themselves are modern and equipped with **high-performance antenna radars**, whether passive (**PESA**, Passive Electronically Scanned Array) or active (**AESA**, Active Electronically Scanned Array). Above all, the weapon system must have **multi-target capability**.

The fight against cruise missiles is therefore first and foremost a matter of **traditional air defence**, requiring effective organisation and a large number of highly specialised ground-to-air and air-to-air resources.

The main difficulty lies in the large-scale, **multi-directional and deep penetrating nature** of cruise missile attacks. It would be a mistake to assume that a Ukraine-type attack on Europe would be limited to the eastern borders. It could perfectly well come from the Atlantic, as shown in Appendix 1 (with a low-level attack by Tu-160s, each firing a swarm of 12 Kh-101s). The same situation would apply in the event of an attack by 3M14 Kalibr missiles fired from ships or submarines.

Level of performance required for air defence

Ukraine's ground-to-air defence system is largely made up of Western systems, which were delivered urgently and in quantity (albeit insufficient to the task). Medium-range systems with rapid reaction times, such as the Crotale NG, IRIS-T SLS and NASAM, offer the best cost/effectiveness ratio against cruise missiles. Long-range systems such as SAMPT/NG and modernized Patriot are also effective but considerably more expensive, and should therefore be reserved for ballistic missile defence.

This anti-aircraft defence system has achieved a remarkable level of performance. For example, consider the Russian attack on the night of 20 June 2025, which involved 372 vectors:

- 339 drones (including 250 Shaheds) were fired and 315 were shot down (93%);
- 18 ballistic missiles were fired, with 14 shot down (78%);
- 15 Kh-101s were fired, with 13 shot down (87%).

However, this level of success decreases during larger-scale attacks involving up to 1,000 vectors, due to saturation, an insufficient number of systems and, above all, a lack of ground-to-air missiles (which are expensive). Therefore, an even greater number of more recent systems should be considered for the future, including the VL MICA NG (Vertical Launch MICA New Generation) and the CAMM-MR (Common Anti-air Modular Missile Medium Range) as well as very significant quantities of surface-to-air missiles.



Figure 11 :
MICA VL
system
© MBDA

The added use of fighter aircraft is essential

Fighter aircraft are the most effective means of countering cruise missiles because, if there are enough of them, they can cover the entire territory to be protected (unlike ground-to-air systems grouped around selected points).

Operations in Ukraine have shown that an F-16AM/BM or a Mirage 2000-5 can shoot down six cruise missiles in a single mission. However, even with an average performance of three missiles per aircraft, it still takes 10 well-placed fighters to shoot down 30 cruise missiles (see the attack on 5 June 2025). These aircraft must be on flight alert and replaced on a rotational basis. One should also consider attacks involving up to 100 cruise missiles. As the number of available aircraft would need to triple, 100 fighters would soon be dedicated solely to this mission⁶.

Furthermore, expensive air-to-air missiles can quickly run out if planning for stocks and production capacity has not been adequate. In France, for example, on the (modest) assumption of attacks by 30 cruise missiles a day, a stock of 1,000 MICAs (worth

6 This analysis focuses on the Kh-55, Kh-555, Kh-101 (fired by bombers) and 3M14 Kalibr (fired by ships or submarines) very long-range cruise missiles used by the Russians in Ukraine and similar to the American BGM-109 Tomahawk. They differ from medium-range cruise missiles (of the order of 500 km) such as the SCALP/Storm Shadow and the Taurus, which are faster and highly manoeuvrable but which the Russians do not have.

€600 million) would last a month. However, this stock that cannot currently be replenished in a month⁷.

Ground-to-air systems will find interception much more difficult. The use of combat aircraft, on the other hand, should always be effective, and methods should be developed for this purpose.

Recommendation 8

In order to counter cruise missiles in large numbers, it is vital to:

- build up an integrated, highly dense air defence system with ground-to-air systems and, above all, many high-performance modern fighter aircraft;
- plan operations in all directions and in depth;
- significantly increase fighter aircraft fleets. Prioritise attacking launchers (bombers, ships, submarines), for which another part of the fighter aircraft fleet must be dedicated.

Recommendation 9

- Produce and stockpile many air-to-air missiles, as current stocks are largely insufficient. Significant and sustainable increases in industrial production capacity are required.

A significant proportion of the increase in defence budgets must therefore be devoted to this.

- Use less expensive, short-range missiles such as the Magic 2 (10 km) or AIM-9 for simple interception, with more expensive medium-range missiles such as MICA (60-80 km, €600k) or AIM-120 being kept for more complex situations, multi-targeting and engagement against opposing fighters.
- Finally, closely monitor future developments in nuclear ramjet cruise missiles such as the SSC-X-9 Skyfall. Although these missiles are not yet operational, they could make this threat more difficult to counter.

7 The future of low-altitude cruise missiles is likely to be marked by the development of supersonic versions based on anti-ship missiles (such as the Indian Brahmos or the Russian P-800 Oniks). At present, the range of these missiles does not exceed a few hundred kilometres, but it could increase significantly in the future, creating a new threat.

6. COMBATING BALLISTIC MISSILES

6-1 General description

In Ukraine, ballistic missiles are used alongside other drone effectors and cruise missiles. They are mainly used for deep strikes on energy/critical infrastructure, as well as against populations. Unlike cruise missiles and drones, however, they have a very low interception rate. The hostile missiles used are the ground-to-ground Iskander-M (SS-26) or air-to-ground Kinzhal (AS-24) ballistic missiles. The new MRBM/IRBM Orechnik Multiple Independently targetable Re-entry Vehicle (MIRV) missile has been tested against arms factories. North Korean KN21 missiles are also used extensively. Ground-to-ground strikes are also carried out using missiles such as the Tochka (SS-21) and S300 (SA-10) ground-to-air systems, but with more limited ranges⁸.

Ballistic missiles with ranges more than 500 km present challenges for ground-to-air interception systems because of their speed and manoeuvrability in the atmosphere, as well as the potential use of penetration aids. The defences currently deployed in Ukraine are mainly ground-to-air defences with limited anti-ballistic capabilities against missiles with ranges in excess of 300 km.

