

Aux premières lueurs de l'aube d'une escarmouche en mer Rouge en 2026, un destroyer américain Aegis sophistiqué lança un missile Standard-2 pour intercepter une menace. L'intercepteur, un bijou d'ingénierie du XXe siècle d'un coût de plus de 2 millions de dollars, pulvérisa sa cible.

Pourtant, nulle célébration ne suivit sur la passerelle. La « menace » n'était autre qu'un drone de la série Shahed, un assemblage rudimentaire de fibre de verre et d'un moteur de tondeuse à gazon, pour moins de 20 000 dollars.

En une seule explosion, l'armée américaine remporta un engagement tactique, mais fit un pas de plus vers la faillite stratégique. Tel est le nouveau visage de la guerre au XXIe siècle : une ère où le matériel « exquis » et coûteux des superpuissances est mis à mal par l'implacable calcul des technologies bon marché et consommables.

Une **Request for Information (RFI)**, publiée le 4 septembre 2026 sur SAM.gov, sollicite le marché pour identifier des industriels capables de fournir un **système d'armes à canon de calibre moyen, monté au sol (Ground-Based, Medium-Caliber Gun Weapon System)** pour l'US Air Force. De ce fait, l'Air Force ne dispose actuellement d'aucun système de ce type et souhaite y remédier.

Ce système doit tirer des munitions abordables, être capable de défendre contre les menaces aériennes et de missiles, avec un focus initial sur les missiles de croisière subsoniques et les systèmes aériens sans pilote (UAS), pour fournir une défense persistante au profit de l'US Air Force.

La portée de cette demande d'informations est axée sur des solutions qui privilégient strictement quinze attributs de base essentiels au succès opérationnel qui peuvent engager à la fois les missiles de croisière et les menaces UAS (groupes 1 à 5) conformément aux documents de référence.

Auparavant, la défense aérienne terrestre des installations militaires américaines incombait principalement à l'Armée de terre, et l'Armée de l'air ne disposait pas de ses propres systèmes d'artillerie.

De fait, les défenses terrestres, missiles sol-air et canons antiaériens, relèvent de l'Armée de terre, qui est également responsable de la défense ponctuelle des bases aériennes. La défense air-air est une mission de l'Armée de l'air.

C'est pourquoi l'Armée de l'air américaine cherche désormais à développer ses propres capacités.

Le paysage des systèmes d'artillerie de défense aérienne à canons a connu une transformation majeure au cours de l'histoire militaire, et les développements récents témoignent d'une renaissance de ces plateformes malgré la prolifération des systèmes à missiles.

L'analyse actuelle révèle que les systèmes à canons conservent une importance cruciale dans les architectures modernes de défense aérienne intégrée, grâce à leur rentabilité, leur rapidité de réaction et leur efficacité face aux menaces émergentes telles que les drones et les munitions rôdeuses.

Les pays occidentaux continuent d'investir dans le perfectionnement de ces technologies, notamment par l'amélioration des systèmes de conduite de tir, des munitions programmables et leur intégration à des réseaux de détection plus étendus.

La fusion des principes traditionnels des systèmes à canons avec les technologies de pointe laisse présager que ces systèmes resteront un élément essentiel des stratégies de défense aérienne multicouches pour longtemps encore, complétant les alternatives à base de missiles plutôt que de les remplacer.

L'US Air Force recherche un système doté de capacités de détection, de suivi et d'engagement de cibles. Quinze paramètres opérationnels et techniques clés ont été définis pour l'évaluation des systèmes, notamment la probabilité d'atteindre une cible en une seule salve, la portée et l'altitude de fonctionnement, les caractéristiques des munitions, les capacités des capteurs, la mobilité et le coût d'utilisation.

L'un des indicateurs clés de performance sera la probabilité de destruction par salve (Pk), la probabilité de détruire une cible avec plusieurs tirs ou une salve.

La nécessité de renforcer la défense aérienne par canons est devenue particulièrement [criante](#) après les attaques iraniennes. Ces frappes massives ont mis en évidence le coût élevé de l'interception d'un grand nombre de cibles relativement peu coûteuses.

Des systèmes similaires sont déjà utilisés par l'armée de terre et le corps des Marines américains. Plus précisément, le Centurion [C-RAM](#) est équipé d'un canon M61 Vulcan de 20 mm, tandis que le [Sgt. Stout](#) est équipé d'un canon XM914 de 30 mm à munitions programmables.

L'intérêt pour ce type d'armement a également été influencé par l'expérience ukrainienne. L'armée ukrainienne utilise des systèmes allemands Gepard équipés de deux canons de 35 mm contre les drones d'attaque, démontrant ainsi l'efficacité de la défense aérienne par canons face à un grand nombre de cibles aériennes.

Fifteen Baseline Requirements:

1. Salvo Probability of Kill (Pk) vs CM at max range and altitude
1. Salvo Probability of Kill (Pk) vs UAS Groups 1-5 at max range and altitude
1. Effective Slant Range
1. Elevation Coverage
1. Magazine Depth
1. Raid Handling
1. Integrated Sensor Capability
1. C2 System Integration
1. System Interoperability
1. Cost Per Engagement
1. Manpower
1. Built-in-Test (BIT)
1. Transportability
1. Weapon Safety
1. Multi-Domain Engagement Capability

Selon la RFI, lors de la conception et de l'évaluation des systèmes de défense de nouvelle génération, l'équipe de développement doit gérer des compromis critiques entre trois attributs principaux afin d'équilibrer létalité, connaissance de la situation et flexibilité opérationnelle.

Premièrement, le système doit optimiser les performances des munitions par rapport à leur coût et aux capacités du canon, en veillant à maximiser la vitesse, la manœuvrabilité et les effets terminaux de l'intercepteur sans faire exploser le coût par engagement ni dépasser les limites physiques de la plateforme hôte.

Deuxièmement, les développeurs doivent sélectionner avec soin les capacités et la phénoménologie des capteurs intégrés, en combinant judicieusement radars, capteurs électro-optiques, infrarouges ou radiofréquences, afin de garantir une acquisition et un suivi fiables des cibles quelles que soient les conditions météorologiques, les environnements et les scénarios de contre-mesures.

Enfin, l'architecture globale doit rester rapidement déployable, en conservant une empreinte légère, modulaire et transportable permettant un déploiement rapide dans des environnements opérationnels difficiles pour faire face aux menaces émergentes.

Unmanned Aircraft Systems Categorization Chart

UA Category	Maximum Gross Takeoff Weight (lbs)	Normal Operating Altitude (ft)	Speed (KIAS)	Representative UAS
Group 1	0-20	< 1200 AGL	100 kts	WASP III, TACMAV RQ-14A/B, Buster, Nighthawk, RQ-11B, FPASS, RQ16A, Pointer, Aqua/Terra Puma
Group 2	21-55	< 3500 AGL	< 250	ScanEagle, Silver Fox, Aerosonde
Group 3	< 1320	< 18,000 MSL	< 250	RQ-7B Shadow, RQ-15 Neptune, XPV-1 Tern, XPV-2 Mako
Group 4	> 1320		Any Airspeed	MQ-5B Hunter, MQ-8B Fire Scout, MQ-1C Gray Eagle, MQ-1A/B/C Predator
Group 5	> 1320	> 18,000 MSL	Any Airspeed	MQ-9 Reaper, RQ-4 Global Hawk, RQ-4N Triton

Legend

AGL above ground level
 FPASS force protection aerial surveillance system
 ft feet
 KIAS knots indicated airspeed
 kts knots

lbs pounds
 MSL mean sea level
 TACMAV tactical micro air vehicle
 UA unmanned aircraft
 UAS unmanned aircraft system

La demande d'informations ne précise pas comment l'Armée de l'air envisage de transporter ces systèmes ; toutefois, elle s'appuie sur ses flottes d'avions de transport [C-130 Hercules](#) , [C-17 Globemaster III](#) et [C-5 Galaxy](#) pour acheminer le matériel. La taille et le poids des systèmes déterminent le type d'aéronef pouvant les transporter.

Ces systèmes pourraient également être transportés par camion ou par bateau, ou par leurs propres moyens s'ils sont autpropulsés, mais ces options entraînent également un coût en termes de délais de livraison et peuvent s'avérer impossibles pour des déploiements mondiaux rapides.

Un critère d'évaluation essentiel sera le coût global des munitions. L'Armée de l'air souhaite s'assurer que la vitesse et les effets terminaux de l'obus « sont optimisés sans pour autant faire grimper le coût par engagement à des niveaux insoutenables ni dépasser les limites physiques de la plateforme porteuse », précise la demande d'informations.

L'armée de l'air cherche à renforcer ses capacités de défense autonome de ses bases. Il s'agit d'une « priorité de plus en plus importante » pour l'armée de l'air, [a déclaré le secrétaire à l'Armée de l'air, Troy E. Meink, devant le Congrès le 20 mai.](#)

« L'Armée de l'air développe des capacités de défense aérienne et antimissile intégrées, notamment des systèmes de lutte contre les petits drones (C-sUAS), afin de protéger nos bases aériennes sur tous les théâtres d'opérations », a déclaré Troy E.Meink dans sa déposition écrite.

« Le déploiement du système de défense antimissile ABADS (Air Base Air Defense Systems), incluant des défenses cinétiques, sur les principales bases opérationnelles à l'étranger contribue à une défense interarmées multicouche, mais ne diminue en rien la nécessité d'accroître les investissements conjoints dans la défense aérienne et antimissile. Nous continuerons à œuvrer avec discernement au développement et à l'acquisition de ces capacités défensives essentielles. »

La guerre contre l'Iran et la guerre en Ukraine ont notamment illustré les difficultés liées à la défense contre les drones et les missiles de croisière.

L'Iran a lancé des milliers de ces armes contre des bases aériennes américaines et de nombreuses infrastructures critiques à Bahreïn, en Israël, en Irak, en Jordanie, au Koweït, au Qatar, en Arabie saoudite et aux Émirats arabes unis. Il a également lancé des centaines de missiles balistiques.

Prises ensemble, ces attaques ont entraîné la mort d'au moins neuf soldats américains, plus de 760 blessés et la destruction d'avions, de radars et d'autres équipements essentiels, ainsi que des dommages considérables aux pays du Moyen-Orient ciblés par l'Iran.

Les inquiétudes concernant les dépenses considérables engendrées par les intercepteurs américains, qui aggravent la pression sur les capacités de stockage de ces armes défensives de pointe aux États-Unis, sont un problème devenu structurel au sein du Pentagone.

L'utilisation potentielle des systèmes d'artillerie pour la défense des bases présente deux aspects.

Premièrement, dans des environnements de défense aérienne complexes, ils constituent une ligne de défense interne et ultime contre les menaces entrantes. Si les lignes de défense externes échouent à neutraliser la cible ou si celle-ci n'est pas jugée prioritaire, un système d'artillerie à destruction directe offre une solution de repli prévisible et relativement fiable.

Ce système deviendrait encore plus crucial si les stocks d'intercepteurs venaient à s'épuiser, même temporairement, et que ces armes devaient être rationnées pour les

menaces de plus haut niveau. Face à l'effondrement des lignes de défense externes, la ligne interne devient primordiale.

Pour les drones de petite taille, de toute façon inefficaces pour les intercepteurs, le système d'artillerie peut les neutraliser dans le cadre de missions de défense aérienne localisées. Il permet également de défendre les bases situées dans des zones à faible menace, dépourvues de systèmes de missiles sol-air supplémentaires.

Un tel système peut constituer une défense aérienne de base contre les drones et missiles de croisière de faible puissance et de faible densité, sans nécessiter d'investissements exorbitants ni une logistique importante.

Au-delà de cela, on peut évoquer une comparaison directe des coûts, mais là encore, il s'agit d'un raisonnement isolé, et un système d'artillerie ne peut se substituer à un système de défense aérienne multicouche sans engendrer des risques considérables. Il convient néanmoins de mentionner la comparaison des coûts d'engagement.

Les systèmes de défense aérienne haut de gamme, coûteux et difficiles à fabriquer, comme le Patriot PAC-3 MSE, sont manifestement inefficaces contre les drones. Par exemple, un [Shahed-136 iranien produit en série coûte entre 35 000 et 50 000 dollars](#), tandis qu'un [Patriot PAC-3 peut coûter environ 5 millions de dollars](#) et son acquisition prend des années.

En comparaison, le rapport coût-efficacité par engagement des systèmes de défense aérienne à canons, conçus pour se défendre contre les drones et les missiles de croisière subsoniques, est bien meilleur.

Le coût de tir du [système Centurion Counter-Rocket, Artillery, Mortar \(C-RAM\)](#) de l'armée américaine en est un exemple. Il s'agit d'une version terrestre du [système d'arme rapprochée Phalanx](#) (CIWS) utilisé sur divers navires de guerre américains et étrangers, et armée d'un canon Gatling Vulcan à six tubes de 20 mm tirant des munitions M940.

Ces munitions à autodestruction coûtent actuellement 80,70 dollars, selon la [demande budgétaire de l'armée pour l'exercice 2025](#). Cela signifie qu'une rafale de deux secondes tirée par un Centurion, à une cadence de tir de 4 500 coups par minute, coûterait un peu plus de 12 100 dollars.

Encore une fois, la comparaison n'est pas tout à fait pertinente, mais ce facteur peut prendre de l'importance lors de conflits prolongés, lorsque les stocks d'armements de pointe commencent à s'épuiser. Il convient également de noter que les intercepteurs de drones constituent une capacité en pleine expansion, offrant une option moins coûteuse pour abattre les drones d'attaque unidirectionnels et même certains missiles de croisière.

La mission de la défense aérienne est de maintenir en vie assez longtemps les infrastructures / armes qui permettent de gagner les guerres : les avions sur le tarmac, les

munitions dans le bunker, le radar qui voit, les hommes qui combattent. L'inquiétude n'a jamais porté sur le prix d'un seul tir. Elle porte sur l'épuisement des stocks. Videz votre magasin d'intercepteurs sophistiqués contre un essaim soutenu, et vous perdez, parce que ses lanceurs à lui sont bon marché et nombreux, et les vôtres coûteux et rares.

