

## Les armes laser : vers une entrée timide dans l'arène du combat naval à l'orée de la prochaine décennie

Dans la littérature prospective, les lasers occupent une bonne place parmi les armements futurs censés révolutionner le champ de bataille du XXI<sup>ème</sup> siècle. Ces espoirs – ou craintes – se nourrissent des images de la science-fiction, un arrière-plan d'ailleurs alimenté par les communications des institutions et des industriels eux-mêmes. Des critères plus objectifs comme le faible coût d'emploi de ces armes, leur puissance de feu, la gradation des effets, viennent consolider les certitudes chez bon nombre d'analystes. Pour autant, malgré soixante ans de développement et des tests prometteurs, on ne compte encore aucun système opérationnel à grande échelle, à l'exception de systèmes d'autoprotection des plates-formes. En effet, c'est la circonspection qui domine encore récemment parmi les gestionnaires de programme et utilisateurs opérationnels, notamment outre-Atlantique : qu'apportent ces systèmes par rapport aux autres armements ? Comment les rendre opérationnels ? Cette circonspection a été attisée par les promesses de certains industriels et d'autres acteurs de la R&D. L'aboutissement d'une capacité enfin opérationnelle « *dans les cinq ans* » était d'ailleurs devenu un *Joke*<sup>1</sup>. Or, il semble que l'on atteigne ces dernières années un niveau de maturation rendant certains de ces dispositifs enfin intéressants et que la réticence fasse place à un optimisme prudent. Alors que les programmes de recherche d'armes terrestres sont les plus nombreux, c'est bien dans le milieu naval que les premières applications opérationnelles devraient voir le jour dans les trois ans.

### Le fonctionnement du laser

Le LASER (*Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation*) est un dispositif d'émission stimulée d'un faisceau lumineux monochromatique, unidirectionnel et dont les ondulacions sont cohérentes (ou ordonnées) contrairement aux rayons lumineux classiques. Certaines armes émettent à des longueurs d'onde dans le spectre visible (laser vert). Cependant, la plupart émettent dans le spectre infrarouge, allant d'environ 1  $\mu\text{m}$  à 10  $\mu\text{m}$ .

Rappelons leur principe de fonctionnement : l'émission stimulée est obtenue tout d'abord par une source d'énergie externe, telle que des émissions lumineuses ( $\gamma$  compris

d'autres lasers), des décharges électriques ou encore des réactions chimiques. Cette source d'énergie permet l'excitation (ou le pompage) d'un « milieu », c'est-à-dire un type de matériau. C'est la nature de ce matériau qui détermine les grandes catégories de laser : généralement chimique ou solide (*Solid State Laser*, SSL). Le laser peut également être obtenu par une accélération d'électrons, ce qu'on appelle le « laser à électrons libres » (*Free-Electron Laser*, FEL). Cette excitation consiste en une « inversion de population », c'est-à-dire l'obtention d'une majorité de particules excitées au sein du milieu, lequel restitue alors suffisamment de photons, sous une forme cohérente. Le milieu est placé dans une cavité de résonance entourée de miroirs permettant *in fine* de produire le faisceau désiré. Produire et pointer un faisceau n'est pas suffisant pour garantir son efficacité. Ainsi, la propagation atmosphérique atténue la qualité du faisceau. Les lasers les plus puissants génèrent même des « défocalisations thermiques » (*Thermal Blooming*) lorsque les molécules d'air et d'aérosols traversées s'échauffent trop et dévient la trajectoire du faisceau. En outre, les turbulences atmosphériques impliquent des variations aléatoires de l'indice de réfraction de la lumière générant la déviation, l'élargissement ou la scintillation du faisceau. Pour conserver son efficacité, l'arme laser doit donc intégrer des optiques adaptatives comprenant un « analyseur de surface d'onde » pour mesurer ces turbulences et un miroir déformable permettant de les compenser.