Iran's attacks on Israel (Operation True Promise) involved the use of medium-range ballistic missiles (Fattah, Emad, Gadr, Kheibar Shekan, with a range of 1,500-

8 The ballistic missiles fired by the Russians in Ukraine are mainly Iskander-Ms and Kinzhals. Calculations of the restitution of these missiles show maximum ranges of between 1,000 and 1,200 km. It is known that the MAMBAs (ancestors of the SAMPT/NGs) and Patriots in place in Ukraine succeeded in shooting down a certain number of these missiles, but it is not known at what distances the Russians initially fired those that were shot down, bearing in mind that the arrival Mach can vary considerably between M4 and M9 depending on the range and trajectory. However, given the configuration of the theatre of operations, it is reasonable to assume that the old MAMBA and Patriot missiles succeeded in shooting down these ballistic missiles, which have ranges well in excess of 300 km, and could even reach 1,200 to 1,500 km in the case of their new versions and with an external designation.

2,000 km). These are the only missiles to have reached Israeli territory without being intercepted by the air defences during the various Iranian raids, primarily due to the distance between the two countries and the slowness of the air effectors.

The defences used against these missiles were the upper layers of the Israeli anti-missile system, consisting of the medium-endo Arrow-2 and exo-atmospheric Arrow-3 systems. These defence systems were backed up by American defence systems consisting of the Aegis system (embarked on ships - which raises questions about the geographical positioning of the defences, the areas covered and the question of engagement under US control) and its SM3 exo-atmospheric interceptor missiles.

Following Iranian attacks in April and October 2024, the United States deployed THAAD (Terminal High Altitude Area Defence) batteries, with more than 150 of these missiles being used in the 12-Day War in June 2025. Although Israel's defences were not completely impenetrable, only 10-20% of the missiles reached their targets, causing considerable damage to military and energy sites, as well as civilian buildings. However, the number of victims was very low thanks to the excellent Israeli warning system, which gave people time to take shelter.

This type of attack could potentially be carried out against European territory by Russia, its allies or their proxies.

The first step in intercepting a ballistic missile is to detect it. Because of their short flight time of around 10 minutes per 1000 km, it is crucial to detect missiles as early as possible to allow for maximum response time.

Possible systems include:

- radars with long-range/wide-swath surveillance and warning capabilities, which offer sufficient range to give the defence sufficient advance warning. However, threat detection will be limited by the radar horizon and the curvature of the Earth;
- Nostradamus-type over-the-horizon radars in France. These allow flying objects to be seen beyond the horizon, but they are not very accurate and are limited to objects of significant size;
- advanced warning satellites - see Chapter 7. These detect the infrared emissions from long-range ballistic missile engines in GEO or HEO (Molnya) orbit, and can also measure their initial speed and direction, enabling the approximate impact zone to be calculated. Smaller missiles are difficult to observe because of their weaker radiation and low-altitude operation, potentially under cloud cover.

Secondly, it is important to be able to track and identify threats. Although warning satellites can provide an initial measure of speed, direction and intensity, it is better to be more precise in order to warn only the targeted populations (and avoid putting an entire region or country under shelter). Accurate radar equipment is needed to determine the impact zone and to enable a handover to a complementary surveillance and fire control radars.

Finally, if the track is precise enough, and the time remaining and the kinematic capabilities of the interceptor are sufficient, an interceptor can be engaged to intercept the threat.

To date, in Europe:

- space-based warning systems rely on the shared early warning system made available to NATO by the United States. This has proved essential for the deployment of defences against Houthi missiles in the Red Sea and for Israel's defences against Iran;
- long-range radar resources are still non-existent, except for the British Fylingdales radar in south-east England, which is used by the United States and potentially NATO. France has installed the DRTLTP very long-range radar demonstrator at Hourtin, which has been undergoing trials since 2018. These experiments need to be transformed into operational systems at a lower cost;
- the old interception systems are available – PAC2, the old SAMPT and IRIS-T – but their effectiveness remains low due to their high consumption, which limits their range;
- the new PAC3 MSE and SAMPT/NG systems, on the other hand, are more effective against Russian attacks;
- existing exo-atmospheric interception systems include Aegis Ashore in Romania and Poland and Aegis Afloat in the Mediterranean, operated by the United States, and the Arrow-3 systems recently purchased by the Germans from Israel. However, questions remain about whether the associated ammunition stockpiles would be sufficient to cope with a massive saturation attack of the type launched by Iran against Israel. Finally, these systems offer limited protection depending on the origin of the attack (no 360° protection);
- intermediate high-altitude interception systems are currently non-existent (there is no THAAD system in Europe). Two European Defence Fund (EDF) projects (HYDIS and HYDEF) are currently under study and should enable Europe to deal with Iskander/Kinzhal hypersonic threats and small MRBMs by 2035.
- C2 resources remain independent of each other and coordination between sensors and effectors within NATO needs to be improved (Air C2 programme).

Important note:

- **Defences against short medium-range tactical missiles**, and also medium range ones but with a range of less than 1,200 or 1,500 km if they are cued by other longer range radars) **can be based on defensive weapons available in Europe**. The preceding text provides an initial overview of potential solutions to the issue of short- and medium-range missiles, while Appendix 1 offers a more detailed analysis of European resources.
- **Defences against long-range missiles are currently non-existent in Europe**, without systems purchased from the United States.

These are dealt with in the following paragraph, which differentiates between nuclear and conventional attacks.

6-2 Long-range missiles

Case of long-range nuclear attacks

The answer to the question of long-range nuclear attacks lies in the existing French and British programmes, which constitute credible and sufficient means of deterrence.

Case of long-range conventional attacks

There is no European means of stopping a long-range conventional attack, other than retaliation. A future development could be envisaged with significant budget and time.

Examples of reprisals include:

- **use of a French long-range ASMPA carried by a combat fighter**, without the usual nuclear warhead, but equipped instead with a heavy bomb and a precise seeker capable of aiming at a target of at least equal value to that attacked by the enemy, after having of course warned them;
- **use of the ELSA (European Long-range Strike Approach) very long-range ground-to-ground missile** in the same way in a few years' time. This missile has been decided at European level but is not yet under development;
- **any other response** with sufficient political, operational or costly consequences, corresponding to the damage caused by the attack.