Lui se réapprovisionne depuis un entrepôt ou une base de missiles enfouie au cœur d'une montagne. Vous, vous vous réapprovisionnez au rythme d'un cycle budgétaire.

Ce n'est pas un problème de coût par destruction. C'est le coût du tir que vous n'avez plus quand la vague suivante arrive, et ce prix se paie dans le radar qui s'éteint, la piste qui se cratérise, les hommes qui comptaient sur un rail de tir non vide. Le chiffre qui décide d'un combat contre des drones n'est pas ce qu'a coûté l'intercepteur. C'est combien vous en avez, et à quelle vitesse vous pouvez en fabriquer d'autres.

Les drones sont plusieurs problèmes différents portant la même silhouette.

Le premier problème consiste à défendre un actif fixe ou semi-fixe à haute valeur : une base aérienne, un capteur majeur, un hub logistique, une concentration de troupes. Ici, une fuite est catastrophique et il n'y a pas de seconde chance. Cette mission exige la plus haute probabilité de destruction au premier tir que l'on puisse obtenir, en quantité, car un échec se paie en vies humaines et en matériel irremplaçable.

Le deuxième problème est opposé : émousser une masse indiscriminée, le déluge de Shahed iranien. Face à cela, la perfection au coup par coup est la mauvaise doctrine ; il y en a trop et le terrain est trop vaste.

La seule réponse durable est le volume, à un prix que l'on peut absorber par milliers. L'intercepteur Merops de Perennial Autonomy, construit par l'entreprise soutenue par Eric Schmidt (ancien CEO de Google) et crédité de la destruction de plus de 4 000 drones russes en Ukraine depuis mi-2024, en est la preuve.

DefenseScoop a rapporté que l'Armée de terre a acheté 13 000 Merops à environ 15 000 dollars pièce au début de la guerre iranienne, le secrétaire à l'Armée Dan Driscoll déclarant aux parlementaires que cela avait « aidé à corriger le déséquilibre des coûts », et le Pentagone a suivi en mai 2026 avec un contrat de 500 millions de dollars pour en acquérir davantage.

- Dans le cas 1, il faut un intercepteur extrêmement précis car il couvre une cible majeure, le problème n'est pas le coût mais la quantité.

- Dans le cas 2, il y a moins besoin de précision, donc le coût importe moins, il faut surtout de la quantité.

Alors, dans les 2 cas, on voit que le sujet majeur n'est pas le coût (car cela dépend de la cible couverte), mais surtout la quantité. L'intercepteur bon marché n'a jamais été la pièce manquante. La pièce manquante est le fait de construire cela en volume.

Pendant des décennies, l'industrie de défense occidentale s'est organisée autour d'armes d'exception, produites lentement dans des usines centralisées et exportées vers les clients. La guerre des drones impose désormais un modèle presque inverse : des composants commerciaux bon marché et modulaires, des usines distribuées, un assemblage local, une production de masse, et des cycles d'itération se comptant en mois plutôt qu'en décennies.

L'ancien modèle industriel de défense posait la question : jusqu'où pouvons-nous rendre l'intercepteur sophistiqué ? L'ère du drone pose de plus en plus une question différente : à quel coût, à quelle vitesse, et avec quel degré de localisation pouvons-nous en fabriquer suffisamment ? Car face à un essaim, la supériorité technologique ne suffit pas. L'économie du système doit, elle aussi, survivre à la guerre.

Le raisonnement le plus répandu est celui du ratio brut : un intercepteur ne doit jamais coûter plus cher que la menace qu'il abat, sous peine de perdre « par l'arithmétique ». C'est ce raisonnement qui a rendu le cas Guardian si spectaculaire dans la presse, l'image d'un intercepteur à 5 000 dollars contre un drone à 30 000-40 000 dollars est un renversement de ratio suffisamment frappant pour faire les gros titres.

Mais ce raisonnement, poussé à sa conclusion logique, s'effondre : selon cette même logique, une marine ne devrait jamais tirer un missile Standard à plusieurs millions de dollars sur une cible moins coûteuse que lui, c'est-à-dire qu'elle devrait laisser passer la menace plutôt que de « perdre » l'échange.

Un seul ratio de coût par engagement ne dit presque rien sur le fait qu'on ait effectivement gagné le combat ou non. C'est un chiffre de logistique, au même titre que les munitions dépensées sont un chiffre de logistique, pas une mesure de si la ligne de défense a tenu.

Le véritable risque n'a jamais été le coût d'un seul tir. C'est l'épuisement du stock. Vider son arsenal d'intercepteurs sophistiqués contre un essaim soutenu conduit à la défaite, non pas parce que le calcul de chaque engagement individuel était mauvais, mais parce que les lanceurs adverses sont nombreux et bon marché, tandis que les vôtres sont rares et coûteux.

L'attaquant se réapprovisionne depuis un entrepôt ou une base de missiles enfouie au cœur d'une montagne. Le défenseur, lui, se réapprovisionne au rythme d'un cycle budgétaire, c'est-à-dire beaucoup, beaucoup plus lentement.

Ce n'est donc pas un problème de coût par destruction. C'est le coût du tir qu'on n'a plus quand la vague suivante arrive, et ce prix-là ne se paie pas en dollars. Il se paie dans le radar qui s'éteint, la piste qui se cratérise, les hommes qui comptaient sur le fait que le rail de tir ne soit pas vide. Le chiffre qui décide véritablement de l'issue d'un combat de drones n'est pas ce qu'a coûté l'intercepteur. C'est combien on en a en stock, et à quelle vitesse on peut en fabriquer davantage. **La profondeur, pas le prix.**

Cette distinction en deux problèmes explique directement pourquoi le Guardian, le Coyote de Raytheon, et le Merops de Perennial Autonomy ne sont jamais présentés comme des remplaçants du PAC-3, mais comme des compléments occupant un échelon spécifique dans une architecture pensée en couches.

L'architecture émergente qui se dessine n'est donc pas celle d'un système bon marché supplantant un système coûteux, c'est une hiérarchie de moyens, chacun affecté à la menace pour laquelle son rapport coût-efficacité est optimal.

Des intercepteurs à quelques milliers de dollars contre la masse de drones bon marché type Shahed, des systèmes de plusieurs millions de dollars réservés aux missiles balistiques et aux menaces les plus rapides et sophistiquées, avec l'ambition d'utiliser systématiquement l'arme la moins chère capable de neutraliser chaque type de menace, plutôt que d'engager par réflexe le système le plus performant disponible, indépendamment de la cible réelle.

La doctrine ne mise plus sur un seul système figé censé tout couvrir, mais sur une superposition de solutions modulaires, chacune interchangeable et adaptée à un segment précis de la menace.

Le défi n'est pas simplement de savoir si un drone peut être abattu. C'est le prix que ça coûte pour le détruire.

Utiliser un missile coûtant des centaines de milliers, voire des millions, de dollars contre un drone bien moins cher peut avoir du sens tactique lorsque des vies ou des infrastructures critiques sont menacées. Répéter cette équation des centaines ou des milliers de fois devient cependant difficile à maintenir.

Et un attaquant n'a pas nécessairement besoin de pénétrer un réseau de défense aérienne pour imposer des coûts. En forçant le défenseur à lancer à plusieurs reprises des intercepteurs coûteux, les drones bon marché peuvent progressivement épuiser les stocks de munitions précieux.

Le conflit iranien a renforcé cette leçon après que l'Ukraine l'ait démontrée à grande échelle.

La mission de la défense aérienne reste, au fond, ce qu'elle a toujours été : maintenir en vie suffisamment longtemps les infrastructures et les forces qui permettent de gagner les guerres, les avions sur le tarmac, les munitions dans le bunker, le radar qui voit, les hommes qui combattent.

Ce qui a changé, ce n'est pas cet objectif, mais l'économie industrielle qui permet, ou empêche, de l'atteindre dans la durée d'un conflit prolongé face à un adversaire capable de produire des menaces à très bas coût et en très grand nombre.

Pendant des décennies, l'industrie de défense occidentale s'est organisée autour d'armes d'exception, produites lentement dans des usines centralisées et exportées vers les clients.

La guerre des drones impose désormais un modèle presque inverse : des composants commerciaux bon marché et modulaires, des usines distribuées au plus près du théâtre d'opérations, un assemblage local, une production de masse, et des cycles d'itération se comptant en mois plutôt qu'en décennies.

C'est cette boucle courte entre expérience de guerre, itération industrielle rapide, et déploiement quasi immédiat qui constitue, plus que le prix affiché d'un seul intercepteur, la véritable rupture doctrinale de ce dossier.

Qui plus est, la menace des drones se réinvente tous les quelques mois. Face à un adversaire qui vous change le problème aussi vite, la chose la plus précieuse que l'on puisse posséder n'est pas le système parfait. C'est la capacité de changer d'avis à moindre coût.

Miser toute l'entreprise de défense de base sur un seul fournisseur, son capteur, son commandement-contrôle, son effecteur, soudés en une seule chaîne, c'est franchir une porte à sens unique, en pariant que la menace pour laquelle on s'est optimisé sera bien celle que l'on affrontera. Quand elle évoluera, il faudra tout reconstruire depuis les fondations.

L'autre option est une architecture ouverte, n'importe quel capteur, n'importe quel lanceur, n'importe quel effecteur, fusionnés par une couche de commandement-contrôle commune, permet de remplacer un échelon de l'échelle sans démolir toute la maison.

Aucun système de lutte anti-UAS unique n'offre à la fois une forte probabilité de destruction au premier tir contre des menaces rapides et le coût et la profondeur nécessaires pour absorber la masse. L'échelonnement n'est pas une préférence ; il est imposé.

Ce qui signifie que la variable décisive n'a jamais été de savoir quel intercepteur acheter. C'est de savoir si l'on peut répondre à ces quatre facteurs à la fois : la bonne mission, la profondeur pour ne pas être à sec, une gamme de produits complète, et une architecture que l'on peut reconfigurer à la volée, et engager tout l'arsenal à partir d'une seule image de commandement-contrôle.

La principale question à résoudre le monde est comment la défense aérienne réalise sa mission. Le comment, c'est tout ce qui se trouve en dessous et qui décide s'il y aura un tir à effectuer la semaine suivante : les chaînes de production, le rythme de rechargement, l'étendue de ce qui est disponible sur l'étagère, la vitesse à déployer quelque chose contre une menace que personne n'avait modélisée un an plus tôt.

Le comment, ce sont les quatre facteurs. Le comment, c'est toute la guerre.

Pourquoi un système au canon

L'abandon des années 1990 : la doctrine du « tout missile »

Pendant des décennies, la doctrine militaire occidentale a reposé sur le concept de « **technological overmatch** », construire un avion ou un missile si avancé qu'aucun ennemi ne pourrait espérer y survivre.

Cette philosophie a produit le F-35 et les porte-avions de classe Ford, des plateformes coûtant des milliards de dollars.

Le canon en a été la première victime doctrinale : pour chaque menace aérienne, le char, l'hélicoptère, l'avion volant à basse altitude, le missile de croisière, la réponse par défaut est devenue « on a un missile pour ça ».

La marine américaine elle-même a abandonné le canon comme arme défensive et offensive principale sur ses navires (hors porte-avions et sous-marins) dès la fin des années 1940 et le début des années 1950, un choix repris et amplifié dans les décennies suivantes à mesure que les missiles guidés gagnaient en précision et en portée.

La situation a commencé à évoluer vers la fin de la Guerre froide, avec l'ajout de missiles antiaériens sur ces plateformes afin d'accroître leur polyvalence et leur létalité au combat.

Certains systèmes, comme le M1097 Avenger américain, ont relégué le canon au rang d'arme secondaire, ne disposant que d'une seule mitrailleuse de calibre .50 à tir rapide et de rampes pour huit missiles Stinger. D'autres se sont contentés d'ajouter des roquettes supplémentaires aux systèmes existants, comme le Gepard A1 de la Bundeswehr.

Certains ont été conçus dès le départ pour exceller dans les deux domaines : le Tunguska soviétique était équipé de deux canons jumelés de 30 mm, une amélioration par rapport au Shilka, ainsi que d'un excellent système de missiles.

Pendant soixante-dix ans, le coût croissant des systèmes de défense aérienne restait tolérable parce que les cibles elles-mêmes étaient chères, pilotées et rares, un avion de chasse ennemi valait, lui aussi, plusieurs dizaines de millions de dollars, justifiant un intercepteur onéreux en face.

Le drone attritable bon marché a renversé cette équation. Le point culminant de la doctrine du missile de précision, le PAC-3, incarnait cette logique à son sommet : une précision terminale extraordinaire, à un coût unitaire extraordinaire, justifiée parce que la cible était un missile balistique dont l'ogive, potentiellement non conventionnelle, rendait presque n'importe quel prix d'intercepteur défendable.

Un round PAC-3 MSE coûte aujourd'hui environ **4 millions de dollars** en coût de production, une valeur qui, selon la demande budgétaire FY2027, tend même vers **5 millions de dollars**.

Mais un drone Shahed n'est pas un missile balistique porteur d'ogive nucléaire potentielle, c'est un objet volant lent, bon marché (20 000 à 50 000 dollars), produit en série et considéré comme jetable par son propriétaire.

Utiliser un PAC-3 MSE contre ce type de cible revient à un **ratio d'échange pouvant atteindre 80 pour 1**, le défenseur brûle 80 dollars pour chaque dollar dépensé par l'attaquant. Même face à l'IRIS-T SLM, l'intercepteur occidental à moyenne portée le moins cher actuellement éprouvé, ce ratio reste de l'ordre de 8 à 20 pour 1 contre une menace de type Shahed.

Dans une guerre d'usure, le camp qui dépense des millions pour en neutraliser des milliers est inévitablement voué à épuiser ses ressources en premier. Le vide financier et industriel créé lorsque des armées de haute technologie tentent de combattre une révolution à bas coût avec des outils obsolètes.