L'efficacité et l'efficience d'une arme laser dépendent de plusieurs paramètres liés :

- ◆ **La puissance** de sortie de l'arme est la plus connue. Il s'exprime en Watt. Les puissances des armes laser peuvent aller de plusieurs Kilowatt (kW) à plus d'un Mégawatt (MW) ;
- ◆ **La puissance délivrée par le laser sur la zone de la cible illuminée** (« *power in the bucket* » PIB), généralement une tâche de plusieurs centimètres de diamètre, est cependant un critère plus important. Elle varie en fonction de multiples paramètres : puissance de sortie, pupille du laser, focalisation, qualité du faisceau, distance, correction des turbulences atmosphériques. Le *Beam Propaga-*

tion Factor (BPF) est ainsi la fraction de puissance délivrée par rapport à la puissance de sortie de l'arme ;

- ◆ **La qualité du faisceau.** Pour beaucoup de lasers, ayant un profil gaussien, un des paramètres importants est la divergence du faisceau par rapport à l'axe de propagation. Elle est exprimée en «  $M^2$  » (ne pas confondre avec mètre carré). Une qualité optimale de faisceau correspond à un  $M^2=1$ . Plus le  $M^2$  est élevé, moins la qualité de faisceau est bonne. La plupart des scientifiques estiment cependant que cette mesure n'est pas pertinente pour évaluer l'efficacité des lasers à fibres combinés ;
- ◆ **Le rendement,** c'est-à-dire le ratio entre la quantité d'énergie délivrée pour le pompage et la puissance du faisceau produit, qui conditionne les contraintes d'évacuation de la chaleur et de signature thermique ;
- ◆ **Le facteur SWAP-C** (*Size, Weight and Power-Cooling*) qui conditionne, non pas tant l'efficacité du laser en soi, mais son intégration dans un système d'arme. La puissance maximale d'un laser opérationnel dépend de ce facteur SWAP lui-même tributaire du rendement du laser.

### Le SSL à fibres et la combinaison de faisceaux : principales solutions pour les armes tactiques<sup>2</sup>

Les projets d'arme laser relèvent de deux grands types. Les **lasers chimiques** représentent la technologie la plus mature. Ils se caractérisent par une grande qualité de faisceau, un bon rendement (30% pour certains) et une grande puissance laquelle peut dépasser le MW, ce depuis plusieurs décennies. En revanche, ils souffrent d'un fort encombrement, de la toxicité du médium chimique et d'une faible autonomie.

Ces contraintes conduisent à privilégier désormais les **lasers à état solide** déjà les plus répandus pour les autres applications militaires. Le solide en question peut tout d'abord être une barre, plus récemment un disque ou une plaque, composé de verre ou de cristal "dopé" par des atomes iodés de Néodyme. Par rapport aux lasers chimiques, ces SSL présentent l'avantage de la compacité, de l'excitation électrique, de l'autonomie, du rendement, lorsque le pompage s'effectue par des diodes laser elles-mêmes (plus de 50%) et du BPF. Ils sont en revanche nettement moins puissants. Surtout, à ces fortes puissances, la chaleur dégrade le médium et nécessite des techniques de refroidissement compliquant les architectures et dégradant le rendement et la qualité de faisceau. **Les lasers à fibre optique** constituent une autre catégorie de SSL. Ces fibres sont dopées avec des ions de terre rare (comme l'Ytterbium par exemple), pompées par diodes et émettent en continu. Leur usage a explosé dans l'industrie depuis les années 1990<sup>3</sup>. **Ces SSL à fibres sont les solutions les plus souvent choisies pour le développement des armes tactiques.** La fibre semble en effet parée de toutes les vertus, surclassant les autres SSL en termes de simplicité de fabrication, de compacité, de rendement et de dissipation de la chaleur, de durabilité, de qualité du faisceau et BPF. En revanche, son petit diamètre signifie une charge thermique élevée susceptible d'endommager le matériau et propice à la création « d'effets d'optiques non-linéaires ». Ceci limite la