7. SPACE CONTRIBUTIONS TO THE EUROPEAN SPACE SHIELD

Chapter 4 of the “ReArm Europe” plan provides for a flagship European Space Shield initiative, a complex and global subject in itself which would warrant a separate study. But there are connections with the fight against ballistic missiles that need to be taken into account. The milestones are as follows:

1. **Approval** by the European Commission of the European Space Shield as a flagship priority initiative: by the end of 2025.
2. **Prioritisation** of related actions in the Space, IRIS, EDF and EDIP work programmes as part of a coordinated approach, helping Member States coordinate their procurement plans (SAFE): from 2026 onwards.
3. **Launch** of the European Space Shield: second quarter of 2026.

7-1 In general

In order to obtain high-quality and frequently updated intelligence on enemy posture, a united Europe must be able to take advantage of military or civilian observation and surveillance space assets deployed by European states or companies.

This would give it a significant anticipatory capacity.

Similarly, secure space telecommunications systems and highly secure positioning and navigation resources will enable it to command-and-control large-scale operations in a very high-intensity conflict.

However, two major shortcomings cannot be overcome today:

- Europe's lack of a space-based component for early warning and defensive action against ballistic & cruise missiles;
- the absence of any space-based capability to detect and track drones.

In order to better protect European states against hostile threats from the east or south-east, space-based resources could make a significant contribution:

- **upstream**, to collect reliable information on the state of the forces present and detect early signs of the adversary's intentions (e.g. optical and radar observation space assets, electromagnetic listening devices);
- **in real time**, through their early warning systems to detect and identify missile launches (ballistic or otherwise) and characterise their trajectory.
- in support of air-land operations through the provision of intelligence, secure telecommunications, positioning/navigation, surveillance of movements of opposing forces, etc;
- by deploying ground-based space surveillance and countermeasures against satellites used by the opposing side;
- if necessary, by direct intervention in space to jam or neutralise the adversary's means of action (stationed in space or transitory).

Let us review these various contributions and the current state of capabilities in Europe.

7-2 Information gathering

Intelligence

The primary mission of military space assets is information gathering, based on information collected by radar observation satellites such as **SARah (Germany)**, **Cosmo-SkyMed (Italy)** and **PAZ (Spain)**, as well as **optical observation satellites such as CSO (France)** and **electromagnetic listening satellites**. Currently, only France has this last type of satellite (CERES), but Germany is set to acquire this capability as part of the substantial financial investment recently announced by the Federal Minister of Defence, with €35 billion earmarked for military space assets by 2030.

The European Union is considering acquiring military observation satellites through the EOGS (Earth Observation Government Service) programme – an extension of the Copernicus programme designed to meet defence needs – but no decision has yet been made and no budget will be available before 2028 to finance the deployment of such a capability.

Early detection of the intentions of the enemy

In addition to their primary mission of collecting information on ground infrastructures and the state of forces in third countries, electromagnetic observation and listening satellites can also **collect “weak signals”** that are characteristic of preparatory work for an operation, such as concentrations of rolling stock, unusual activities at air bases and in the vicinity of fuel storage sites, etc. This capability relies on the interpreters' intelligence and their ability to combine information from different sources.

Early warning

Unlike the United States and Russia, Europe currently lacks space-based early warning systems capable of detecting missile launches and, in the case of ballistic missiles, determining their trajectory. A technological test mission was carried out by France in the 2010s (Spirale mission), apparently successfully, but this was not followed by deployment of an operational system.

It is important to remember that the ground component of an early warning system is very important, since it must operate in real time and without risk of interruption 24 hours a day, 365 days a year.

However, the situation is evolving: recently, on 15 October 2025, an agreement was signed between Germany and France to launch the “JEWEL” (Joint Early Warning for a European Lookout) programme with the aim of achieving initial operational capability by 2029. The space segment of this programme would be made up of French and German geostationary satellites which would share their data via national C2s and make it available to NATO. The ‘Odin’s Eye’ programme, financed by the European Defence Fund and dedicated to the study of a complete system in terms of theatre and threat coverage, now takes this initial capability into account. Although much remains to be known about the architecture of JEWEL, in particular its ground component, **this marks the beginning of the construction of a new European capability** that could benefit from the support of the new European financial mechanisms. The JEWEL agreement is expected to be extended to other European partners.

7-3 Secure telecommunications

This is a well-established capability, particularly in the UK, which operates the sixth generation of **Skynet satellites** in geostationary orbit, and in France, with **its Syracuse satellites**, now in their fourth generation. Germany, Spain and Italy also have their own dedicated military telecommunications satellites. All of these satellites are in geostationary orbit.

In 2024, the European Union initiated the development of **the IRIS² programme, a constellation of high-speed, secure communications satellites in low orbit, which should come into service around 2030-2031**. Will this new capacity be sufficient to meet the rapidly growing bandwidth requirements of the armed forces? This is uncertain, and the evolution of these requirements will need to be regularly reviewed in order to anticipate the definition of the next generation from 2029-2030.

7-4 Space-based positioning and navigation services

Current GNSS constellations (GPS, Galileo, etc.) provide a reliable global positioning and time synchronisation service but which is susceptible to jamming because the

signal received by the receivers is very low-powered. **Furthermore, Europe's armed forces depend heavily on the American "Code M" GPS signal, and few of them have receivers that can process Galileo's PRS signal, which is said to be more resistant to jamming.** The first priority is therefore to speed up the deployment of dual Code M/PRS receivers, particularly given that GPS signals are permanently jammed in regions close to Russia. However, this alone will not ensure a sufficiently robust satellite positioning service, and **solutions based on lower orbit constellations using other frequency bands are being studied, particularly by ESA.** At the same time, the development of hybrid receivers that combine the GNSS signals with other navigation techniques (e.g. inertial, star sensors and terrain tracking) to improve the robustness of positioning and navigation services must be accelerated.

7-5 Near-real-time detection of opposing force movements

European space-based observation systems have traditionally been designed to gather information ahead of crises, but the war in Ukraine has highlighted the need to improve their performance (via video-type observation capacity, repeatability of shots) and drastically reduce their reaction time in order to move closer to a near real-time reaction loop. **To achieve this, constellations of microsatellites in very low orbit must be set up to enable frequent video observation rather than photographic observation alone.** This technology is already available and can be rapidly tested by the European states.