L'un des aspects les plus perturbateurs des tactiques iraniennes et russes modernes réside peut-être dans l'utilisation de missiles factices et de leurres gonflables. Lors des importantes escalades de 2024 et 2025, les observateurs de la défense ont constaté une forte augmentation du nombre de cibles apparaissant sur les radars comme des missiles balistiques de grande valeur, mais qui étaient en réalité des leurres sophistiqués. En mêlant armes réelles et leurres bon marché, un attaquant contraint le défenseur à considérer chaque signal radar comme une menace mortelle.

En 2026, l'utilisation de ces leurres a atteint un niveau de sophistication maximal. Des drones bon marché sont désormais équipés de lentilles électroniques qui les rendent aussi visibles qu'un bombardier sur les radars ennemis. Ces salves de leurres, peu coûteuses, ont une double fonction : elles épuisent les réserves d'intercepteurs onéreux de l'armée de l'air et révèlent l'emplacement des batteries radar dissimulées.

Une fois le radar activé pour intercepter un leurre, celui-ci devient une balise pour une seconde vague de munitions rôdeuses conçues pour se diriger vers le signal.

Récemment, un drone iranien d'une valeur de 30 000 dollars a réussi à neutraliser un système radar AN/TPY-2 d'une valeur d'un milliard de dollars. Ce retour sur investissement de 30 000 pour 1 a rendu obsolète l'armée américaine traditionnelle, incapable de remplacer ses capteurs de pointe aussi rapidement qu'un adversaire peut construire des drones de fortune.

L'armée américaine demeure la force la plus puissante de l'histoire, et pourtant, elle mène actuellement une guerre du XXe siècle dans un monde du XXIe siècle.

Le cœur de la puissance américaine, le groupe aéronaval, est de plus en plus perçu comme un « musée flottant » à l'ère des missiles hypersoniques et des essaims de drones autonomes.

Ces navires massifs nécessitent des milliers de personnes et des milliards de dollars en entretien. Or, ils peuvent être tenus à distance, voire mis en danger, par un essaim coordonné de milliers de petits drones sous-marins autonomes.

Le complexe militaro-industriel américain est conçu pour une production lente et très rentable. La construction d'un seul destroyer prend des années et le remplacement d'un stock de missiles usagés, des mois.

À l'inverse, le modèle iranien utilise des technologies disponibles sur le marché. En employant des puces GPS présentes dans les smartphones et des châssis en fibre de carbone destinés aux amateurs, l'Iran a créé une chaîne d'approvisionnement impossible à sanctionner et facile à déployer à grande échelle.

Tandis que l'US Navy peine à atteindre ses objectifs de capacité de chargement de missiles (la limite physique du nombre de missiles qu'un navire peut embarquer), l'adversaire bénéficie d'une capacité de production industrielle importante, lui permettant de fabriquer des milliers d'unités dans de petits ateliers répartis sur un vaste territoire.

La stratégie iranienne a neutralisé le principal atout technologique des superpuissances : leur invincibilité. En adoptant le modèle des armes « à usage unique », conçues pour être perdues, l'Iran a bouleversé les règles de la sécurité mondiale.

L'objectif n'est plus de remporter un combat aérien ou une bataille navale au sens traditionnel du terme, mais de rendre le coût d'une intervention occidentale si élevé qu'il devienne politiquement et économiquement insoutenable. À chaque fois qu'un intercepteur à 2 millions de dollars abat un drone à 20 000 dollars, l'influence mondiale de la superpuissance se réduit un peu plus.

Les conflits de 2026 ont démontré que l'ère de la domination des géants de la tech sur la guerre est révolue. La supériorité ne se mesure plus à la complexité d'une plateforme unique, mais à la puissance et à la rentabilité d'un réseau distribué. La stratégie iranienne en matière de drones et de missiles n'a pas seulement mis à l'épreuve l'armée américaine ; elle a rendu obsolète la philosophie même de la défense occidentale.

Le monde assiste à une transition : de l'ère du « tireur d'élite », où un tir coûteux abattait une cible, à celle de « l'essaim », où une multitude de frappes à bas coût terrassent le géant.

Pour les États-Unis et leurs alliés, le choix est clair : s'adapter à l'économie de l'usure du XXI^e siècle ou continuer à engloutir des milliards dans un gouffre sans fond.

La victoire lors du prochain conflit n'appartiendra pas à la nation dotée des machines les plus sophistiquées, mais à celle qui peut se permettre de perdre le plus. La guerre traditionnelle est révolue ; l'ère du consommable a commencé.

La redécouverte du canon

Un obus Oerlikon de 35 mm coûte entre 100 et 200 dollars. Un missile sol-air portable Stinger coûte environ 250 000 dollars. Un intercepteur IRIS-T coûte environ 400 000 dollars. Un missile Patriot PAC-3 coûte entre 3 et 4 millions de dollars. Chacune de ces armes peut détruire la même cible : un drone kamikaze Shahed-136 d'environ 20 000 dollars l'unité.

Le calcul est implacable. Lorsqu'un pays dépense 3 millions de dollars pour détruire un drone d'une valeur de 20 000 dollars, l'attaquant remporte la guerre économique, même si tous les drones sont abattus.

L'Ukraine l'a appris à ses dépens à l'automne 2022, lorsque des vagues de drones Shahed de fabrication iranienne ont commencé à frapper les infrastructures ukrainiennes presque chaque nuit.

Les stocks limités de missiles de défense aérienne occidentaux du pays s'épuisaient à un rythme que aucune chaîne de production ne pouvait suivre.

C'est dans ce contexte précis que le canon a été « redécouvert » plutôt que réinventé, la technologie elle-même n'a rien de nouveau, seule son utilité relative a changé de nature.

Durant la Guerre froide, la défense aérienne à courte portée (SHORAD) était dominée par les véhicules armés de canons. Du Gepard allemand au VADS américain en passant par le Shilka soviétique, les canons automatiques à tir rapide constituaient la méthode privilégiée pour abattre les hélicoptères et les avions à courte portée.

Le cas le plus emblématique est celui du **Gepard** allemand : un système retiré du service par son armée d'origine, jugé obsolète, qui s'est révélé être l'un des systèmes de défense antidrone les plus rentables de toute la guerre en Ukraine, à un coût estimé par rafale d'engagement de l'ordre de **5 000 dollars**.

Le Flakpanzer Gepard a été développé dans les années 1960 et est entré en service dans l'armée allemande en 1976. Il a été conçu pour un scénario catastrophe spécifique de la Guerre froide : des avions d'attaque au sol et des hélicoptères soviétiques survolant la plaine d'Allemagne du Nord lors des premières heures d'une invasion du Pacte de Varsovie, volant en dessous de la portée des missiles sol-air à longue portée.

La mission du Gepard était de combler le fossé entre ces systèmes de missiles sol-air à haute altitude et l'infanterie au sol, en fournissant une puissance de feu antiaérienne mobile et guidée par radar, capable de suivre le rythme des formations blindées.

Ce véhicule est construit sur le châssis du char de combat principal Leopard 1, ce qui lui confère la mobilité et la protection nécessaires pour opérer aux côtés des unités blindées de première ligne. La tourelle est équipée de deux canons automatiques Oerlikon KDA de 35 mm, capables chacun de tirer environ 550 coups par minute, soit une cadence de tir combinée de 1 100 coups par minute.

Les canons sont alimentés par des chargeurs contenant 320 cartouches chacun. La tourelle embarque également un radar de recherche à l'arrière et un radar de poursuite à l'avant, permettant au Gepard de détecter, de suivre et d'engager des cibles aériennes de manière autonome, quelles que soient les conditions météorologiques.

La portée efficace contre les cibles aériennes est d'environ 3,5 à 4 kilomètres, courte selon les normes des missiles modernes, mais d'une efficacité redoutable dans cette zone d'engagement. Les canons peuvent pivoter sur 360 degrés et s'élever jusqu'à 85 degrés, couvrant ainsi la quasi-totalité du ciel au-dessus du véhicule.

Le Gepard était considéré comme l'un des meilleurs systèmes de défense aérienne à courte portée de la Guerre froide. Il a servi dans les armées d'Allemagne, des Pays-Bas, de Belgique et de plusieurs autres pays. Mais dans les années 2000, la menace qu'il était censé contrer, les avions habités volant à basse altitude, semblait de plus en plus obsolète.

L'Allemagne a commencé à retirer progressivement le Gepard du service en 2010 et, en 2022, les derniers [appareils](#) étaient stockés, en attente de démantèlement. Les chaînes de production de munitions avaient été arrêtées. Le Gepard était, à tous égards, un système obsolète.

L'invasion à grande échelle de l'Ukraine par la Russie en février 2022 a bouleversé du jour au lendemain le paysage sécuritaire européen, et par conséquent le sort du Gepard.

Lorsque l'Ukraine a demandé en urgence des systèmes de défense aérienne pour contrer les missiles de croisière russes et, de plus en plus, les munitions rôdeuses Shahed-136 de fabrication iranienne, l'Allemagne s'est trouvée face à un choix difficile. Ses systèmes de défense aérienne les plus avancés, comme l'IRIS-T SLM, étaient rares et coûteux.

Les systèmes Patriot étaient encore plus difficiles à obtenir. Mais des dizaines de véhicules Gepard, stockés dans des dépôts à travers l'Allemagne, pouvaient être remis en état et expédiés relativement rapidement.

L'Allemagne a annoncé le transfert de systèmes Gepard à l'Ukraine en avril 2022. Les trois premiers véhicules sont arrivés en Ukraine le 25 juillet 2022. Fin septembre, trente Gepard avaient été livrés, accompagnés de 6 000 cartouches de 35 mm. Au cours des mois suivants, d'autres véhicules ont été livrés et, début 2025, l'Allemagne avait fourni environ 60 systèmes Gepard aux forces ukrainiennes, ainsi que des dizaines de milliers de munitions.

Les résultats ont dépassé toutes les espérances. Les équipages ukrainiens de Gepard ont découvert que le système était d'une efficacité extraordinaire contre le type même de cible pour lequel il n'avait jamais été conçu : les drones lents volant à basse altitude.

Le Shahed-136, qui croise à environ 185 kilomètres par heure (soit la vitesse d'un petit avion à hélice), offrait une cible bien plus facile à neutraliser que les avions à réaction et les hélicoptères rapides que le Gepard était censé contrer.

Le radar de recherche pouvait détecter les drones en approche à des distances où le radar de poursuite avait largement le temps de les verrouiller, et les deux canons de 35 mm pouvaient détruire un Shahed en une courte rafale de deux ou trois coups.

Fin 2023, les systèmes Gepard de fabrication allemande affichaient le taux de destruction de drones le plus élevé par rapport à leur coût parmi tous les systèmes de défense aérienne déployés dans le conflit.

Un article de RealClearDefense sur l'US Navy résume la leçon de façon presque provocatrice : les fusées de proximité qui équipent aujourd'hui les nouveaux obus canon ne sont pas une invention récente. Les États-Unis en ont fabriqué des millions pendant la Seconde Guerre mondiale. Le problème n'est pas que l'armée américaine ne puisse pas s'adapter, mais qu'elle ne le veuille pas, trop attachée à l'idée qu'il faut un missile pour chaque menace.

Les performances du Gepard en Ukraine ont contraint les instances de défense occidentales à une douloureuse remise en question. La philosophie dominante en matière de défense aérienne au XXI^e siècle privilégiait les missiles : des missiles guidés toujours plus sophistiqués et coûteux, capables d'atteindre des cibles à des portées toujours plus grandes avec une précision toujours plus grande.

On partait du principe que les cibles justifiaient les dépenses : des avions ennemis coûtant des dizaines, voire des centaines de millions de dollars, des missiles de croisière des millions.

Les drones ont balayé cette idée reçue. Face à une menace constituée de drones consommables coûtant entre 20 000 et 50 000 dollars, lancés par vagues de plusieurs dizaines, intercepter chacun d'eux avec un missile coûtant des centaines de milliers, voire des millions de dollars, relève du suicide économique.

Un défenseur utilisant des missiles Patriot pour abattre des Shaheds se retrouvera à court d'intercepteurs, ou de ressources financières, bien avant que l'attaquant ne soit à court de drones.

Le Gepard a démontré que la défense aérienne par canons, que les instances dirigeantes centrées sur les missiles avaient jugée obsolète, constituait en réalité la réponse la plus rationnelle à la menace aérienne la plus courante des années 2020.

Les chiffres sont éloquentes. Avec un coût de 100 à 200 dollars par munition de 35 mm, et en supposant une moyenne de trois à cinq munitions par engagement de drone, un Gepard peut détruire un Shahed pour un coût d'environ 300 à 1 000 dollars.

Le coût par drone neutralisé du Gepard est entre 300 et 13 000 fois inférieur à celui des autres missiles, selon l'intercepteur qu'il remplace. À de tels ratios, un pays peut se permettre d'abattre des drones en continu, jour après jour, pendant des années, ce que fait précisément l'Ukraine.

Cette réalité économique a engendré une réévaluation mondiale. L'entreprise allemande KNDS a proposé une version modernisée du Gepard, dotée de capteurs modernes et d'un système de conduite de tir amélioré.

Le sud-coréen Hyundai Rotem développe un nouveau système SPAAG (canon antiaérien automoteur) pour le marché coréen.

L'armée américaine, qui a retiré du service son dernier système de défense aérienne à canon (le M163 Vulcan) dans les années 1990, développe actuellement les composantes à énergie dirigée, et à canon de son architecture de défense aérienne et antimissile intégrée, afin de résoudre le problème du rapport coût-efficacité des drones.

La renaissance du Gepard est l'un des épisodes les plus remarquables de l'histoire militaire moderne. Ce système d'arme, que plusieurs armées de l'OTAN avaient jugé obsolète, est devenu, quelques mois seulement après son déploiement en Ukraine, la plateforme de défense aérienne la plus rentable au monde.