**La combinaison de faisceaux** (ou de voies) relève de plusieurs techniques :

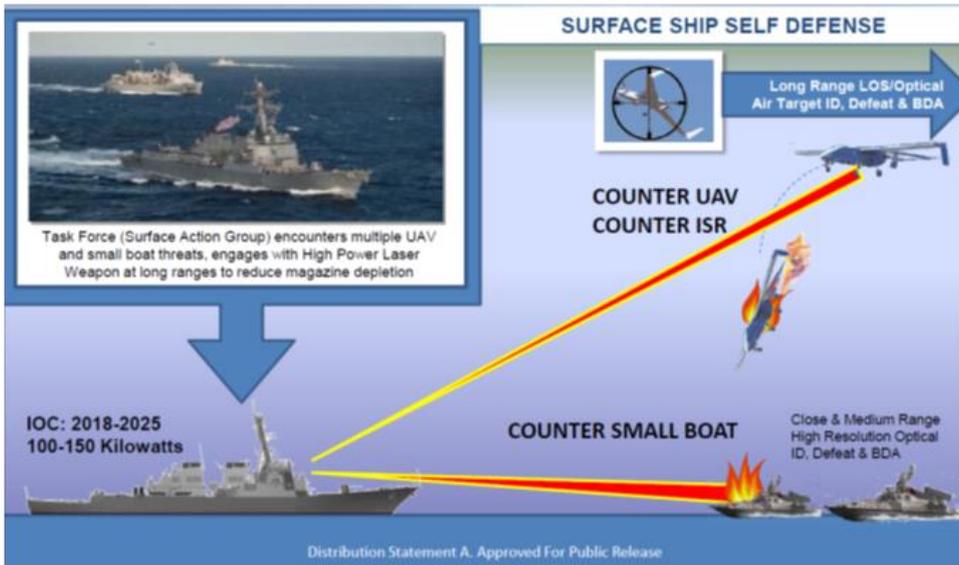
- ◆ **La combinaison « incohérente »** consistant à superposer plusieurs faisceaux sur la cible, solution simple, mature, opérationnelle, mais de faible portée en raison de la mauvaise qualité de faisceau obtenu ;
- ◆ **La combinaison, également incohérente, dite « spectrale ».** Un faisceau unique est obtenu en combinant des faisceaux aux longueurs d'ondes sensiblement différentes, à la façon d'un prisme inversé, pour éviter les interférences. Elle est beaucoup plus efficace mais ne peut concerner qu'une dizaine de voies (totalisant donc une centaine de kW dans le cas d'un SSL fibré) ;
- ◆ **La combinaison « cohérente ».** Les différents lasers, de même fréquence, sont « **mis en phase** » pour créer des interférences constructives, comme si le faisceau unique était délivré par un seul milieu amplificateur. À nombre égal de voies, elle ne délivre pas plus de puissance sur la cible que la combinaison spectrale. En revanche, le procédé de contrôle actif de la phase permet la combinaison de plusieurs dizaines voire centaines de voies, ouvrant les perspectives pour des armes de plusieurs centaines de kW. Il constitue ainsi la solution la plus prometteuse pour les scientifiques, notamment à l'ONERA. Le contrôle de cette phase complique cependant l'architecture du système.

puissance maximale de sortie actuellement à environ 10 kW pour les LO de 1  $\mu\text{m}$  et à environ 1 kW pour les LO de 1,5  $\mu\text{m}$ . **La combinaison de faisceaux représente donc l'indispensable procédé pour atteindre les puissances désirées avec les SSL** (voir encart).

**Le laser à électrons libres** représente une autre technologie prometteuse car il autorise en effet "d'accorder" la bande de fréquence du laser, ce qui permet de contourner les difficultés de propagations atmosphériques. Le FEL pourrait théoriquement afficher une portée de plusieurs milliers de Km. Son encombrement le confine pour l'instant aux travaux de laboratoire.

On peut empiriquement répartir **les effets des armes laser** en quatre catégories :

- ◆ **Les effets non létaux d'éblouissement transitoire.** Ils seront réalisés par des lasers basse puissance émettant dans le spectre visible (vert) ;
- ◆ **La contre-mesure optronique (CMO).** Les armes laser peuvent incapaciter voire détruire à des puissances faibles (quelques kW à quelques dizaines de kW) les capteurs optroniques dans la mesure où ces derniers sont par essence des récepteurs amplifiant la lumière reçue ;
- ◆ **L'endommagement ou la destruction de structures non durcies** (comme les drones, aéronefs ou embarcations) requiert un seuil de puissance estimé par les experts à environ 100 kW pour que les durées d'illumination (de l'ordre de la seconde) et/ou la portée (plusieurs kilomètres) deviennent intéressantes sur le plan opérationnel. Les tests menés ces dernières années avec des lasers de quelques dizaines de kW (comme le LaWS évoqué ci-dessus) ont certes obtenu des résultats mais à très courte distance (moins de 2 km) ;



Mr. Peter Morrison, Solid State Laser Program Officer, Solid State Laser, Présentation au Naval Future Force Science and Technology Expo, 3 February 2015

- ◆ Enfin, la destruction de cibles plus durcies et/ou moins exposées en raison de leur vélocité, comme les obus et les missiles de croisière ou balistiques, et/ou situées à longue portée requièrent des puissances approchant le MW.

