

Alba & co

Exploring new horizons *Together*

Armes à énergie dirigée: une réponse adaptée au nouveau paradigme du champ de bataille



Une réponse technologique et financière nécessaire à la saturation du champ de bataille, à la question de l'économie du tir et au cycles de développement réduits

Les armes à énergie dirigée (AED), un temps délaissées, semblent aujourd'hui bénéficier d'un regain d'intérêt de la part des forces armées. Basées sur deux technologies différentes, laser et micro-ondes, elles se caractérisent par un **coût marginal par tir extrêmement faible et des cadences d'engagement élevées, soutenant des défenses en flux tendu**.

Ces technologies semblent fournir une réponse crédible aux **ruptures technologiques et au changement de paradigme observés sur le champ de bataille Russo-Ukrainien**. En effet, ce dernier se caractérise par deux évolutions majeures:

- **La saturation de l'espace par les drones**, dont la production annuelle cumulée de la Russie et de l'Ukraine devrait atteindre **8 millions d'unités en 2025 contre quelques centaines de milliers au début du conflit**
- Le développement en cycles très courts, quelques mois, de nouveaux vecteurs

Ces deux évolutions rendent, **la plupart des systèmes de défense actuels inadaptés** en termes d'efficacité et de coûts. En effet, selon certaines estimations sur place **les drones FPV génèrent à eux seuls plus de deux-tiers des pertes sur certaines zones du conflit**. En ce qui concerne les drones de taille plus importante, les moyens défensifs se limitent souvent aux missiles anti-aériens (Patriot/Aster) au coût unitaire de **plusieurs millions d'euros pour abattre des drones de type Shaded à 20,000\$ l'unité**.

Dans ce contexte, les AED apparaissent comme une réponse idéale pour combler l'asymétrie croissante sur le champ de bataille.

Deux technologies aux applications et niveaux de maturité divers

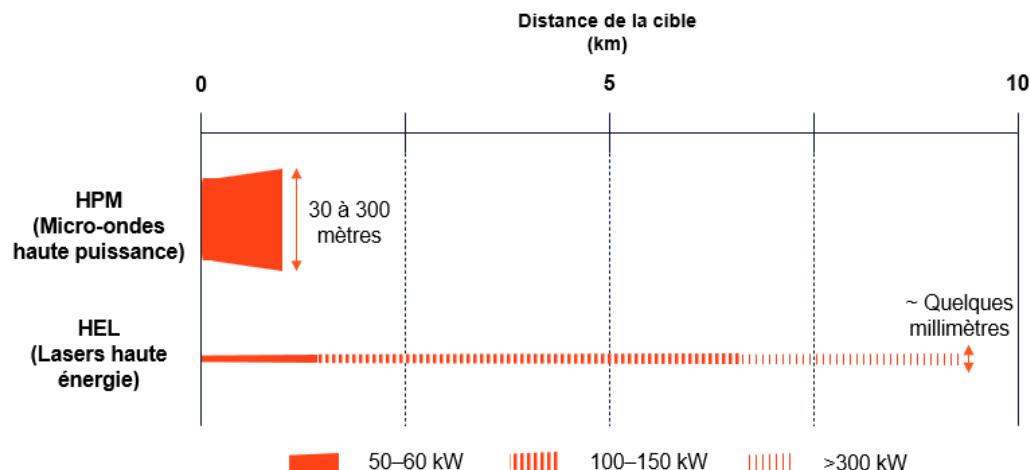
Les armes à énergie dirigée se déclinent en **deux grandes technologies complémentaires** :

- **Les micro-ondes haute puissance (HPM)** : elles visent la neutralisation non cinétique de l'électronique, avec un effet de zone particulièrement pertinent contre les essaims/salves et des variantes non létales. D'un point de vue développement, elles sont aujourd'hui principalement au **stade de prototypes/pré-séries**, avec une adoption contrainte par la portée effective et les exigences de conformité/sécurité.
- **Les lasers haute énergie (HEL)** : elles adressent prioritairement des missions de défense rapprochée et de moyenne portée (C-UAS, C-RAM, SHORAD), avec des portées variées fortement selon les puissances et les environnements (supports et conditions métrologique). Les systèmes d'une puissance de 50–150 kW sont intégrés et testés alors que ceux plus puissant (>300 kW) sont aujourd'hui à l'état de démonstrateur.