Il n'avait besoin d'aucune modernisation, d'aucun nouveau logiciel, ni d'aucune intégration à un système de gestion des opérations en réseau. Il lui fallait simplement des munitions, des équipages compétents et des cibles, et l'ère des drones offrait ces dernières en abondance.

La leçon principale à retenir est que l'obsolescence militaire est contextuelle, non absolue. Le Gepard n'était pas obsolète parce que sa technologie avait cessé de fonctionner. Il était considéré comme obsolète car la menace qu'il était censé contrer, les avions habités volant à basse altitude, avait été supplantée par les missiles de précision et les armes de missiles à longue portée.

Lorsqu'une nouvelle menace est apparue, présentant les mêmes caractéristiques que l'ancienne (lenteur, vol à basse altitude et production en grande série), les capacités du Gepard se sont avérées parfaitement adaptées. La plateforme dont le coût était injustifié face aux menaces de 2010 est devenue indispensable face à celles de 2023.

Pour les responsables de la stratégie de défense du monde entier, l'histoire du Gepard recèle un enseignement important : les armes les plus coûteuses et les plus sophistiquées ne sont pas toujours les plus efficaces.

Parfois, la meilleure réponse à un drone à 20 000 dollars est un canon vieux de 50 ans tirant des obus à 100 dollars. Le Gepard n'avait pas besoin d'être à la pointe de la technologie. Il devait être disponible, abordable et redoutable contre la cible prioritaire. Sur ces trois points, ce canon antiaérien de la Guerre froide a rempli sa mission.

Un système déjà en place

Systèmes d'armes navales de combat rapproché

Le développement des systèmes d'armes de proximité (CIWS) navals représente l'une des adaptations les plus réussies de la défense aérienne par artillerie aux menaces contemporaines.

Le Phalanx CIWS, développé par General Dynamics (aujourd'hui Raytheon), constitue le système archétypal de cette catégorie. Il est équipé d'un canon Gatling M61 Vulcan de 20 mm capable de tirer jusqu'à 4 500 coups par minute, couplé à des systèmes radar et informatiques autonomes qui assurent la détection, le suivi et l'engagement avec une intervention humaine minimale.

Sa fonction principale est de constituer l'ultime ligne de défense d'un navire contre les missiles antinavires et les aéronefs capables de pénétrer les défenses extérieures. Son fonctionnement autonome permet de relever le défi crucial de l'engagement de menaces à grande vitesse, telles que les missiles rasant la surface de l'eau, pour lesquelles les temps de réaction humains seraient insuffisants.

Ces systèmes continuent d'évoluer, la dernière génération, le Phalanx Block 1B, intégrant des capacités de détection améliorées pour les cibles petites et lentes telles que les petites embarcations et les drones, démontrant ainsi leur adaptabilité aux nouvelles menaces asymétriques. Le succès de ces systèmes navals a directement influencé le développement de leurs homologues terrestres, favorisant le transfert de technologies et de concepts opérationnels entre les deux domaines.

Systèmes terrestres et protection contre les roquettes, l'artillerie et les mortiers (C-RAM)

L'adaptation de la technologie CIWS navale aux applications terrestres a revitalisé la défense aérienne par canons pour les forces terrestres, notamment dans le rôle de contre-roquettes, d'artillerie et de mortier (C-RAM).

Le système C-RAM de l'armée américaine, dérivé du système naval Phalanx, a été déployé pour protéger les bases opérationnelles avancées en Irak et en Afghanistan contre les tirs indirects des insurgés.

Ce système a démontré la flexibilité des approches basées sur les canons, en engageant efficacement des projectiles de petit calibre et peu coûteux là où l'interception par missiles serait prohibitivement onéreuse ou techniquement complexe.

Le système allemand MANTIS (Modular, Automatic and Network-capable Targeting and Interception System) représente une autre avancée significative dans ce domaine. Il utilise des canons automatiques jumelés de 35 mm avec des munitions à explosion aérienne programmables, capables de créer des schémas précis de fragmentation pour neutraliser les projectiles entrants.

Contrairement aux systèmes de génération précédente, le MANTIS offre une protection à 360 degrés et fonctionne au sein d'un système de défense en réseau doté de multiples capteurs.

Ces systèmes se sont révélés particulièrement précieux dans les scénarios de guerre asymétrique et pour la protection des installations fixes de grande valeur, démontrant que la défense aérienne à base de canons conserve des avantages distincts dans des contextes opérationnels spécifiques malgré la prévalence des technologies de missiles.

Systèmes de défense aérienne mobiles à courte portée

Le renouveau de la défense aérienne par canons est particulièrement visible dans les systèmes de défense aérienne à courte portée (SHORAD) mobiles occidentaux, un domaine qui avait connu une baisse d'investissement après la Guerre froide mais qui bénéficie depuis peu d'un regain d'intérêt.

Des systèmes comme le Skyranger 35 de Rheinmetall incarnent cette renaissance, combinant un canon automatique de 35 mm à des systèmes de conduite de tir modernes sur une plateforme mobile, capable d'engager des avions, des hélicoptères, des drones et des missiles de croisière jusqu'à 4 kilomètres de portée.

Le système IM-SHORAD (Interim Maneuver Short-Range Air Defense) de l'armée américaine, monté sur des véhicules Stryker, intègre un canon de 30 mm à des missiles Stinger, illustrant l'approche hybride qui tire parti des technologies d'artillerie et de missiles pour des capacités complémentaires.

Ces systèmes mobiles répondent à une vulnérabilité critique identifiée lors des conflits récents : le besoin de moyens de défense aérienne capables de suivre le rythme des forces de manœuvre et d'opérer efficacement dans des environnements électromagnétiques perturbés où le guidage des systèmes de missiles peut être dégradé.

Les pays européens se sont montrés particulièrement actifs dans ce domaine, avec des systèmes comme le PIT-RADWAR Poprad polonais et l'ASRAD-R finlandais, qui ont démontré une maîtrise sophistiquée du contrôle de tir et une intégration multisensorielle.

Le concept opérationnel a évolué, dépassant le simple cadre de la lutte antiaérienne pour englober les missions de contre-drones et la protection contre les menaces émergentes telles que les munitions rôdeuses, témoignant ainsi d'une adaptation aux réalités changeantes du champ de bataille.

Les systèmes de défense aérienne modernes à canons ne fonctionnent plus isolément, mais comme des composantes essentielles de réseaux de défense aérienne sophistiqués et multicouches.

Ces réseaux combinent différentes technologies d'engagement pour une protection complète. Le système israélien Dôme de fer illustre cette approche, intégrant à la fois des intercepteurs de missiles et le système laser « Faisceau de fer », dérivé du Phalanx, pour différentes catégories de menaces.

Le système allemand MANTIS fonctionne au sein du système de missiles IRIS-T SL, les canons gérant les menaces à courte portée tandis que les missiles engagent les cibles à plus longue distance.

Cette intégration est facilitée par des systèmes de commandement et de contrôle avancés, tels que le Système intégré de défense aérienne de l'OTAN (NATINADS), qui permettent des réponses coordonnées entre de multiples plateformes.

La capacité de mise en réseau s'étend à la fusion de capteurs, permettant aux systèmes à canons de recevoir des données de ciblage provenant de radars externes, de systèmes électro-optiques, voire de plateformes aéroportées, élargissant considérablement leur zone d'engagement efficace.

Des systèmes comme le radar Ground Master 200 de Thales peuvent suivre simultanément plusieurs cibles et diriger les systèmes d'armes appropriés, y compris les plateformes à canons, en fonction de l'évaluation de la menace et des paramètres d'engagement optimaux.

Cette approche axée sur le réseau représente une évolution significative par rapport aux canons antiaériens autonomes des générations précédentes, permettant aux systèmes à base de canons de rester pertinents au sein d'architectures de défense aérienne modernes et sophistiquées qui répondent aux menaces multidomaines.

La remarquable renaissance des systèmes de défense aérienne à canons dans les pays occidentaux est largement due aux progrès révolutionnaires réalisés dans les technologies de conduite de tir et de ciblage, qui ont transformé les capacités d'engagement.

Les systèmes modernes utilisent des radars multimodes sophistiqués capables de suivre simultanément des dizaines de cibles, de distinguer les types de menaces et de calculer les solutions de tir optimales.

Ces radars fonctionnent sur plusieurs bandes de fréquences afin d'améliorer la résistance au brouillage et les capacités de détection des cibles furtives. En complément des systèmes radar, des capteurs électro-optiques avancés, intégrant des caméras infrarouges et diurnes ainsi que des télémètres laser, fournissent des données de ciblage

supplémentaires et fonctionnent efficacement dans des environnements perturbés par les interférences électromagnétiques.

L'intégration de ces différents types de capteurs permet un fonctionnement continu, par tous les temps, tout en réduisant considérablement le taux de fausses alarmes.

Les éléments de calcul ont également évolué, les calculateurs de conduite de tir modernes étant capables de traiter d'énormes quantités de données de capteurs afin de prédire les points d'interception avec une précision exceptionnelle, en tenant compte des facteurs environnementaux tels que le vent, la température et la pression atmosphérique.

Des systèmes comme l'initiative AI3 (Accelerated Improved Intercept Initiative) de Raytheon illustrent comment ces avancées technologiques permettent d'engager des cibles de plus en plus difficiles à atteindre, avec des temps de réponse de l'ordre de la fraction de seconde entre la détection et le tir.

L'interface homme-machine a également été révolutionnée, avec des affichages intuitifs et des modes de fonctionnement semi-autonomes qui optimisent la charge de travail de l'opérateur tout en maintenant une supervision humaine appropriée des décisions d'engagement.

Ambitions et objectifs du programme

L'ambition institutionnelle

Contrairement à l'Armée de terre (qui améliore des capacités GBAD déjà existantes avec E-HEL) ou à la MDA (qui étoffe son arsenal d'intercepteurs avec LCI), l'Air Force part d'une situation particulière : la défense aérienne au sol a toujours été une mission historiquement dévolue à l'Armée de terre.

L'Air Force **ne dispose actuellement d'aucun système de ce type**. Le secrétaire de l'Air Force, Troy Meink, a confirmé devant le Congrès en mai 2026 que développer des capacités organiques de défense antimissile et antidrone était devenu « une priorité de plus en plus élevée » pour le service.

L'ambition budgétaire déjà engagée

Dans sa demande budgétaire pour l'exercice fiscal 2027, l'Air Force sollicite environ **1,4 milliard de dollars** pour une variante défense antimissile de son programme Air Base Air Defense Systems (ABADS). Elle a par ailleurs déjà obtenu **51,8 millions de dollars** de crédits de procurement pour ses Small Unmanned Air Defense Systems (SUADS) au titre de l'exercice fiscal 2026.

Ambition opérationnelle

Les tactiques iraniennes et russes les plus récentes mélangent des munitions réelles à des leurres gonflables ou des drones équipés de « lentilles » électroniques les faisant

apparaître, sur un radar adverse, aussi grands qu'un bombardier, forçant le défenseur à traiter chaque signal comme une menace létale potentielle.

Cette saturation délibérée du système de défense, par le nombre autant que par la confusion, est précisément ce contre quoi un système à profondeur de magasin massive (le canon) est structurellement mieux armé qu'un système à stock fini et coûteux (le missile) : chaque « fausse alerte » traitée par un canon coûte quelques centaines de dollars ; traitée par un Patriot, elle coûte plusieurs millions.

Le Shahed-136 n'est pas une cible difficile à détecter ou à neutraliser isolément. Tous les principaux mécanismes de neutralisation ont été testés en conditions réelles. Le problème est d'ordre économique.

À grande échelle, toute méthode d'interception dont le coût dépasse celui du drone qu'elle neutralise crée un désavantage structurel qui s'aggrave avec le temps et aux niveaux d'emploi que l'Iran a démontré pouvoir supporter.

La phase initiale de l'opération Epic Fury a révélé l'ampleur du phénomène. Ed Arnold, analyste de défense proche de l'Ukraine, cité dans Military Times, a rapporté que plus de 800 intercepteurs Patriot avaient été utilisés durant les trois premiers jours de la guerre contre l'Iran.

Il s'agit d'une consommation à l'échelle du théâtre d'opérations, face à une menace mixte de missiles balistiques et de munitions rôdeuses, et non de dépenses exclusivement liées à la lutte contre les missiles Shahed. Les Émirats arabes unis ont fait état d'engagements cumulés de 304 missiles balistiques et de 1 627 drones à la mi-mars 2026¹. Le rythme de consommation a dépassé le rythme de production.

La comparaison qui sous-tend toutes les conclusions est sans détour. Les documents budgétaires de l'armée américaine pour les exercices 2025 et 2026 indiquent un coût d'environ 4,2 millions de dollars par missile intercepteur Patriot PAC-3 MSE, les configurations destinées à l'exportation faisant grimper le prix à 6,25 millions de dollars, voire plus².

Le Shahed-136 coûte entre 20 000 et 30 000 dollars au coût de production iranien³. Cela représente un rapport coût-bénéfice de 80 à 310, défavorable à la défense, selon la variante et la configuration. L'AIM-120, à environ 1 million de dollars, affiche un rapport de 20 à 50. Le Tamir du système Iron Dome, à 40 000 à 50 000 dollars, est l'un des rares systèmes de missiles à se rapprocher de la parité des coûts, mais son intégration spécifique à Israël limite son exportation vers les pays du Golfe.

L'interception de drones a bouleversé la donne. Le commandant en chef ukrainien Oleksandr Syrsky a indiqué en mars 2026 que les drones intercepteurs avaient effectué environ 6 300 missions en février, détruisant plus de 1 500 drones russes à un coût

d'environ 10 000 dollars par missile Shahed abattu, grâce à la technique d'interception de drones.

Face à une munition Patriot, le coût est 400 fois supérieur pour le défenseur. L'intercepteur Merops AI, déployé à un coût unitaire de 14 000 à 15 000 dollars, coûte moins cher que le Shahed qu'il intercepte.

Il s'agit du premier environnement opérationnel où les attaquants utilisant des munitions rôdeuses ne bénéficient pas d'un avantage structurel en termes de coûts par rapport aux défenseurs, mais uniquement lorsque l'interception de drones est disponible à grande échelle.