It should be noted that such satellites are already in use by the US NRO (National Reconnaissance Office), and probably also by the Chinese People's Liberation Army (Nuwa and Siwa constellations, Gaofen-3 family of SAR satellites).

7-6 Space surveillance

In addition to space surveillance in the traditional sense of the term, designed to provide an accurate picture of the "space situation" (i.e. active satellites and debris of all sizes, and specific events such as collisions, fragmentations and atmospheric re-entry), a new element **requires Europe to considerably strengthen its capacity to monitor and understand what is happening in space.**

China and Russia's very rapid development of new spacecraft capable of performing complex manoeuvres in orbit (and probably neutralising satellites) suggests that **"war in space" is being actively prepared.**

Despite some progress over the last twenty years, European states are still very dependent on the United States for a comprehensive understanding of the space situation, as their radar space surveillance resources are limited in performance and the optical ones are poorly distributed geographically. Furthermore, they do not yet have space-based surveillance systems.

However, investments recently made by France via the Space Command, in particular the recent order to Thales for the “AURORE” radar to replace the GRAVES radar, will reduce this dependence. Germany is also likely to invest in more effective space surveillance resources.

Beyond that, **developing a real operational capability for space situational awareness would considerably strengthen European’s position**. This is therefore an area where additional investment needs are not necessarily very high and where partial funding by the European Union is entirely feasible, given that it has already funded the creation of the EU-SST consortium, which brings together existing resources at European level.

7-7 Countermeasures against satellites deployed by the opposing side

Once an adequate understanding of the space situation has been achieved, it is crucial to implement the appropriate countermeasures.

As well as a series of passive measures, such as camouflaging ground installations, active measures must also be implemented.

One option to consider is the deployment on the Earth’s surface of **intelligent jammers capable of disorientating opposing satellites**. Another measure would be to **dazzle on-board optical sensors** using laser transmitters, for example.

Others will be possible and are already being tested but still need development.

7-8 Intervention in space

The next step is to be able to deploy such effectors in space. To date, only France has launched a programme of this type, the ARES programme. This plans to deploy **geo-stationary orbit inspection satellites** (Orbit Guard, scheduled for launch in 2027), **lookout satellites stationed near the satellites to be protected** (YODA), and **low-Earth orbit surveillance satellites** (Toutatis). While the primary purpose of these satellites is to deter attacks by enemy satellites, they also have a certain capacity to neutralise them.

Germany is highly likely to deploy resources of this type: see for instance its “Weltraumsicherheitsstrategie” (Space security strategy) published on 17 November 2025.

8. REAL-TIME CONTROL OF OPERATIONS AND MANAGEMENT:

Federated command systems with operational research at all levels

The Ukrainian experience shows that defence can no longer be considered in terms of watertight zones or isolated systems. The concept of an “anti-drone wall” was quickly found to be limited, as the threat is multidimensional, distributed and evolving. It has been replaced by the more comprehensive **European Drone Defence Initiative**, which recognises the need for an integrated systems approach incorporating sensors, effectors, data networks and artificial intelligence.

In this context:

1. **Anti-drone defence remains important, but cannot be dissociated from:**
 - **defence against cruise missiles**, which is still largely the responsibility of conventional air defence;
 - **ballistic missile defence** (IAMD/BMD), which is much more complex in the face of saturating, hypersonic and/or manoeuvring fire (Kinzhal, Iskander).
 - **space-based resources**.
2. As already pointed out, **Europe remains fragmented into nations with different combat cultures and resources; consequently, it must organise its forces by nation for the foreseeable future.**

The appropriate European response must therefore cover both:

- **the whole spectrum of threats and defences**, incorporating heavy systems such as SM-3, Arrow-3 missiles as well as the coming European alternatives, IRIS-T SLM and SAMP/T and their high endo-atmospheric evolutions in the long term alongside lighter, flexible and economically sustainable solutions, including miniaturised anti-drone warfare systems that are simple, autonomous and extremely cost-effective;
- **all the cultures, habits and resources of each nation.**

The core of the problem, therefore, lies not just in capabilities, but also **in organisation and information.**

Command systems do exist, but they are fragmented by nation, and their capabilities fall under different commands (NATO, bilateral and national):

- NATO's ACCS/Air C2 does not fully cover MDB management;
- the SCCOA remains French, even if it is "included" in the ACCS;
- there is currently no integrated European operational system at EU level.

The effectiveness of a multi-layered defence system depends on:

- **the ability of the various command systems to link sensors, decision-makers and effectors, by interfacing:**
 - European systems (SAMP/T, IRIS-T, SLM, etc.);
 - American systems widely deployed in Europe (Patriot, Aegis, SM-3);
 - specific architectures for networked multi-target warfare, requiring autonomous systems;
- **a central command system to coordinate and integrate.**

Given the speed of modern operations, and the low efficacy of Russian operations, **it is particularly necessary for inter-zone coordination to be as efficient as possible, with the construction of a robust central command system.** This means:

- increased automation of decision-making chains. The diversity and complexity of threats require coordination to be simplified by automating the exchange of tactical data, thereby reducing the decision-making loop;
- harmonised rules of engagement and a common doctrine for managing priorities (threats, areas to be protected and allocation of effectives);
- pragmatic interoperability, based on a flexible architecture to enable heterogeneous systems to interact without friction;
- a flexible and robust command architecture, based on existing national and NATO systems, while strengthening the European contribution;
- coordinated use of existing command centres (e.g. SADC in France, AIRCOM in Ramstein for NATO);
- intensive joint training (NRF type), particularly on long-range engagements (BVR) and integrated missile defence.

Finally, and still with the aim of **accelerating the tempo of operations and their preparation** and further increasing the gap between Europe's reactivity and that of its current adversary, it is only natural to manage even better the operational research tools that prepare all the tactics and operations according to the situation, this time **by integrating computers into this operational research, in the form of artificial intelligence**.

This involves using computers effectively to carry out operational research much more quickly, while remaining **under the close control of military decision-makers**, who will not only judge the different solutions proposed, but also the reasons behind these choices.