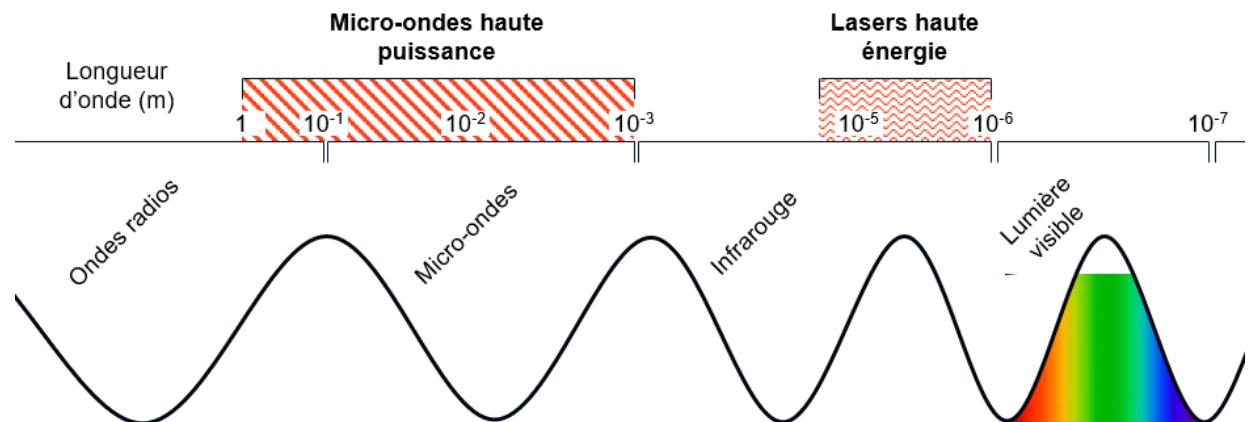
Principales caractéristiques des technologies

Dimension	Principe physique	Avantages	Limites
HPM (Micro-ondes haute puissance)	Des impulsions électromagnétiques induisent des interférences électriques capables de perturber ou d'endommager les systèmes électroniques.	- Effet de zone multicibles - Logistique allégée (pas de munitions) - Moins sensible que HEL à la météo	- Portée limitée - Diminution de la puissance en fonction de la distance ($\propto \frac{1}{r^2}$)
HEL (Lasers haute énergie)	Rayonnement laser focalisé (IR/visible) provoquant un échauffement rapide et localisé pouvant conduire à la dégradation ou la rupture du matériau	- Coût par tir très faible - Cadence élevée - Magasin profond selon la capacité de la source d'énergie - Précision/gradation des effets - Limitation des dommages collatéraux	- Très sensible à l'atmosphère (brouillard, pluie, aérosols), aux turbulences, ligne de visée - Besoins en énergie, puissance et en refroidissement important

Portées et périmètres d'action par technologie et par puissance



Longueurs d'onde des différentes technologies



Principales applications et supports selon les technologies et puissance

Technologie	Puissance	Applications						Supports				
		 C-UAS (Drones)	 Petite embarcation	 C-RAM (Roquettes, artillerie)	 Missiles de croisière	 Missiles bal./hyperso.	 Dazzle capteurs EO/ISR	 Neutralisa. capteurs / com.	 Site fixe terrestre	 Intégration terrestre	 Intégration navale	 Intégration aérienne
HPM (Micro-ondes haute puissance)		✓					(✓)	✓	✓	✓	✓	✓
50–60 kW		✓	(✓)	(✓)			✓		✓	✓	✓	(✓)
HEL (Lasers haute énergie)	100–150 kW	✓	✓	✓	✓	(✓)	✓	✓	✓	✓	✓	(✓)
~300 kW		✓	✓	✓	✓	✓	(✓)	✓	✓	✓	✓	(✓)



Application ou support possible



Application ou support à efficacité limitée

Le **support conditionne directement les capacités opérationnelles des AED**, car il détermine la puissance et l'énergie électrique mobilisable, la capacité de refroidissement, la stabilité de pointage et l'environnement de propagation (portée/qualité du faisceau). À technologie identique, ces paramètres propres au support peuvent entraîner des écarts substantiels de portée, de cadence et de probabilité d'effet selon les cas d'usage.

Les sites fixes et les bâtiments navals offrent les meilleurs bilans des AED, tandis que l'intégration à la composante aéroportée demeure limitée en raison de ses contraintes (masse, volume, énergie disponible, refroidissement).

Principaux projets par pays d'HEL (Lasers haute énergie)

Pays	Nom du projet	Entreprise	Puissance	Portée	Statut	Application
	DE M-SHORAD		~50 kW		4 en service	Terre Stryker A1 8x8
	HELIOS		~60 kW	7 km	1 en service	Mer / Destroyer Arleigh Burke Preble
	LWSD		~150 kW		1 en service	Mer / San Antonio-class amphibious transport
	IFPC-HEL (1 & 2)		~300kW		En service (Phase 1)	Terre
	OW5-A50		10 - 30 – 50 kW	2 km (50kW)	En service	Terre
	Silent Hunter		30 - 100 kW	1 km	En service	Terre
	LY-1		n.c	n.c	n.c	Terre
	HELMA-P		≈2 kW	1 km	2025	Terre
	SYDERAL Phases 1 à 3	 	50 - 150 - 300 kW	Plusieurs km n.c phases 2 et 3	2030 - n.c - n.c	Mer
	DragonFire	 	~50–60 kW	Plusieurs km	2027	Mer
	PESCO DES	 	10 -100 kW		2029	Terre / Mer / Air
	TALOS-TVVO	  	≥100 kW		2030	
	Iron Beam		≥100 kW	7 km	En service	Terre
	ARGE	 	≥100 - ≥150 kW		2029	Terre / Mer

Alba & co

Exploring new horizons **Together**

27 - 29, rue de Bassano | 75008 Paris

Isabelle Carrère | Managing Partner

isabelle.carrere@alba-andco.com | +33 6 82 84 59 11