L'avertissement est de taille. Le coût unitaire n'est pas équivalent au coût par destruction réussie d'un drone Shahed. Si le ratio tirs/mort est de 2:1 ou 3:1 (plausible pour les frappes de drones contre une cible rapide ou manœuvrante), le coût par destruction augmente proportionnellement.

À un ratio de 3:1, la parité des coûts de Merops avec le bas de la fourchette de prix du Shahed commence à s'éroder. Les leurres aggravent le problème. Une analyse en sources ouvertes citée dans le [profil de la plateforme Shahed-136](#) suggère que 40 à 60 % des salves de Shahed, certains mois, sont composées de leurres Gerbera non armés ou faiblement armés, d'un coût unitaire d'environ 10 000 \$, conçus spécifiquement pour épuiser les intercepteurs coûteux avant l'attaque des variantes armées.

Le problème des contre-mesures ne réside pas dans le coût par engagement d'une méthode en particulier. Il s'agit plutôt du coût moyen pondéré de l'ensemble des interceptions qu'un défenseur utilise réellement en situation de salve, appliqué au ratio réaliste de tirs par destruction, contre un ensemble de cibles mixtes comprenant des leurres et des cibles Shahed.

À coût unitaire de tir, plusieurs méthodes atteignent ou surpassent le coût de la méthode Shahed. En situation réaliste de tirs multiples contre des salves incluant des leurres, seules les méthodes drone contre drone et les méthodes à canon les moins coûteuses conservent clairement ce coût.

Le tableau ci-dessous rassemble les données de coût par engagement pour chaque mécanisme de neutralisation du Shahed validé ou acquis. Les coûts ne sont pas normalisés de manière uniforme ; la colonne « Type de coût » indique s'il s'agit du coût unitaire d'acquisition, du coût par cartouche, du coût opérationnel marginal ou du coût par rafale de munitions. La probabilité d'atteinte varie selon le système. La capacité du chargeur et la cadence de production constituent les contraintes principales à l'échelle d'une salve et ne sont pas prises en compte dans le coût par engagement.

MÉTHODE D'INTERCEPTION	SYSTÈME	CHIFFRE DE COÛT	TYPE DE COÛT	RATIO PAR RAPPORT À SHAHED (20 000 \$ - 50 000 \$)	STATUT
Missile (longue portée)	Patriot PAC-3 MSE	~4,2 millions de dollars (exportations : plus de 6,25 millions de dollars)	Achats par cycle	80:1 à 310:1	Opérationnel, éprouvé au combat
Missile (moyenne portée)	NASAMS / AMRAAM	~1 million de dollars	Achats par cycle	20:1 à 50:1	Opérationnel, éprouvé au combat
Missile (moyenne portée)	AIM-132	~250 000 \$	Achats par cycle	5:1 à 12,5:1	Opérationnel (dépendant de la plateforme)
Missile (courte portée)	Iris-T SL	~430 000 \$	Achats par cycle	9:1 à 22:1	Opérationnel
Missile (courte portée)	Tamir du Dôme de fer	40 000 \$ - 50 000 \$	Par tour (estimation publique)	0,8:1 à 2,5:1	Opérationnel, éprouvé au combat
Basé sur les armes à feu	Gepard 35 mm	Environ 5 000 \$ par rafale	Munitions par rafale	0,1:1 à 0,25:1	Opérationnel, éprouvé au combat
Drone sur drone (FPV)	Intercepteur FPV ukrainien	800 \$ - 3 000 \$	Achat d'unités	0,02:1 à 0,15:1	Opérationnel, production de 1 000 unités par jour
Drone sur drone (IA)	Merops IA	14 000 \$ - 15 000 \$	Achat d'unités	0,3:1 à 0,75:1	Opérationnel (Ukraine, CENTCOM)
Drone sur drone (modulaire)	STRILA / Piqûre	1 000 \$ - 2 500 \$	Achat d'unités	0,02:1 à 0,125:1	Opérationnel, contrat de 15 000 unités
Guerre électronique	SDR / spécialisé	Marginale négligeable	Opérations marginales	~0	Opérationnel (efficacité en baisse)
Énergie dirigée	Laser C-UAS	~0 \$ marginal	Marginal par tir	~0	Tests ; objectif de déploiement sur 36 mois
Cinétique à faible coût (air)	APKWS	15 000 \$ - 20 000 \$	Achats par cycle	0,3:1 à 1:1	Validé sur Eurofighter, avril 2026
Cinétique à faible coût (au sol)	micro-missile Harpe	Moins de 10 000 \$	Par tour (démonstration)	0,2:1 à 0,5:1	Démonstration à Fort Hood, avril 2026
cinétique à faible coût	Skyhammer (Ministère de la Défense britannique)	~20 000 \$ - 50 000 \$ (parité)	Par tour (annoncé)	~1:1	Acquisition prévue, livraison en mai 2026
cinétique à faible coût	Coyote Block 2 / FS-LIDS	~50 000 \$ - 100 000 \$ (estimation)	Par tour (pré-contrat)	1:1 à 5:1	Dans le système FMS du Golfe ; livraison en 18 à 36 mois

Le coût unitaire ne correspond pas au coût par élimination réussie d'un Shahed. Le tableau ci-dessous illustre l'évolution du coût par élimination selon des ratios de tirs par élimination de 1:1, 2:1 et 3:1 pour les combats de drones où la capacité du chargeur est primordiale.

MÉTHODE	1:1 PAR ÉLIMINATION	2:1 PAR ÉLIMINATION	3:1 PAR ÉLIMINATION	PARITÉ À 20 000 \$ - 50 000 \$?
Intercepteur FPV ukrainien	800 \$ - 3 000 \$	1,6K\$ - 6K\$	2 400 \$ - 9 000 \$	Tous les ratios conservent la parité
STRILA / Piqûre	1 000 \$ - 2 500 \$	2 000 \$ - 5 000 \$	3 000 \$ - 7 500 \$	Tous les ratios conservent la parité
Merops IA	14 000 \$ - 15 000 \$	28 000 \$ - 30 000 \$	42 000 \$ - 45 000 \$	2:1 limite ; 3:1 dépasse la limite inférieure de la plage de Shahed
micro-missile Harpe	Moins de 10 000 \$	Moins de 20 000 \$	Moins de 30 000 \$	Maintient la parité à 2:1 ; se rapproche à 3:1
APKWS	15 000 \$ - 20 000 \$	30 000 \$ - 40 000 \$	45 000 \$ - 60 000 \$	Égalité à 1:1 ; perd à 3:1

La défense de dernier recours au sein d'une architecture multicouche. Dans un environnement de défense aérienne complexe, le canon constitue une ligne de défense intérieure, dernier filet si les couches extérieures échouent à neutraliser une cible, ou si celle-ci n'est pas jugée prioritaire face à d'autres menaces simultanées. Cette importance grandit mécaniquement si les stocks d'intercepteurs haut de gamme s'amenuisent, même temporairement, et doivent être rationnés pour les menaces les plus critiques.

La défense autonome de bases en zone de menace modérée. Pour des bases situées dans des régions où aucune couche SAM supplémentaire n'est déployée, un système canon peut fournir à lui seul une défense aérienne de base contre des menaces de drones et missiles de croisière de faible à moyenne densité, sans le coût ni l'empreinte logistique considérable qu'exigerait une architecture de défense complète.

Le vrai saut technologique derrière l'artillerie moderne

L'avancée technologique la plus significative, qui a permis de maintenir la pertinence des systèmes de défense aérienne à canons, réside sans doute dans le développement de munitions programmables et « intelligentes » qui accroissent considérablement leur efficacité face aux menaces aériennes modernes.

La munition AHEAD (Advanced Hit Efficiency and Destruction) de 35 mm, développée par Oerlikon (aujourd'hui Rheinmetall), illustre parfaitement cette innovation. Chaque obus AHEAD contient une fusée à temps programmable et environ 152 sous-projectiles, créant ainsi un nuage de billes de tungstène précisément contrôlé sur la trajectoire de la menace.

Le système de conduite de tir calcule le point de détonation optimal, et la fusée est programmée pendant les quelques millisecondes que parcourt l'obus dans le canon.

Parmi les technologies similaires, on peut citer la munition à explosion aérienne programmable (PABM) développée aux États-Unis pour les systèmes de 30 mm et la munition programmable multi-usages pour différents calibres.

Ces munitions intelligentes augmentent significativement la probabilité d'atteindre des cibles petites et agiles comme les drones et les missiles de croisière, tout en réduisant la

consommation de munitions par rapport aux obus à fusée de contact traditionnels. Une autre avancée majeure réside dans les munitions à fusée de proximité dotées de capteurs perfectionnés qui explosent lorsque les schémas de fragmentation optimaux atteignent la cible.

La dernière génération de ces munitions intègre des capacités de correction de trajectoire, permettant de légers ajustements en vol pour compenser les manœuvres d'évitement de la cible. Ces innovations en matière de munitions ont considérablement accru l'efficacité d'engagement des systèmes d'armes à feu, permettant à des armes de calibre relativement modeste d'atteindre des probabilités d'engagement qui exigeaient auparavant des canons beaucoup plus imposants ou des missiles guidés.

La technologie AHEAD (Advanced Hit Efficiency And Destruction), développée par Oerlikon (aujourd'hui Rheinmetall), équipe déjà le système allemand Skynex.

Chaque obus de 35mm x 228 contient une fusée temporisée programmable et environ **152 sous-projectiles** en tungstène ; au moment du tir, une bobine à induction mesure la vitesse initiale réelle de l'obus, et la fusée est programmée en quelques millisecondes pour libérer son nuage de projectiles au point de rencontre optimal avec la cible, supprimant le besoin d'un impact direct sur une cible petite, mobile et à faible signature.

Des technologies américaines équivalentes existent déjà : le Programmable Air Burst Munition (PABM) pour les systèmes 30mm, et la Multi-Purpose Programmable Ammunition pour divers calibres.

Des munitions à correction de trajectoire représentent la génération suivante : elles intègrent une capacité d'ajustement mineur de trajectoire en vol pour compenser les manœuvres d'évitement de la cible, combinée à l'intégration croissante de l'automatisation et de l'intelligence artificielle dans les systèmes de conduite de tir, la même logique de fusion capteur-décision-effecteur déjà documentée pour le laser LOCUST X3 (AV_Halo PINPOINT), appliquée cette fois à un système canon.

Les systèmes de conduite de tir pilotés par l'IA peuvent analyser d'énormes quantités de données de capteurs afin de prioriser les cibles et d'optimiser les stratégies d'engagement. De plus, la guerre en réseau permet aux canons antiaériens de partager des données en temps réel avec d'autres systèmes de défense, améliorant ainsi la connaissance de la situation.

Les systèmes modernes intègrent de plus en plus de fonctions autonomes de détection, de classification et de suivi, capables de fonctionner avec une intervention humaine minimale, un atout crucial pour neutraliser les menaces à grande vitesse où le temps de réaction est primordial.

Les systèmes Phalanx Block 1B de dernière génération et MANTIS allemand illustrent comment les algorithmes d'IA peuvent distinguer les types de menaces, prioriser les

cibles en fonction du niveau de danger évalué et même prédire les manœuvres d'évitement.

Les techniques d'apprentissage automatique sont appliquées à la reconnaissance de formes dans les données radar et électro-optiques, améliorant considérablement la capacité à identifier les menaces dans un environnement complexe et à différencier les cibles militaires des aéronefs civils.

Des entreprises comme Raytheon et Rheinmetall sont pionnières dans le développement d'applications de réseaux neuronaux qui améliorent continuellement les performances du système grâce à l'expérience opérationnelle.

Les capacités d'engagement autonome restent strictement contrôlées, les opérateurs humains conservant l'autorité d'autorisation pour le tir d'armes dans la plupart des configurations, conformément aux considérations éthiques et à la doctrine opérationnelle.

Toutefois, la recherche se poursuit sur des modes entièrement autonomes pour des scénarios spécifiques, tels que les attaques par saturation, où les processus de décision humains pourraient être saturés.

La trajectoire de développement indique une intégration de l'IA de plus en plus sophistiquée qui améliorera les capacités de discrimination, réduira les fausses alarmes, optimisera les dépenses en munitions et permettra des réponses coordonnées entre plusieurs systèmes de défense, révolutionnant potentiellement l'efficacité de la défense aérienne à base d'armes à feu contre les menaces de nouvelle génération.

Les capacités de détection des systèmes de défense aérienne modernes à canons ont connu des progrès révolutionnaires, intégrant des technologies de détection multispectrales qui élargissent considérablement le spectre des menaces pouvant être neutralisées efficacement.

Les systèmes modernes intègrent généralement des radars à balayage électronique actif (AESA) capables de suivre simultanément plusieurs cibles tout en offrant une haute résistance au brouillage et aux contre-mesures électroniques. Ces radars utilisent des algorithmes de traitement du signal sophistiqués pour détecter les cibles furtives, y compris celles utilisant des technologies furtives ou volant à très basse altitude.

Des systèmes complémentaires de recherche et de poursuite infrarouges (IRST) assurent une détection passive sans émission électromagnétique, les rendant insensibles aux armes antiradar et contribuant à la survivabilité globale du système.

Des capteurs acoustiques avancés peuvent détecter les aéronefs ou les drones en approche grâce à leurs signatures sonores spécifiques, offrant ainsi une capacité d'alerte précoce supplémentaire.

L'intégration de ces différents types de capteurs crée une enveloppe de détection complète, hautement résistante aux contre-mesures et capable de fonctionner dans des environnements dégradés.

Des systèmes comme l'Oerlikon Skyranger de Rheinmetall intègrent ces ensembles multi-capteurs pour permettre la détection et le suivi de drones miniatures d'une envergure minimale de 20 cm à des distances tactiquement pertinentes.