Recommendation 10

Propose an audit of European command systems to identify shortcomings, and develop mass-produced, low-cost anti-drone systems using a broad industrial base with annual production testing.

Recommendation 11

Develop the most effective, simplest interconnection and coordination of extended air defence command systems, giving priority to the technical interoperability of sensors, decision centres and effectors.

Recommendation 12

Use operational research tools to develop a central command system based on the results of the audit and by adapting national command systems.

Recommendation 13

Rapidly develop simple, cost-effective command system modules dedicated to defence against drones.

The **“coalition of the willing”** could be a pragmatic, flexible means of making rapid progress. It could provide an opportunity to overcome institutional blockages and **strengthen the ability of European forces to work together**, also collaborating with the UK and NATO.

This coalition could serve as an **operational laboratory**, particularly with regard to:

- interoperability,
- **shared command systems**,
- common doctrines of employment,
- operational research tools for use by each C3I.

These projects could be **structured and developed within the European Defence Agency (EDA)**, in close liaison with the EU Military Committee, the European Commission (for funding and industry matters) and NATO, via the SACT in Norfolk.

As a project incubator, the EDA can play a role in defining common architectures and coordinating armaments programmes, possibly in conjunction with the **Joint Organisation for Armament Cooperation (OCCAr)**, by encouraging the acceleration of development cycles and integrating Ukrainian feedback.

APPENDIX 1

The Tu-160M2 bomber: Russia's air launched cruise missile

A key aspect of Russian strategy is its ability to act at ultra-long range, with air-launched cruise missiles (ALCMs). A typical threat is posed by the Tu-160M2 long-range bomber.

The Tupolev Tu-160M2 (NATO codename: Blackjack) is a large strategic heavy bomber used to fire long-range cruise missiles. This supersonic, variable-boom, four-turbofan aircraft is operated by the Long-Range Aviation (LRA) branch of the Russian Aerospace Forces (RuASF, or VKS in Russian) and can function in all weather conditions, day or night.

The Tu-160M2 is a very large, impressive aircraft. Also known as the Belyy Lebed (White Swan, in Russian), it is 54 m long, with a 56 to 34 m wingspan (with a sweep of 20 to 65 degrees), a height of 10.7 m (without landing gear) or 13.6 m at ground level, a normal take-off weight of 265,000 kg, and a maximum take-off weight of 275,000 kg.

A bomber dedicated to cruise missiles

The Tu-160M2 is essentially a cruise missile platform (it does not carry free-fall or guided bombs). Its maximum payload is 45,000 kg, which is never actually used since the weight of the 12 Kh-101/102 (the heaviest cruise missile used) is 28,800 kg.



Figure 12
The Tu-160 with wings at maximum 65 degrees. Ultra-long subsonic range of action of the Tu-160M2 at low altitude with 2 x 6 fully internal Kh-101 cruise missiles in the weapons' bay is 1,740 NM / 3,230 km).
© Vitaly V. Kuzmin, CC BY-SA 4.0

The cruise missiles are carried and launched from two large tandem armament compartments (11.28 m long, 1.92 m wide and 2.0 m deep).

Six missiles are carried in each of the two weapons bays and can be launched using a six-shot electrohydraulic rotary launcher designated MKU-6-5 (which stands for multi-position ejector device in Russian). **Consequently, the Tu-160M2 has a total launch capacity of twelve missiles.**



Figure 13
View of the rear payload bay with the rotating missile launcher

© Ministère de défense russe



Figure 14
Kh-55 on the rotary missile launcher

© Ministère de défense russe

Three types of cruise missile can be used: Kh-55, Kh-555, Kh-101/102.

The Kh-101/102: a high-performance modern cruise missile

The ultra-long-range Kh-101/102 is the most modern of the Russian ALCMs, produced by MKB Raduga and widely used by the RuASF in Ukraine.

There are two versions: Kh-101 with a powerful 400-450 kg conventional explosive/fragmentation warhead, and Kh-102 with a 250-kiloton thermonuclear warhead (some sources mention 450 kilotons).

The missile is an estimated 7.45m long. Its launch weight is between 2,200 and 2,400 kg. It has folding wings and control surfaces. The wings are folded under the fuselage when the missile is loaded, then deployed at launch. The turbojet engine emerges from the missile fuselage at launch.

The forward fuselage has a quasi-triangular cross-section which, combined with other features (such as absorbent materials or paints), reduces the radar cross-sectional area (RCS).

The Kh-101/102 can be fired between 1,000 ft and 36,000 ft, then lowered to 100 ft. Maximum range is estimated by the Centre for Strategic and International Studies (CSIS) at between 1,350 NM / 2,500 km and 1,500 NM / 2,780 km. It is important to

note that the missile is supposed to be programmable with a variable flight profile between 33,000 ft and 100 ft.

The missile has hybrid inertial/GLONASS guidance but also has a TV Sproot system for terminal guidance. The Circular Error Probable (CEP) is announced as 5 to 6 m.

The ultra-long low-altitude range of the Tu-160 (3,230 km) and the range of the Kh-101/102 (2,640 km) = 5,870 km must be taken into account very carefully, as they provide the effective capability for undetected strategic cruise missile strike missions.

Future weaponry under development

A new strategic cruise missile, named Kh-BD (BD means long range in Russian), is currently being developed by the Raduga company, specifically for the Tu-160M2 and the future PAK-DA bomber.

The Kh-BD is a longer version of the Kh-101/102 to make use of the space available in the Tu-160M2's weapons bay. It is designed to achieve **a range 50% greater than that of the basic Kh-101/102.**



Figure 15 :
Kh-101 cruise
missile loaded in
the weapons bay
of a Tu-160
© Ministère de
défense russe

Figure 16 :
Tu-160
launching a
Kh-101
© Ministère de
défense russe



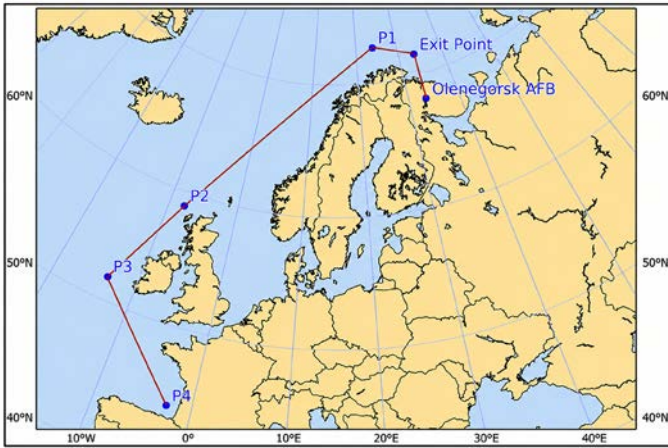


Figure 17 :
Mission possible
du Tu-160 dans
les environs de
l'Europe
© ALR

Possible missions in European space

Having accurately calculated the Tu-160M2 RoAs, it is interesting to analyse how these capabilities could be used by the RuASF to threaten France, and Europe more generally.