### Les armes laser dans les opérations navales

Sur des bâtiments aux espaces toujours limités, la plus-value des lasers réside dans une puissance de feu à coût négligeable des armes laser (le *Cost Exchange Ratio*) et ses bénéfices en termes logistiques. Cependant, l'adaptation des lasers au milieu maritime continue de poser des contraintes importantes : turbulence accrue au niveau de la mer et surtout corrosion des optiques, évacuation thermique, packaging des équipements sur le navire, même si le facteur SWAP est moins un souci que pour les engins terrestres mobiles et les plates-formes aériennes<sup>4</sup>. Les lasers peuvent être employés pour plusieurs applications.

#### La protection contre les menaces de surface

La première application du laser est de fournir une couverture contre les menaces type essaim de *fast boats*, plates-formes dégradables car présentant des cibles « molles » qu'une illumination de quelques secondes par un laser d'une centaine de kW serait en mesure d'incendier. Cependant, une fois les premiers systèmes rentrés en service, l'adversaire développera probablement des contre-mesures compliquant la tâche du laser.

#### La protection antiaérienne et antimissile

Comme pour les forces terrestres, les lasers fournissent un moyen crédible de lutte contre-UAV à court terme et contre les aéronefs à plus longue distance à moyen terme. La lutte contre les missiles de croisière est en revanche beaucoup plus problématique. À l'horizon considéré, les navires feront face à une menace supersonique voire hypersonique qui induit de lourdes contraintes de ciblage. Un missile Kalibr russe évolue en phase terminale à environ un km/sec. Or, même un laser de plusieurs centaines de kW doit cibler puis

illuminer la cible pendant quelques secondes et à des distances ne dépassant pas quelques kilomètres. Cela signifie qu'un laser de ce type pourrait sans doute neutraliser un missile ou une série de missiles, mais probablement pas une salve coordonnée. L'une des solutions consisterait à installer plusieurs lasers mais on retombe alors sur les contraintes SWAP. Là encore, si cette capacité défensive devenait réalité, elle inciterait certainement les possesseurs de ces coûteux missiles à développer rapidement les contre-mesures adéquates (miroirs, revêtements absorbants, sur lesquels travaille d'ailleurs aussi l'US Navy<sup>5</sup>).

### Bien peu de programmes nationaux

Alors que les industriels américains, allemands, britanniques développent de nombreuses solutions, seuls trois pays poursuivent des programmes de R&D d'arme laser naval : les Etats-Unis, la Chine (probablement) et le Royaume-Uni.

#### L'US Navy au seuil d'une capacité opérationnelle

Les forces américaines poursuivent depuis des décennies de nombreux programmes de recherche et de démonstration en matière d'arme laser<sup>6</sup>. Chaque armée (ou *service*) dispose de ses propres recherches appliquées et démonstrateurs. Pour la Navy, le principal acteur est l'*Office of Naval Research*. Ces programmes sont menés avec l'appui du *High Energy Laser Joint Technology Office* (HEL-JTO) et alimentés par plusieurs projets de la *Defense Advanced Research Projects Agency* (DARPA). En dépit d'efforts de R&D ayant absorbé près de 6 milliards de dollars, les forces américaines ne disposent encore d'aucun programme d'acquisition formel (*Program of Record*, POR) de telles armes. Il est cependant probable que cet état de fait change à court- moyen terme.

**Les facteurs stratégique et opérationnel constituent en effet des ressorts de développement de ces systèmes.** Devant l'affirmation des puissances militaires chinoise et russe ainsi que l'émergence d'acteurs hybrides, les Américains estiment faire face à une érosion de leur supériorité militaire. Les capacités les plus problématiques sont celles permettant les fameux déni d'accès et interdiction de zone (*Anti-Access / Area Denial*, A2/AD) et plus généralement la prolifération des moyens de reconnaissance / frappes de précision allant des munitions guidées au swarming de drones. En d'autres termes, les forces américaines, au format plus réduit que par le passé, craignent de devoir faire face à une « compétition de salves » d'engins guidés. La logique américaine, illustrée par la fameuse *Third Offset Strategy* de la précédente administration, est de compenser cette érosion par des investissements ciblés dans des capacités offrant des « avantages compétitifs » face à ces menaces. Dans ce con-



La Maritime Laser Demonstration de 2011- Harro Ackermann, HEL-JTO, *Recent Developments and Current Projects in HEL Technology*, présentation, Feb 2012

texte, en raison de son faible coût d'emploi et de sa grande puissance de feu comparé au missile, l'arme laser représenterait selon ses thuriféraires l'un de ces « *game changer* » susceptibles de contribuer à restaurer la suprématie américaine.