Le traitement des données des capteurs a également progressé, grâce à des algorithmes d'intelligence artificielle qui fusionnent les informations provenant de sources multiples afin de créer des trajectoires de cible de haute précision, même lorsque certains capteurs présentent une détection incomplète ou intermittente. Ces capacités de détection garantissent que les systèmes d'armes modernes peuvent identifier et engager l'ensemble des menaces aériennes, des avions à voilure fixe traditionnels aux plus petits drones tactiques.

Perspectives et développements futurs

L'évolution future des systèmes de défense aérienne à canons est façonnée par plusieurs technologies émergentes qui promettent d'améliorer encore leurs capacités face à des menaces aériennes de plus en plus sophistiquées.

Les canons électromagnétiques représentent l'une des avancées les plus révolutionnaires à l'horizon, offrant potentiellement des vitesses initiales deux à trois fois supérieures à celles des canons à poudre conventionnels, ce qui augmente considérablement la portée d'engagement et réduit le temps d'acquisition de la cible.

Bien que des défis subsistent en matière d'alimentation électrique et de durabilité des canons, des entreprises comme BAE Systems et General Atomics continuent de progresser vers des applications tactiques de cette technologie. Des projectiles hypervéloces, capables de dépasser Mach 5, sont développés pour les canons conventionnels et électromagnétiques, permettant potentiellement aux systèmes à canons d'engager des cibles qui nécessitaient auparavant des intercepteurs de missiles.

La science des matériaux avancés contribue au développement de nouveaux revêtements de canons et de compositions de projectiles qui prolongent la durée de vie du système tout en améliorant ses performances.

Les armes à énergie dirigée, en particulier les lasers à haute énergie, sont de plus en plus intégrées aux systèmes d'armes traditionnels dans des configurations hybrides, comme le démontre le LAWS (Laser Weapon System) de l'US Navy.

De nouvelles formulations de propergol promettent des vitesses initiales accrues tout en réduisant l'usure du canon et la signature thermique.

Des systèmes de refroidissement avancés sont en cours de développement afin de relever les défis de gestion thermique liés aux cadences de tir élevées et soutenues, permettant potentiellement aux futurs systèmes de maintenir des cadences de tir maximales lors d'engagements prolongés sans dégradation des performances.

Ces avancées technologiques laissent présager que les systèmes d'artillerie continueront d'évoluer considérablement au-delà de leurs capacités actuelles, conservant ainsi leur pertinence dans les futures architectures de défense aérienne.

Les menaces hypersoniques, notamment les missiles de croisière et les planeurs hypersoniques se déplaçant à des vitesses supérieures à Mach 5, représentent un défi encore plus important. Si les systèmes d'artillerie traditionnels peinent à contrer de telles cibles à grande vitesse, les recherches sur les projectiles hypervéloces et les canons électromagnétiques visent à combler cette lacune.

La menace émergente des essaims de drones est peut-être la plus préoccupante : des attaques coordonnées utilisant de multiples plateformes sans pilote à bas coût, capables de saturer les défenses aériennes traditionnelles.

Les systèmes d'artillerie, avec leurs importants chargeurs et leurs capacités d'engagement rapide, offrent des solutions prometteuses face aux tactiques d'essaim.

Des entreprises comme Raytheon et Rheinmetall développent des capacités spécifiques de lutte contre les essaims, notamment des algorithmes de conduite de tir spécialisés qui optimisent la priorisation des cibles et les séquences d'engagement face à de multiples menaces simultanées.

L'évolution constante de ces menaces devrait entraîner une spécialisation accrue des systèmes de défense aérienne à canons, avec des systèmes optimisés pour des catégories de menaces spécifiques et déployés au sein de réseaux de défense intégrés.

Tendances en matière de systèmes hybrides et d'intégration

Le paysage futur de la défense aérienne sera de plus en plus marqué par des systèmes hybrides combinant des composants d'artillerie à d'autres technologies défensives au sein de modules intégrés optimisés pour des contextes opérationnels spécifiques.

Cette tendance est déjà visible sur des plateformes comme l'IM-SHORAD de l'armée américaine, qui associe un canon de 30 mm à des missiles Stinger et une mitrailleuse sur une plateforme unique.

Les développements futurs devraient pousser cette intégration encore plus loin, avec des systèmes uniques intégrant canons, missiles et armes à énergie dirigée, contrôlés par des systèmes de conduite de tir unifiés qui sélectionnent l'effecteur optimal en fonction des caractéristiques de la menace.

Le Skyranger 35 allemand illustre déjà cette approche, avec la possibilité d'intégrer des lanceurs de missiles à son canon principal de 35 mm.

Au-delà de l'intégration au niveau de la plateforme, les approches de systèmes de systèmes connecteront les systèmes de défense à l'artillerie à des réseaux plus vastes de capteurs et à des systèmes d'armes complémentaires.

Le système de commandement de combat de défense aérienne et antimissile intégré (IBCS) de l'armée américaine en est un bon exemple, reliant différents systèmes défensifs en réseaux coordonnés offrant une connaissance situationnelle partagée.

Une autre tendance d'intégration significative concerne les capacités anti-drones, avec le développement de systèmes d'artillerie spécialisés spécifiquement dédiés à ce rôle. Le Skyranger 30 de Rheinmetall illustre cette spécialisation, optimisé pour l'engagement de cibles aériennes petites et agiles.

Face à la diversification croissante des menaces, cette tendance vers les systèmes hybrides et l'intégration réseau devrait s'accélérer, les composants à canon conservant un rôle crucial au sein d'architectures défensives plus larges, grâce à leur rapport coût-efficacité et à leur capacité d'engagement rapide contre des catégories de menaces spécifiques.

Les avantages du système au canon

- **Maturité et fiabilité éprouvée au combat**, contrairement au laser encore en phase de démonstration.
- **Coût par engagement radicalement inférieur** à celui des systèmes missiles, avec un rapport pouvant atteindre 1 pour 200 selon les estimations de Northrop Grumman, et un coût par interception jusqu'à **99,5 % inférieur** à celui d'un missile intercepteur.
- **Profondeur de magasin considérablement supérieure** — jusqu'à **15 fois plus de coups disponibles** à bord d'une même plateforme selon Northrop Grumman : un camion équipé d'un canon peut transporter beaucoup plus de munitions qu'une batterie de missiles ne peut transporter d'intercepteurs, et un navire en mer peut embarquer davantage de munitions qu'il ne pourrait porter d'intercepteurs d'autodéfense. **Néanmoins, les** cadences de tir élevées nécessitent des réserves de munitions importantes, ce qui pose des défis logistiques lors d'engagements prolongés. La capacité à maintenir une couverture défensive pendant de longues périodes sans ravitaillement constitue un autre atout opérationnel majeur, notamment lors d'opérations expéditionnaires ou de déploiements avancés où les chaînes logistiques peuvent être mises à rude épreuve.

- **Absence de dépendance à une source d'énergie électrique continue**, contrairement au laser, l'obus est autonome une fois tiré.
- **Efficacité même en essaim dense** — une salve peut engager plusieurs cibles quasi simultanément, contrairement au temps d'exposition séquentiel requis par un laser.
- **Insensibilité au brouillage électronique** pour les munitions à fusée de proximité classique, contrairement à certains systèmes guidés par capteur.
- **Rôle de filet de sécurité fiable** en dernière ligne de défense : si les couches extérieures (Patriot, THAAD, futurs LCI) échouent à intercepter une cible, ou si leurs stocks doivent être rationnés pour les menaces prioritaires, le canon reste disponible et prévisible.
- **Solution autonome pour les zones à faible menace**, sans nécessiter le déploiement d'une architecture SAM complète.
- Outre le coût direct des munitions, les systèmes à canons nécessitent généralement des chaînes logistiques et une infrastructure de maintenance moins complexes.
- Les systèmes d'artillerie modernes présentent également des avantages opérationnels en termes de temps de réaction. Des systèmes comme l'Oerlikon Skyranger de Rheinmetall sont capables d'engager les menaces quelques secondes après leur détection.

L'artillerie antiaérienne joue un rôle crucial dans les systèmes de défense aérienne intégrés (IADS), qui combinent capteurs, réseaux de commandement et de contrôle, et effecteurs tels que canons et missiles. Dans une stratégie de défense multicouche, les canons antiaériens neutralisent les menaces à courte portée et à basse altitude, tandis que les systèmes de missiles sol-air (SAM) ciblent les objectifs à haute altitude ou à longue portée.

Cette approche garantit une couverture complète, protégeant ainsi les infrastructures contre diverses menaces aériennes.

En milieu urbain ou en environnement contesté, les canons antiaériens assurent la défense ponctuelle des infrastructures critiques, telles que les aéroports, les centres de commandement ou les installations civiles. Leur capacité à fournir une puissance de feu soutenue les rend idéaux pour neutraliser les opérations aériennes ennemies, notamment dans les scénarios où la guerre électronique perturbe les missiles à guidage radar.

Les inconvénients et limites du système au canon

- **Portée effective plus courte** que les systèmes missiles longue portée, typiquement 2 à 3 km pour un canon 30mm (comme le XM813 du Sgt. Stout), un peu plus de 4 km pour un système 35mm, contre des dizaines voire centaines de kilomètres pour un Patriot ou un THAAD. Les lois physiques inhérentes aux trajectoires balistiques imposent des limitations de portée qui restreignent les zones d'engagement par rapport aux alternatives à base de missiles. Même les systèmes à canons conventionnels les plus avancés sont généralement limités à des portées efficaces inférieures à 5 kilomètres. Les limitations d'altitude restreignent également les types de cibles pouvant être engagées, la plupart des systèmes étant optimisés pour les menaces à basse altitude.
- **Vulnérabilité à la guerre électronique** : Les systèmes à guidage radar peuvent être brouillés ou leurrés, ce qui réduit leur efficacité. Les systèmes à canons modernes doivent également faire face à des contre-mesures de plus en plus sophistiquées, notamment des systèmes de guerre électronique conçus pour dégrader les performances radar et des leurres sophistiqués destinés à perturber les systèmes de ciblage.
- Les facteurs environnementaux présentent des défis supplémentaires, les fortes précipitations ou la poussière pouvant affecter les performances des capteurs et les calculs balistiques.
- **Inefficace contre les menaces balistiques et hypersoniques** — le canon n'est structurellement pertinent que contre les cibles subsoniques (drones, missiles de croisière lents). L'importance croissante des menaces hypersoniques représente sans doute le défi technique le plus important, car leurs vitesses extrêmes mettent à rude épreuve la capacité des systèmes d'armes conventionnels à établir des solutions d'interception efficaces.
- **Contrainte physique de plateforme** — les 15 critères de la RFI mentionnent explicitement la nécessité de ne pas dépasser les contraintes physiques du véhicule porteur, ce qui limite la taille des munitions et donc leur portée/puissance terminale.
- **Dépendance à une chaîne de capteurs performante** — sans un mélange fiable de radars et capteurs électro-optiques/infrarouges capables d'opérer dans toutes conditions, l'efficacité du canon reste théorique. L'intégration des systèmes à canons dans des réseaux de défense aérienne plus vastes demeure techniquement complexe, nécessitant des interfaces et des protocoles sophistiqués pour garantir un partage d'informations fluide et des réponses coordonnées.

Le paysage concurrentiel déjà en présence

- **Sgt. Stout** (Armée de terre) — canon 30mm XM813 sur Stryker, cadence ~200 coups/minute, portée effective 2-3 km, combiné à des lanceurs Stinger/Hellfire interchangeables.
- **MADIS** (Corps des Marines) — canons 30mm et mitrailleuses sur véhicules.
- **Skyranger 35 / Skyshield** (Rheinmetall, Allemagne) — canon revolver 35mm x 228, cadence jusqu'à 1 000 coups/minute, portée effective jusqu'à 4 km, déjà livré à l'Ukraine et monté sur châssis Leopard 1 ; Skyshield en est la version fixe.
- **Skynex** (Rheinmetall) — architecture de référence en matière de munitions AHEAD, l'un des systèmes canon les plus matures actuellement en service.
- **Raid Hunter / Cannon-Based Air Defense (CBAD)** (Northrop Grumman) — système 50mm dévoilé le 11 août 2026, combinant munitions guidées de calibre moyen avec des capteurs en couches et des réseaux de gestion de combat, conçu spécifiquement contre les raids aériens massifs et mixtes.
- **RapidFire** (Thales/KNDS France) — canon 40mm x 255, cadence jusqu'à 200 coups/minute (80 recommandée), portée effective 4 km, 70 munitions prêtes au tir en tourelle (extensible à 140), déjà en production depuis 2022.
- **RFI parallèle de l'Armée de terre** (juillet 2026) — recherche un système canon 50mm dédié aux drones de Groupes 1 à 3, antérieure et de périmètre plus restreint que celle de l'Air Force. « *La guerre a évolué. Les forces de défense aérienne doivent pouvoir se défendre contre des raids de grande envergure et complexes, conçus pour submerger les solutions de défense traditionnelles* », a déclaré Kenn Todorov, vice-président et directeur général de la division commandement, contrôle et intégration des armements chez Northrop Grumman.

Un système multi-couches

L'interception de missiles, de canons et de drones a démontré sa capacité à neutraliser le Shahed. Seule l'interception de drones offre un coût équivalent à celui de la cible. L'interception de missiles est fiable par tir, mais difficilement viable à grande échelle. L'interception par canon est peu coûteuse par tir, mais sa portée est limitée. L'interception de drones est économiquement viable et se heurte désormais à un déficit de vitesse par rapport aux variantes du Shahed à réaction en cours de développement.

La doctrine moderne de défense aérienne des pays occidentaux a évolué vers une conception plus nuancée des systèmes d'artillerie et de missiles, perçus comme complémentaires plutôt que concurrents, chacun présentant des avantages distincts face à des menaces spécifiques.

Cette complémentarité se manifeste dans le concept de défense multicouche, où les systèmes d'artillerie constituent généralement la couche de protection la plus interne, après que les systèmes de missiles à longue portée ont neutralisé les menaces distantes.