Possible mission in the vicinity of Europe

- The **low-altitude** wartime mission with the 2 x 6 Kh-101 configuration must be seriously considered.
- This mission is of particular concern, as the launch of 12 cruise missiles by an undetected Tu-160M2 (and even more by several Tu-160M2s) could be devastating.
- Flying at very low altitude without any IFR (In Flight Refuelling) tanker aircraft to avoid detection, the Tu-160M2 could easily reach a launch position close to P2 (1,500 NM / 2,780 km) and return. It could even do so deeper in the Atlantic (but not too close to Iceland). The range of the cruise missiles is more than sufficient to **reach targets in the UK** or, following the P3 and P4 trajectory, **in France and even in northern Italy and Spain**.
- To carry out this low-level warfare mission towards P4 would require an IFR on the outbound flight (halfway between P2 and P1). This is risky, and therefore less operational, as it is not in fact necessary due to the long range of the cruise missiles.

Performance evaluation of the Tu-160M2 mission

The Tu-160M2's ultra-long-range subsonic capabilities are operationally impressive even at low altitude.

Comparing the Tu-160M2's RoAs to the distances required to effectively launch a swarm of low-altitude cruise missiles against NATO's European nations, **it is clear that this weapon system represents a serious potential threat.**

APPENDIX 2

Short/medium range Tactical Ballistic Missile (TBM) and Hypersonic Cruise Missile (HCM) defence

Introduction

To intercept TBMs or HCMs (such as Iskander or Kinzhal respectively), the defence system will have to fulfil the following functions: early warning, acquisition (and reconnaissance), tracking, neutralisation, operations management (C3I).

For these different functions, the solutions discussed will be those that can be put into service as early as 2030, for some of them. Consequently, the products and technologies selected will either be currently available, or will have a certain level of maturity.

Early warning

Satellites: Odin's Eye

On 15 October 2025, Germany and France signed an agreement in principle for the joint development of a space missile early warning capability using IR detection of ballistic or hypersonic launches. This capability is called Odin's Eye.

Odin's Eye will comprise four satellites in geostationary orbit capable of detecting the thermal signature of a missile's propulsion system as soon as it takes off, and measuring its direction and speed. Two satellites will be manufactured in France and the other two in Germany. The programme aims to have the constellation in place by the 2030s.

In order to have a sovereign European early warning system in place as soon as possible, the two countries launched the first stages of the development of Odin's Eye on 24 October 2025.

The European Commission is co-financing the initiative via the European Defence Fund (EDF).

Ground-based radar

- **European sovereign solution:** none except the modernised mid-range Patriot LTAMDS, and GF300 for the French version and Kronos Grand Mobile High Power - GMHP for the Italian variant.

- **British solution:** Fylingdales long-range radar (south-east UK). Owned/used by the United States.

Acquisition-Follow-up-Neutralisation

The European Member States have two types of GBAD systems capable of ensuring the acquisition-follow-up-neutralisation of TBMs and HCMs. These are the Franco-Italian SAMP/T NG and the modernised American Patriot.

Overview

SAMP/T NG

European industry has mastered the acquisition-follow-on-neutralisation functions for TBM and HCM threats thanks to the SAMP/T NG, a Franco-Italian 360° GBAD anti-ballistic missile system using ASTR interceptors. It has been ordered by the French, Italian and Ukrainian air forces. The SAMP/T NG will enter service with the French Air and Space Force in 2026.

It has also been selected by the Danish Air Force.

Modernised Patriot

To provide the acquisition-follow-on-neutralisation functions in the face of threats from sea-directed and sea-controlled missiles (TBMs) and HCMs, the United States, along with Germany and Italy, developed the Medium Extended Air Defence System (MEADS) for NATO.

MEADS had 360° radar coverage and operated with PAC3 MSE munitions.

Funding was shared 58% from the US, 25% from Germany and 17% from Italy, with the exception of the PAC3 MSE, which was 100% US.

After ending its MEADS funding in 2013, the United States decided to modernise the Patriot by equipping it with an all-American 360° multifunction radar, the LTAMDS (Lower Tier Air and Missile Defence Sensor), whereas the traditional Patriot is only 120° in azimuth, and PAC3 MSE munitions.

This standard, often referred to as the “modernized Patriot”, is capable of providing acquisition-follow-up-neutralisation functions in the face of TBM and HCM threats.

The LTAMDS radar will enter Low Rate Initial Production (LRIP) in 2025 for delivery to the US Army.

Poland is the only EU member state to have acquired the modernized Patriot for delivery by 2028.

Germany and the Netherlands have acquired PAC3 MSE ammunition (for delivery from 2025 and 2026 respectively) but not yet LTAMDS. In the absence of a contract and due to the priority given to the US Army and Poland for LTAMDS deliveries, full ATBM and anti-HCM capabilities for the German and Dutch forces cannot be expected before the mid-2030s.

Missions

SAMP/T NG

The SAMP/T NG guarantees complete hemispheric protection of critical areas (particularly urban areas) and high-value assets.

In this context, the SAMP/T NG is capable of simultaneously engaging airborne atmospheric targets (including the hypersonic threat) and tactical ballistic missile threats.

It is a fully dual-capable system: to accomplish its missions, the SAMP/T NG, together with the TBM and HCM, can neutralise the full range of airborne threats seen in the current Russian strikes against Ukraine. These strikes represent a wide range of threats, including fighters, drones, cruise missiles and anti-radar missiles.