L'offre technologique est également un facteur d'accélération. Elle semble en effet **atteindre un premier palier de maturation réelle**. Les progrès réalisés dans le cadre des programmes de la *Robust Electric Laser Initiative* (RELI) ou de la DARPA, notamment en matière de contraintes SWAP et de combinaison de faisceaux spectrale ou cohérente, sont significatifs. Ils permettent d'envisager à court terme, avec réalisme, des solutions opérationnelles de CMO et de neutralisation de cibles molles et de progresser dans la maturation à moyen terme de systèmes de surface dépassant largement les 100 kW, comme nous allons le voir.

Cette offre technologique, mais aussi les besoins pressants exprimés par les commandements opérationnels, viennent modifier le « référentiel » **des états-majors américains** lequel était caractérisé encore récemment par un scepticisme marqué à l'égard de ces systèmes. En cause, des décennies de promesses non tenues des scientifiques quant à la maturité technique et opérationnelle de leurs projets, et des incertitudes quant aux concepts d'emploi et à la plus-value réelle de ces matériels. **Les responsables de la préparation du futur au sein des services semblent maintenant enclins à franchir, prudemment, le pas vers des programmes d'acquisition.**

**La Navy sera la première de toute évidence.** Notons tout d'abord qu'après avoir développé en laboratoire un FEL de 15 kW à un TRL 4, elle a abandonné cette option en 2011 pour se concentrer sur le développement des SSL<sup>7</sup>.

L'ONR a franchi en la matière plusieurs paliers en termes de technologies, d'expérimentation et de communication. Une étape importante fut le **Maritime Laser Demonstrator (MLD)** initié dans le cadre du programme *Joint High Power SSL*

(JHPSSL)<sup>8</sup>. L'objectif de ce programme était de démontrer la capacité anti-fast boat. Le MLD reposait sur un système de Northrop Grumman assurant la combinaison cohérente par contrôle actif de phase de sept SSL à plaques, dotés d'une puissance unitaire de 15 kW créant un laser d'une puissance de 105 kW<sup>9</sup>. Le prototype MLD a été testé avec succès en avril 2011<sup>10</sup> et constitue la toute première démonstration d'un laser tactique de grande puissance en environnement extérieur. La démonstration ayant bénéficié de la plus large publicité fut cependant celle du XN-1 *Laser Weapon System* (LaWS) testé contre des drones en 2009-2011 et surtout déployé sur l'USS *Ponce* en 2014 dans le Golfe persique, qualifié de système opérationnel par la Navy (puis réaffecté au test en 2017). Ce système co-produit par la Navy et Krratos Defense System, reposait sur la combinaison incohérente (donc avec un médiocre M<sup>2</sup> de 17) de plusieurs SSL fibrés d'IPG Photonics, leader du SSL fibré industriel. Il semble que la configuration testée au sol ait inclus 6 SSL de 8 kW<sup>11</sup> et que la version embarquée comprenait 6 SSL de 5,5 kW<sup>11b</sup>.

Ces démonstrations ont contribué à la réduction du risque dans le cadre du **SSL-TM (Technology Maturation)**, principal programme de R&D de la Navy, lancé en 2012. Le SSL-TM est devenu cette année un *Innovative Naval Prototype*, un type de programme qui doit aboutir à un *Technology Readiness Level 6*, c'est-à-dire le démonstrateur opérationnel d'un système complexe à un horizon de 4 à 8 ans<sup>12</sup>. Le *Laser Weapon System Demonstrator* (LWSD) auquel doit aboutir le SSL-TM doit atteindre les 150 kW. Il doit être testé en 2019. Une autre expérimentation est menée en parallèle sur des architectures laser alternatives, là encore de 150 kW, le *Ruggedized High Energy Laser* (RHEL).