Des systèmes comme l'Aegis de l'US Navy combinent les missiles SM-2/SM-6 à longue portée pour la défense de zone avec le système Phalanx CIWS pour la défense ponctuelle, créant ainsi une enveloppe de protection complète.

La dimension économique de cette relation est particulièrement importante : les systèmes d'artillerie offrent des solutions rentables contre les cibles de faible valeur, tout en préservant les stocks de missiles pour les menaces de haute valeur dépassant les capacités d'engagement des canons.

Les performances différentes de ces systèmes créent également des avantages complémentaires : les missiles offrent une portée et une couverture en altitude étendues, tandis que les canons assurent des temps de réponse rapides, une capacité de tir soutenue et une efficacité contre les cibles plus petites et plus rapides à courte portée.

Cette complémentarité s'étend aux contre-contre-mesures, car les systèmes d'artillerie et de missiles utilisent souvent des technologies de ciblage différentes, qui peuvent ne pas être simultanément vulnérables aux mêmes tactiques de guerre électronique.

L'évolution future de cette relation semble s'orienter vers une intégration encore plus poussée, avec des systèmes de conduite de tir unifiés sélectionnant automatiquement la méthode d'engagement optimale en fonction des caractéristiques de la menace, de la portée et de la gestion des ressources défensives.

Des programmes comme le système de commandement intégré de défense aérienne et antimissile (IBCS) de l'armée américaine illustrent cette tendance, créant des réseaux où les systèmes d'artillerie et de missiles partagent des données de ciblage et coordonnent les engagements.

Cette évolution vers des défenses intégrées et multicouches garantit que les systèmes d'artillerie resteront des composantes essentielles des architectures de défense aérienne globales, au lieu d'être rendus obsolètes par la technologie des missiles.

Le paysage actuel se caractérise par des approches de plus en plus interconnectées et intégrées, où les systèmes d'artillerie constituent des composantes essentielles de défenses multicouches plutôt que des solutions autonomes. Cette tendance à l'intégration devrait s'accélérer, les systèmes futurs étant caractérisés par une hybridation tant au niveau de la plateforme qu'au niveau du réseau.

Les avancées technologiques évoquées – notamment les projectiles hypervéloces, les systèmes de lancement électromagnétiques, les munitions programmables et les applications d'intelligence artificielle – laissent entrevoir des améliorations significatives

des performances qui consolideront le rôle de ces systèmes au sein d'architectures de défense aérienne équilibrées.

Face à la diversification et à la prolifération croissantes des menaces aériennes, les atouts fondamentaux des systèmes d'artillerie, rapidité de réaction, capacité de stockage importante et rentabilité, garantissent leur maintien au sein des capacités militaires occidentales pour l'avenir prévisible, en complément, et non en remplacement, des autres technologies de défense.

Interception de missiles : Efficace par tir, limitée par la profondeur du chargeur

Les systèmes Patriot PAC-3, NASAMS (basé sur l'AMRAAM), Iris-T SL, Gepard et Iron Dome sont tous capables de neutraliser un Shahed à chaque engagement.

La capacité de stockage (le nombre d'intercepteurs disponibles avant réapprovisionnement) constitue la contrainte majeure lors des campagnes prolongées. L'Iris-T SL, à environ 430 000 \$ l'unité, présente un rapport coût-efficacité plus favorable que le Patriot (9:1 contre 22:1 face au Shahed), mais sa capacité de stockage est limitée.

Les intercepteurs israéliens Iron Dome Tamir, à environ 40 000 à 50 000 \$, représentent l'option la plus économique et la plus avantageuse de sa catégorie, bien qu'ils restent onéreux au regard des taux d'utilisation iraniens et que leur intégration soit spécifique au contexte israélien.

Le système d'interception Gepard de 35 mm, vendu environ 5 000 \$ la rafale, s'est avéré efficace en Ukraine contre les missiles Shahed à courte portée.

Ce type de système nécessite que le Shahed se trouve à quelques kilomètres, ce qui signifie qu'il constitue un dernier rempart et non une solution de contre-attaque à grande échelle.

Interception de drones : la seule méthode à coût égal à l'échelle opérationnelle

D'un point de vue industriel, seuls les pays en guerre (Ukraine, Russie et Iran) produisent actuellement en masse des drones à longue portée. Les États-Unis produisent un nombre [plus restreint](#), mais apparemment croissant, de drones LUCAS.

La production ukrainienne de drones intercepteurs atteignait environ 1 000 unités par jour en avril 2026, avec plus de 100 fabricants nationaux actifs dans ce secteur et plus de 40 financés par la plateforme Brave1, le système d'acquisition géré par **les Forces ukrainiennes de systèmes sans pilote**.

Le programme a détruit 33 000 drones russes de différents types rien qu'en mars 2026, soit le double de la production du mois précédent, contre des cibles incluant les variantes Shahed, Gerbera, Molniya, Zala et Orlan. Les chiffres spécifiques au Shahed ne sont pas publiés.

Le système d'intelligence artificielle Merops (Projet Eagle), soutenu par l'ancien PDG de Google, Eric Schmidt, est entré en service au sein des forces ukrainiennes à la mi-2024. Un rapport attribue à Merops une part importante des destructions de drones Shahed sur au moins une partie du théâtre d'opérations ukrainien (environ 40 %), avec plus de 1 000 interceptions confirmées accumulées avant son déploiement par le CENTCOM.

Ce chiffre de 40 % n'est pas corroboré de manière indépendante et impliquerait une extrapolation au-delà des 1 000 interceptions confirmées si on l'appliquait au total de 33 000 interceptions effectuées par drones en mars 2026 ; cette affirmation se réfère probablement à un secteur spécifique, une période de campagne ou un sous-ensemble de drones Shahed, plutôt qu'à une part globale des destructions de drones Shahed sur l'ensemble du théâtre d'opérations.

Le système utilise un guidage terminal par vision artificielle piloté par l'IA, résistant au brouillage GPS et de guerre électronique, est monté sur camion et coûte entre 14 000 et 15 000 dollars.

D'autres systèmes actifs sont actuellement en production ou sous contrat. Quantum Systems a passé commande de 15 000 intercepteurs STRILA pour la Garde nationale ukrainienne le 28 mars 2026, prenant une participation dans le développeur WIY Drones.

L'intercepteur Sting de Wild Hornets, imprimé en 3D et transportable dans un sac à dos, coûte entre 1 000 et 2 500 dollars l'unité. Il a été piloté manuellement, certaines variantes intégrant l'imagerie thermique et le suivi radar. L'Octopus d'Ukrspesystems a obtenu une licence pour sa production au Royaume-Uni.

Les intercepteurs FPV ne sont pas strictement à usage unique. En cas de cible manquée ou d'engagement interrompu, les drones intercepteurs peuvent souvent atterrir et être réutilisés, ce qui modifie la modélisation du coût du cycle de vie.

Le taux de récupération n'est pas publié. Le coût unitaire n'est pas équivalent au coût par destruction réussie d'un Shahed. Avec un ratio de 2:1 ou 3:1 tirs par destruction, le coût par destruction augmente proportionnellement, ce qui risque de compromettre la parité des coûts du Merops par rapport aux variantes Shahed d'entrée de gamme.

La course de vitesse à réaction

La Russie se tourne vers des variantes à réaction du Shahed, capables de dépasser les performances des intercepteurs à hélices actuels. L'Ukraine a réagi sur deux fronts : un programme d'intercepteur à réaction financé par l'EU4UA, avec un seuil de vitesse de 450 km/h et des décisions d'acquisition imminentes dès avril 2026 ; et l'intercepteur à réaction Bullet, présenté publiquement et revendiquant une vitesse maximale de 450 km/h.

Des rapports opérationnels récents indiquent que les drones Sting ukrainiens (à hélices, vitesse maximale de 278 km/h) ont réussi à intercepter des variantes à réaction du

Shahed lors de certains engagements, suggérant que l'écart de vitesse entre les avions à hélices et à réaction n'est pas absolu lorsque la géométrie d'interception (angle d'incidence, altitude, approche) est favorable à l'attaquant.

La course à la vitesse se poursuit. Le déploiement à grande échelle de drones d'observation de combat Shahed à réaction et d'intercepteurs à réaction n'est pas encore confirmé.

Systèmes cinétiques émergents à faible coût : validés, acquis, mais pas encore déployés à grande échelle

Les systèmes APKWS, Harpe, Skyhammer, Coyote Block 2 et l'énergie dirigée sont chacun conçus spécifiquement pour combler l'écart entre coût et performance. Chacun d'eux est validé ou acquis. Aucun n'est déployé à l'échelle nécessaire pour égaler les cadences de production iraniennes prévues en avril 2026.

En avril 2026, BAE Systems a validé le système d'arme de précision avancé (APKWS) à guidage laser sur l'Eurofighter Typhoon, offrant ainsi une option de lutte anti-drones aéroportée pour un coût d'environ 15 000 à 20 000 dollars par engagement. Ce système est exclusivement aéroporté et nécessite le soutien d'une plateforme pour son lancement.

L'armée américaine a fait la démonstration du micro-missile Harpe à Fort Hood en avril 2026, avec un coût unitaire annoncé inférieur à 10 000 \$. Il s'agissait d'une démonstration, et non d'un déploiement opérationnel. La probabilité de destruction en un seul tir contre des cibles Shahed n'a pas été publiée, ce qui rend le coût par destruction réussie incertain.

Le Skyhammer de Cambridge Aerospace a été acquis par le ministère britannique de la Défense à un coût équivalent à celui du Shahed-136 (environ 20 000 à 50 000 dollars par obus), les premières livraisons étant prévues pour mai 2026. Pas encore testé au combat.

Le missile Coyote Block 2, composant du système FS-LIDS (Fixed Site-Low, Slow, Small UAS Integrated Defeat System), est inclus dans le contrat de ventes militaires à l'étranger de 18,5 milliards de dollars conclu avec les pays du Golfe et approuvé le 19 mars 2026. Son coût est estimé entre 50 000 et 100 000 dollars par missile. Les délais de livraison s'étendent généralement de 18 à 36 mois après l'approbation du contrat, ce qui repousse son déploiement au-delà de la période opérationnelle actuelle.

L'énergie dirigée est le seul mécanisme de neutralisation présentant un avantage structurel en termes de coût marginal (environ 0 \$ par tir après le déploiement du système).

Le Pentagone a fixé un délai de 36 mois, en mars 2026, pour le déploiement à grande échelle d'armes à énergie dirigée, conséquence directe du problème d'équilibre des coûts rencontré lors de l'opération Epic Fury.

Les limitations actuelles incluent les besoins en production d'énergie, l'atténuation du faisceau en fonction des conditions météorologiques, la concentration de la chaîne d'approvisionnement en terres rares dans les usines chinoises et une base industrielle encore immature.

Ce délai de 36 mois pour le déploiement explique la période de vulnérabilité maximale de 12 à 18 mois mentionnée dans le résumé introductif. L'énergie dirigée sera disponible, mais trop tard pour résoudre le problème opérationnel actuel.

L'US Army a attribué à AeroVironment un contrat de 464,8 millions de dollars dans le cadre du programme E-HEL (Enduring-High Energy Laser), le premier contrat de production d'un système à énergie dirigée de toute l'histoire militaire américaine.

Le système retenu, le LOCUST X3, est un laser modulaire de 20 à 35+ kilowatts, agnostique de plateforme (JLTV, configuration palettisée, potentiellement l'ISV), conçu pour neutraliser les drones des Groupes 1 à 3 du DoD, la catégorie de menace qui recouvre notamment les drones Shahed iraniens ayant le plus mis à l'épreuve les stocks d'intercepteurs américains ces derniers mois.

Le programme, géré par le PAE Fires de l'armée de terre, prolonge le prototype AMP-HEL et corrige les limites du système antérieur DE M-SHORAD.

Il répond à un problème avant tout économique : face à des drones coûtant parfois moins de 20 000 dollars, l'armée américaine était contrainte de riposter avec des intercepteurs à plusieurs centaines de milliers de dollars, produit en petite quantité.

Un déséquilibre qui a fini par vider les stocks de Patriot et THAAD pendant la guerre contre l'Iran. Le laser inverse ce rapport de force : un coût d'engagement inférieur à 5 dollars par tir, un magasin théoriquement illimité tant que l'électricité est disponible, des tirs extrêmement et précis, et un engagement à la vitesse de la lumière.

Néanmoins, ce n'est pas l'arme "parfaite". Il y a des limites réelles au système, développées à parité avec ses avantages : sensibilité aux conditions météorologiques (pluie, brouillard, poussière), nécessité de maintenir le faisceau sur cible plusieurs secondes (donc peu adapté aux cibles très rapides ou aux essaims très denses), forte contrainte énergétique et thermique, portée plus courte que les systèmes longue portée classiques, et encadrement réglementaire (l'accord obtenu avec la FAA après les essais de White Sands).

La conclusion situe E-HEL comme la pièce la plus radicale d'une architecture de défense désormais construite en couches complémentaires, munitions abordables, intercepteurs cinétiques low-cost, et désormais armes à énergie dirigée, chacune calibrée sur les limites structurelles des autres plutôt que sur une solution universelle unique.

Article complet ici : <https://themacroinsider.com/article/la-premiere-production-laser-militaire-de-l-histoire-americaine>

Guerre électronique : efficace sur les versions de base, considérablement dégradée par le Kometa-M

La guerre électronique constituait autrefois une contre-mesure très rentable face aux drones Shahed. Des brouilleurs radio logiciels bon marché, disponibles en Chine pour environ 50 dollars dans le commerce, ont réduit la précision des munitions guidées par GPS en Ukraine d'environ 90 % à 5-10 % en zones contestées.

Le brouillage GPS a détourné les drones de type Shahed de leurs cibles, comme l'ont confirmé les incidents survenus dans les pays baltes les 24 et 25 mars 2026, où le brouillage GPS russe a contraint des drones de combat ukrainiens chargés d'explosifs à dévier leur trajectoire vers l'Estonie, la Lettonie et la Lituanie.