Modernised Patriot

The modernized Patriot carries out the same missions as the SAMP/T NG.

Key sub-systems

SAMP/T NG

A SAMP/T NG firing unit is equipped with a 360° multifunction radar (MFR), which can be GF300 for the French variant and Kronos Grand, a Mobile High Power -GMHP- for the Italian variant, an engagement module, up to six vertical launchers, and ASTER 30 B1 and ASTER B1NT ammunition.

Modernised Patriot

A modernized Patriot firing unit is equipped with the LTAMDS multifunction radar (MFR), an engagement control station (ECS), up to eight launchers and PAC 3 MSE ammunition.

Operational capabilities

SAMP/T NG

The SAMP/T NG can intercept an aircraft at a range of 150 km from its launcher, while also being capable of simultaneously intercepting 600 km class TBMs (autonomously) and 1,500 km class TBMs (with external designation).

The all-azimuth capability of the SAMP/T NG due to the 360° MFR and vertical missile launch is crucial in today's operational scenarios where hypersonic gliding vehicles and low-flying cruise missiles coordinate their attacks against a strategic ground target by entering in all azimuth directions. The SAMP/T NG can operate in three modes: autonomous, integrated into a national air defence network, and integrated into the NATO Air and Missile Defence System (NATINAMDS).

SAMP/T NG requires a very limited number of personnel. To deploy and operate a firing unit (with three launchers), a SAMP/T crew consists of fifteen people, including a section leader, operators and technical staff. This team is made up of one officer, at

least five non-commissioned officers and the rest of the personnel are soldiers. In addition, the maintenance team has fewer than five people.

The SAMP/T NG offers excellent survivability thanks to short Encamp ($\leq 20'$) / Decamp ($\leq 15'$) times. It also meets the demanding requirements of strategic and tactical mobility, with all vehicles being suitable for off-road use and transportable by the A400 M.

Roadmap for continuous improvement of the SAMP/T NG

The SAMP/T NG is on a path of continuous evolution. New capabilities are currently being developed. Thanks to its open architecture, the SAMP/T NG will be able to:

- operate as a multi-effector by connecting directly to the SHORAD launchers of the SAMP/T NG engagement module (e.g. VL MICA and CAMM ER). The SAMP/T NG will thus be able to select the best effector according to operational conditions and threats;
- effect multi-layer coordination of external C2 MRAD/SHORAD systems with L16/JREAP-C;
- integrate a UHF tactical warning radar into the firing unit, providing enhanced capability against TBM-class missiles up to 1,500 km without external warning;
- carry out collaborative operations with fighters in L16.

Thanks to this roadmap, by 2030 SAMP/T NG will be the European system capable of integrating European effectors in a complete anti-ABT/ATBM operational chain.

Modernized Patriot

The modernized Patriot interception capabilities against ABTs and TBMs are not disclosed, but a comparison of their MFR and missile technologies with those of the SAMP/T NG (see Appendices 1 and 2) indicates that the interception capabilities of the modernized Patriot in one-to-one scenarios should be comparable to those of the SAMP/T NG. However, due to the absence of a vertical launch, the performance of the modernized Patriot in many-on-many attacks is expected to be poorer than that of the SAMP/T NG. As the missiles are not launched vertically, the hemispherical protection capability is inferior to that achieved by the SAMP/T NG.

The modernized Patriot can operate integrated with the NATO Air and Missile Defence System (NATINAMDS) thanks to the Integrated Battle Command System (IBCS), also acquired only by the US Army and Poland.

A Patriot firefighting unit is very large, between 70 and 90 people. The crew consists of 15 to 20 operators, 20 to 30 launcher personnel and 30+ maintenance personnel to deploy and operate a firing unit with eight launchers. The observed crew expansion rate of more than three for the Patriot compared with the SAMP/T NG is the same as that between the F35 and the Rafale.

A Patriot fire unit is vulnerable to enemy destruction because of its significant Encamp (≤ 1 hour) / Decamp (30'-60') times. This disadvantage was crucial during the war in

Ukraine, where Russian forces managed to target and destroy many Patriot assets (radar, command post or launchers).

The Patriot is less mobile than the SAMP/T NG. The Patriot sub-systems are:

- road mobile, instead of all-terrain mobile in the case of the SAMP/T NG;
- transportable by C-17 Galaxy aircraft, while the SAMP/T NG is transportable by A400 M aircraft.

Domain	ASTER B1NT	PAC3 MSE
Architecture	Two-stage: a rocket motor giving Mach 4.5 speed and long-range capabilities (> 150 km) to a warhead, known as the “terminal stinger”	A 1-stage solid rocket motor, but with 2 pulses, offering a maximum speed of Mach 5
Missile control sub-system	The terminal stinger has a very high level of agility and manoeuvrability, thanks to a control system that combines aerodynamic force control (PAF) with the use of lateral thrusters (PIF)	Unique aerodynamic force control system, with small thrusters mounted in the forward (canard) section of the missile, enabling the missile to rapidly change its angle of attack
Autosteering	Ka-band active radar	
Targets	Tactical ballistic missiles with separable warheads Hypersonic cruise missiles Combat aircraft Drones Subsonic and supersonic cruise missiles Anti-radar missiles	

Figure 18: Overall comparison between ASTER B1 NT and PAC 3 MSE

Domain	LTAMDS	SAMPT/NG
Hardware architecture	Antenna with active electronic array in mechanical rotation	360° azimuth and 90° altitude coverage
Electronic components	Gallium nitride transmission-reception modules: • S-band for GF300 • C-band for KRONOS GM HP and LTAMDS	High power for long detection range (> 300 km on fighter aircraft)
Software architecture	• Digital beam-forming at module level • Doppler processing - Software-defined radars	• Dynamic resource management with very short response time, providing simultaneous: - search & detection - acquisition - tracking of hundreds of targets - elimination evaluation NB: in SAMP/T NG, these resources are also used to uplink missiles in flight, while in modernized Patriot, some additional X and S band modules are required for this function • Detection of small radar sections in the ground clutter Adaptation to changing threat environments and evolving mission requirements

Figure 19: Comparison between LTAMDS and SAMP/T NG radars

APPENDIX 3

Relative importance of the capabilities to be developed

The importance of the capabilities to be developed is ranked in numerical order.