Le Centre aérospatial allemand (DLR) a géolocalisé les brouilleurs GPS/GNSS russes terrestres responsables, confirmant ainsi l'existence d'une infrastructure de brouillage russe persistante.

La situation a évolué fin 2025. La puce de navigation anti-brouillage russe de troisième génération Kometa-M a été identifiée pour la première fois sur des drones Shahed interceptés au-dessus de l'Ukraine en décembre 2025.

La présence matérielle de matériel de guidage russe dans une cellule de fabrication iranienne a été confirmée le 1er mars 2026 lorsqu'un Shahed-136 a percuté la base aérienne d'Akrotiri, à Chypre, et que les débris récupérés ont permis de découvrir un module Kometa-M.

Cette intégration a inversé le sens des flux technologiques antérieurs : auparavant, l'Iran fournissait des cellules à la Russie ; désormais, la Russie fournit des composants de guidage essentiels à l'Iran.

Ces deux récupérations matérielles ne prouvent pas une généralisation à l'ensemble de la flotte, mais elles attestent de l'existence du module, de son transfert de la Russie vers l'Iran et de la réduction significative de l'efficacité de la guerre électronique contre les variantes de Shahed qui en sont équipées.

La trajectoire à long terme élimine totalement la surface d'attaque de guerre électronique. L'intégration en série par la Russie des terminaux Starlink de SpaceX dans les variantes Shahed, Gerbera, BM35 et Molniya a été confirmée par le ministre ukrainien de la Défense, M. Fedorov, le 29 janvier 2026.

Cette intégration assure la résilience des systèmes de commandement, de contrôle et de navigation grâce à une constellation de satellites commerciaux en orbite basse. La navigation autonome par fusion multisensorielle, démontrée par des essaims de drones

au-dessus de la base aérienne de Barksdale durant la semaine du 9 mars 2026, a permis de contrer le brouillage électronique à large spectre en fonctionnant sans GPS ni liaisons radiofréquences de contrôle.

Le guidage par fibre optique, comme celui du quadricoptère ukrainien Ptashka d'une portée opérationnelle de 50 km, élimine totalement les émissions GPS et radiofréquences, rendant les contre-mesures de guerre électronique structurellement inapplicables.

La guerre électronique demeure utile aux limites des fenêtres d'engagement : contre les drones équipés de récepteurs GPS non blindés, lors des opérations de lancement où les émissions radiofréquences sont inévitables, et en complément d'autres mécanismes de neutralisation plutôt qu'en tant que contre-mesure principale.

Elle ne représente plus l'avantage structurel en termes de coûts qu'elle avait par rapport aux variantes de base du système Shahed (2022-2024).

Expérience opérationnelle : Ukraine et opération Epic Fury

L'Ukraine et le théâtre du Golfe constituent ensemble l'ensemble de données opérationnelles sur les contre-mesures Shahed. L'Ukraine fournit quatre années de données continues à l'échelle industrielle. L'opération Epic Fury ajoute un test de résistance condensé de six semaines d'une architecture du Golfe centrée sur le système Patriot face à un déploiement massif iranien.

Ukraine 2022-2026 : Le guide de la défense à plusieurs niveaux

Depuis 2022, la Russie a lancé environ 60 000 munitions de type Shahed sur l'Ukraine. Les données agrégées sur les performances de la défense aérienne ukrainienne indiquent des taux d'interception de 83 à 88,5 % lors de tirs massifs, avec des taux d'interception de 88,5 % (26 février 2026), 88 % (27 février) et 83 % (23 février).

Ces chiffres signifient qu'une pénétration de 11,5 à 17 % se traduit par des dizaines d'impacts par engagement sur des cibles géographiquement dispersées. Des taux d'interception élevés sont nécessaires, mais stratégiquement insuffisants face aux volumes de munitions utilisés par la Russie.

La transition d'une interception basée principalement sur les missiles vers une interception mixte cinétique, de guerre électronique et de drones contre drones s'est accélérée sous l'effet des contraintes de production.

La trajectoire annoncée par la Russie, soit 1 000 sorties de Shahed par jour, engendrerait un coût d'attaque quotidien de 20 à 30 millions de dollars. L'interception ukrainienne par drones contre drones, au tarif d'environ 10 000 dollars par Shahed abattu, coûterait environ 10 millions de dollars par jour pour un volume équivalent, soit une inversion du modèle économique traditionnel des munitions rôdeuses.

La production industrielle ukrainienne constitue l'infrastructure indispensable à la viabilité des interceptions de drones. L'Ukraine a produit environ quatre millions de drones en 2025 et vise les sept millions en 2026, dépassant ainsi la production cumulée de tous les membres de l'OTAN.

Le modèle de rémunération à l'interception de la plateforme Brave1 lie directement les revenus du fabricant aux performances sur le champ de bataille, réduisant le cycle de développement et de déploiement à quelques semaines au lieu de plusieurs années.

Opération Epic Fury : Test de résistance du Golfe

La campagne massive de drones et de missiles lancée par l'Iran le 28 février 2026 contre les États du Golfe a mis en évidence l'inadéquation structurelle entre les architectures de défense aérienne du Golfe, optimisées pour la menace balistique, et l'emploi massif de munitions rôdeuses.

Les chiffres cumulés des engagements des Émirats arabes unis atteignaient 304 missiles balistiques et plus de 1 627 drones à la mi-mars 2026. Deux ensembles de chiffres concurrents existent pour la première frappe menée par le CCG du 28 février au 1er mars (estimation totale multi-états : 576/541/35 ; chiffres du gouvernement des Émirats arabes unis : 209/195/14).

Ce sont les chiffres de consommation qui ont motivé la réaction. Plus de 800 intercepteurs Patriot ont été utilisés en trois jours, à un coût d'environ 4,2 millions de dollars par tir, ce qui implique un coût substantiel de plusieurs milliards de dollars pour ces intercepteurs durant cette période.

La réaction des partenaires extérieurs a été immédiate. Les États-Unis ont déployé 10 000 drones intercepteurs Merops IA auprès du CENTCOM le 14 mars 2026, cinq jours après le début de l'opération Epic Fury.

L'Ukraine a déployé 228 spécialistes de la lutte anti-drones aux Émirats arabes unis, en Arabie saoudite, au Qatar, au Koweït et en Jordanie avant le 20 mars 2026, comme l'a confirmé Zelensky devant le Parlement britannique.

La répartition des tâches techniques était claire : les systèmes du Golfe gèrent les missiles balistiques ; les équipes ukrainiennes se concentrent sur l'interception des drones. La Grande-Bretagne a commencé à organiser une coalition de plus de 30 nations pour contrer les opérations de blocus iraniennes dans le détroit d'Ormuz, en s'appuyant sur l'expertise ukrainienne en matière de drones comme atout opérationnel transférable.

La présence de personnel ne garantit pas une capacité intégrée ; les filières de formation, le commandement et le contrôle locaux, les règles d'engagement et l'intégration des capteurs sont autant d'éléments essentiels. L'impact mesuré du déploiement de ces spécialistes sur les résultats des interceptions dans le Golfe n'a pas encore été publié.

Adaptation à l'adversaire : le cycle d'adaptation se déroule en mois

L'Iran et la Russie ne restent pas inactifs. Le matériel anti-brouillage (Kometa-M), les techniques de réduction de signature (propulsion électrique du Shahed-101), la diversification des architectures de navigation (Starlink, fibre optique, fusion multisensorielle), l'utilisation de leurres, la réduction du nombre de capteurs, le remplacement des ogives et les variantes à réaction contribuent tous à affaiblir les contre-mesures. Le cycle d'adaptation se mesure en mois.

La puce Kometa-M a déjà été présentée. L'intégration de Starlink dans les variantes Shahed, Gerbera, BM35 et Molniya, confirmée le 29 janvier 2026, offre un système de commande et de contrôle indépendant du GPS.

Les essais de drones de la base aérienne de Barksdale (12 à 15 drones par vague, environ 4 heures de vol stationnaire, navigation autonome par fusion multisensorielle résistante au brouillage à large spectre) ont démontré qu'une navigation résistante au déni GPS peut être mise en œuvre contre des installations stratégiques américaines. Le guidage par fibre optique passe des petites plateformes FPV aux applications à plus longue portée.

L'utilisation de leurres aggrave le problème du rapport coût-efficacité. Selon des analyses en sources ouvertes, 40 à 60 % des salves de Shahed, certains mois, sont composées de leurres Gerbera non armés ou faiblement armés, d'un coût unitaire d'environ 10 000 dollars, conçus pour épuiser les intercepteurs onéreux avant l'intervention des versions armées.

Les salves multitypes combinent le Shahed avec le Gerbera, l'Italma et d'autres types de drones, complexifiant ainsi l'optimisation des interceptions. La capacité de production russe de 19 000 drones FPV par jour, annoncée par la Russie, favorise une stratégie d'attrition basée sur le volume, indépendamment du taux d'interception par engagement.

Le remplacement des ogives par des armes russes introduit une nouvelle dimension. La Russie a déployé des charges utiles à fragmentation spécifiques sur les Geran-2 (désignation russe de production en série des sous-marins de la classe Shahed-136), notamment la BSF-50, remplaçant ainsi l'ogive iranienne d'origine et modifiant le profil d'effet cinétique.

Les interceptions tardives qui détruisent la cellule après l'armement de l'ogive ou pendant la descente finale peuvent encore causer des dommages collatéraux. Les calculs de rayon d'action des systèmes de défense doivent tenir compte de cette charge utile modifiée.

La tendance est sans appel : chaque niveau de contre-mesures fait face à des efforts d'ingénierie adverses constants, et le rythme d'adaptation s'accélère. Ce qui fonctionne

en avril 2026 pourrait ne plus fonctionner au troisième trimestre 2026 sans une adaptation continue des systèmes de défense.

La fenêtre de 12 à 18 mois

Le Shahed-136 n'est pas une cible difficile à détecter ou à neutraliser isolément. Le problème est d'ordre économique. À grande échelle, toute méthode d'interception dont le coût dépasse celui du drone qu'elle intercepte crée un désavantage structurel qui s'aggrave avec le temps.

Les solutions de contre-mesure convergent vers des solutions à coût équivalent (intercepteurs FPV, roquettes guidées de type APKWS, IA Merops, énergie dirigée), mais aucune n'est déployée à l'échelle nécessaire pour égaler les cadences de production iraniennes prévues pour avril 2026. La période de 12 à 18 mois précédant l'atteinte d'une densité opérationnelle pour les systèmes à coût équivalent représente la période de plus grande vulnérabilité.

Les contraintes majeures sont le rythme de production, la capacité de stockage des munitions et l'architecture industrielle, et non les performances d'interception par engagement. L'écosystème de production distribuée ukrainien (plus de 100 entreprises, une production de 1 000 unités par jour, un modèle de rémunération au rendement) a permis de développer la seule capacité de contre-mesures Shahed validée à coût équivalent.

Reproduire cette architecture dans les théâtres d'opérations du Golfe, d'Europe et de l'Indo-Pacifique dans les délais impartis constitue l'enjeu stratégique en matière d'acquisition, et non la simple existence de la technologie d'interception.

Cette tendance à la réduction des coûts va bien au-delà de Merops. Le Lincoln Laboratory du MIT a discrètement démontré ce qu'il est possible de réaliser : son arme reconfigurable à faible coût, ou L-CROW, associe une cellule imprimée en 3D à des pièces commerciales et à un logiciel gouvernemental. Le laboratoire la qualifie de « plus petit et moins cher au monde des missiles intercepteurs sol-air à courte portée, indépendants de la plate-forme, propulsés par fusée, de type “tir et oublie”, à guidage électro-optique, de type sol-air », visant directement cette fourchette de prix inférieure à 1 000 dollars.

Son programme « Small Inexpensive Counter Air » (SICA) a mis au point un véhicule anti-drone dont le laboratoire estime le coût à moins de 7 000 dollars.

Le spectre n'est donc pas vide. Il s'agit d'une échelle, déjà déployée ou sur le point de l'être, et le budget de l'armée pour l'exercice 2027 se lit comme un tableau des échelons. Au sommet se trouvent des programmes tels que le Next Generation Short-Range Interceptor, conçu, selon le budget, pour remplacer le Stinger « à moindre coût », aux

côtés des missiles anti-drones de nouvelle génération et du RoadRunner d'Anduril, dans la fourchette de 200 000 à plus de 300 000 dollars.

En dessous, le Coyote, que le budget qualifie de « composant clé du système de systèmes de lutte contre les petits drones ».

Plus bas encore, l'APKWS de BAE, auquel le budget attribue la capacité de neutraliser les « menaces de drones des groupes II à III », pour un coût compris entre 25 000 et 50 000 dollars.

Et tout en bas, le Merops, le SICA et le L-CROW. Sans oublier la multitude d'intercepteurs hautement performants et ayant fait leurs preuves au combat, produits par l'Ukraine et d'autres alliés, trop nombreux pour être tous cités.

La menace Shahed-136 ne sera pas résolue en 2026. Elle peut être contenue à des niveaux économiquement viables d'ici 2028 si les systèmes à coût équivalent se développent plus rapidement que la production iranienne et si l'architecture industrielle (production dispersée, approvisionnement au coût par élimination, boucles de données en temps réel sur le champ de bataille) est exportée hors d'Ukraine.

La course à l'adaptation entre les contre-mesures iraniennes et russes et les contre-adaptations occidentales continuera de définir le cadre opérationnel dans les théâtres d'opérations du Golfe, d'Europe et de l'Indo-Pacifique.

L'artillerie antiaérienne demeure un élément essentiel de la défense aérienne, s'adaptant aux nouvelles menaces telles que les drones et les armes hypersoniques. Si les missiles occupent une place centrale dans la guerre moderne, la rentabilité, la rapidité d'intervention et la polyvalence des canons antiaériens garantissent leur pertinence continue. Avec les progrès technologiques, l'intégration de l'IA, des lasers et des systèmes en réseau renforcera encore leurs capacités, assurant ainsi leur place dans l'avenir de la défense.