1. Command and control organisation

This overall organisation has been largely initiated by all of the European nations, and above all by NATO with the ACCS, with each nation having cooperated either directly with NATO or through their own command system, whether or not they are part of the NATO system.

Now all these national systems need to be perfectly connected to each other and to integrate artificial intelligence/operational research with the federating system.

The current state of the system developed by NATO will nevertheless allow for a minimum level of operational capability, in line with the timetable, provided that all the organised forces have trained sufficiently.

Significant costs and time, depending on the corresponding timetable.

2. Maintaining operational superiority

To increase European capacity to disrupt, jam and suppress hostile resources.

Substantial costs to be determined according to the threat.

3. Early warning with two geostationary satellites and long- and medium-range radars

Significant costs: if France and Germany have decided on the JEWEL, these developments will have to be made, and Odin's Eye will also have to be decided and developed.

4. Anti-drone warfare

Significant costs for new developments to adapt constantly to new attacks, and for numerous production runs.

5. Cruise missile defence

Costs necessary to significantly increase the number of air-to-air missiles and corresponding combat aircraft.

6. Ballistic missile defence

- Against short and medium ranges: systems available, but:

Significant costs to increase the number of PAC3 and SAMPT-NG systems ordered and produced.

- Against long-range nuclear weapons, French and British deterrents exist.
- Against long-range conventional weapons, retaliation to be decided and measured according to the hostile attack. France and Germany have decided on ELSA for long-range retaliation.

Significant development costs if ELSA is developed.

7. Protected space telecommunications

Many European countries are already using operational systems and are even developing new ones. These systems need to be interconnected even more effectively with the command and control systems in §1.

Traditional interconnection costs.

8. Easy interconnection between American (GPS) and European (Galileo) navigation systems

Low cost, simply requiring a ground interface.

APPENDIX 4

Glossary

ACCS	Air Command and Control System
AESA	Active Electronically Scanned Array
AEW	Airborne Early Warning
ASMP-A	Missile Air-sol moyenne portée amélioré (air-to-surface missile)
C2	Command and control
CAMM-MR	Common Anti-air Modular Missile Medium Range
CASPOA	Centre d'analyse et de simulation pour la préparation aux opérations aériennes (Centre for Analysis and Simulation in Support of Air Operations)
CDAOA	Commandement de défense aérienne et des opérations aériennes (French Air Defence and Air Operations Command)
DRTL P	Very Long-Range Radar Demonstrator
EDA	European Defence Agency
EDDI	European Drone Defence Initiative
EDF	European Defence Fund
EDIP	European Defence Industry Programme
ELSA	European Long-range Strike Approach
ESA	European Space Agency
FPV	First Person View
GBAD	Ground Based Air Defence
GNSS	Global Navigation Satellite System
GPS	Global Positioning System
HCM	Hypersonic Cruise Missiles
HYDEF	HYpersonic DEFence interceptor programme
HYDIS	HYpersonic Defence Interceptor System
IRIS ²	Infrastructure for Resilience, Interconnectivity and Security by Satellite
ISAC	Integrated Sensing and Communication
JEWEL	Joint Early Warning for a European Lookout
LEAP	Low-Cost Effectors & Autonomous Platform
LTAMDS	Lower Tier Air and Missile Defense Sensor
MEADS	Medium Extended Air Defense System

MICA	Missile d'interception, de combat et d'auto-défense (Missile for interception, combat and self-defence)
MRBM	Medium-Range Ballistic Missile
NATINADS	NATO Integrated Air Defence System
NATINAMDS	NATO Integrated Air and Missile Defence System
NATO	North Atlantic Treaty Organisation
NRF	NATO Reaction Forces
OCCAr	Organisation conjointe de coopération en matière d'armement (Joint Organisation for Armament Cooperation)
PAC-2/3	Patriot Advanced Capability missiles
PESA	Passive Electronically Scanned Array
RAP	Recognized Air Picture
RUP	Recognized UAV Picture
SAFE	Security for Action For Europe
SAMPT/NG	Système sol-air moyenne portée/terrestre nouvelle génération (New Generation Mobile surface-to-air missile/anti-ballistic missile system)
SAP	Single Air Picture
SCCOA	Système de commandement et de conduite des opérations (French Air Operations Command and Control System)
SST	Space Surveillance and Tracking
TBM	Tactical Ballistic Missiles
THAAD	Terminal High Altitude Area Defence
UAV	Unmanned Aerial Vehicle
VL MICA NG	Vertical Launch MICA New Generation

APPENDIX 5

Members of the working group

President:

Claude Roche

Members :

Gérard Brachet

Jean-Georges Brévot

Philippe Charruyer

Bertrand de Montluc

Jean-Daniel Testé

Persons interviewed

Aurélien Duchène

Adrien Guérémans

Jean-Paul Paloméros

Patrick de Rousiers

Xavier Tytelman

À la lumière d'une analyse approfondie menée par l'Académie de l'air et de l'espace des enseignements tirés de la guerre en Ukraine, complétée par les retours d'expérience des conflits au Moyen-Orient, ce Dossier n°58 présente ses conclusions et recommandations portant sur l'organisation des forces européennes et les stratégies à privilégier, en tenant compte des spécificités des cultures militaires européennes et russes, les menaces concrètes qui se profilent, et les capacités et moyens à mettre en œuvre à court et moyen terme.

Les analyses et propositions présentées dans ce dossier conservent également leur pertinence face à d'autres menaces majeures susceptibles d'émerger à l'encontre de l'Europe.

Based on an in-depth analysis conducted by the Air and Space Academy on the lessons learned from the war in Ukraine, supplemented by feedback from conflicts in the Middle East, Dossier No.58 presents AAE's conclusions and recommendations regarding the organisation of European forces and the strategies to be prioritised, taking into account the specific characteristics of European and Russian military cultures, concrete threats on the horizon, and the capabilities and resources to be deployed in the short and medium term.

The analyses and proposals presented in this dossier also remain relevant in the face of other major threats likely to emerge against Europe.

www.academieairespace.com



ISBN 978-2-487161-06-1
ISSN 1147-3657

15€