La Navy a décidé en parallèle du développement incrémental de solutions opérationnelles à court-moyen termes. La première est le **Low-Power Module rebaptisé Optical Dazzling Interdictor, Navy (ODIN)**, un système de laser basse puissance de CMO, « stand alone » non intégré au bâtiment, développé et produit directement par la Navy. Huit modules doivent être installés sur les destroyers DDG-51 d'ici 2021. La seconde, beaucoup plus ambitieuse, est le *Surface Navy Laser Weapon System* (SNLWS). Son premier incrément est le



Le LaWS déployé sur l'USS Ponce en 2014.  
Source : US Navy

**High Energy Laser and Integrated Optical-dazzler with Surveillance (HELIOS).** Deux systèmes sont à produire pour 2020, un système de test à terre et un autre installé sur un destroyer DDG-51 Arleigh Burke. Le contrat a été accordé à Lockheed Martin pour 150 M\$ avec des options d'acquisitions ultérieures pouvant totaliser 942 M\$ soit plus de 10 systèmes. Le budget FY 18 et la requête 19 devaient assurer le financement (totalisant plus de 260 M\$) du système de test et des trois premiers HELIOS embarqués<sup>13a</sup>. Cependant le Congrès refuse de financer l'un de ces systèmes (soit 50 M\$) avant que la Navy présente un plan d'acquisition en bonne et due forme. En effet, le programme relève des crédits de R&D mais ressemble en fait à une acquisition « masquée ». **HELIOS devrait donc être le premier programme opérationnel d'arme laser des forces américaines.** Lockheed Martin suit la filière du SSL fibré à combinaison spectrale, développée via ses propres programmes ADAM, ATHENA et ALADIN, une technologie également retenue par l'US Army. Le besoin en puissance exprimé par la Navy se situe entre 60 et 150 kW. Dans la mesure où Lockheed Martin a déjà délivré en 2017 à l'Army un système de 60 kW pour son *High Energy Laser Mobile Test Truck*<sup>13</sup> et travaille à satisfaire le besoin des 100 kW embarqué fixé pour 2022<sup>14</sup>, on peut penser que le laser d'HELIOS sera plus proche de cette puissance<sup>15</sup>. A noter que la Navy précisait en 2011 que des lasers de la catégorie des 60-100 kW nécessitaient une puissance d'alimentation et un dispositif de refroidissement allant respectivement jusqu'à 400 kW et 68 tonnes, ce dont peuvent s'accommoder la totalité des plates-formes existantes<sup>16</sup>. Les destroyers DDG-51 Flight II actuels disposent en effet de trois turbines de 3 MW pour les systèmes de bord dont seules deux seraient utilisées à moins de 50% en opération courante<sup>17</sup>.

En revanche, les 2,5 MW et 560 tonnes nécessaires à la mise en œuvre de lasers de la classe des 300 à 500 MW dépasseraient ces capacités. Le nouveau DDG-51 Flight III devrait en revanche disposer d'une puissance bien supérieure, en mesure de prendre en compte ces armements<sup>18</sup>. Ces systèmes peuvent être également embarqués sur les plus grosses plates-formes : porte-avions, navires d'assaut amphibie. C'est d'ailleurs l'USS Portland, un LPD classe San Antonio, qui servira de banc d'essai pour le LWSD<sup>19</sup>. Il convient cependant de progresser sur le SWAP et le rendement des systèmes. La SSL-TM avec la piste SSL à plaques de Northrop Grumman<sup>20</sup> ainsi que le programme RHEL poursuivent donc dans cette voie pour développer l'Incrément 2 des SNLWS durant la décennie 2020.

Au-delà de ces programmes de R&D, les défis à surmonter pour la mise en service de ces systèmes sont aussi relatifs à l'adaptation aux conditions opérationnelles, au développement des tactiques, techniques et procédures, à la maintenance, aux infrastructures. **La route apparaît encore incertaine**, car le laser est perçu non comme un substitut mais comme un complément aux missiles et systèmes à projectiles, autrement dit comme une « capacité de niche ». Si ces armes progressent vers la tête de liste des priorités programmatiques, elles n'en restent pas moins en concurrence avec

bien d'autres systèmes. De fait, les programmes de R&D d'armes laser n'ont compté jusqu'en 2018 invariablement que pour environ 25% des crédits de R&D sur les technologies d'armements, soit aux alentours de 300 M\$/an<sup>21</sup>. Ces programmes bénéficient de l'indispensable soutien du Congrès pour obtenir ces financements mais c'est aussi vrai pour de multiples autres capacités « concurrentes ». Même le net accroissement des crédits de RDT&E et d'acquisition à l'occasion des budgets FY18 et FY19 (de l'ordre de 10%) ne permettra pas de financer l'ensemble des besoins de modernisation des forces américaines et tout particulièrement de la Navy qui doit renouveler sa composante nucléaire, souhaite accroître sa flotte tout en la modernisant. **La traversée de la fameuse « vallée de la mort » entre les projets de R&D et les premières capacités opérationnelles à base d'armes laser semble donc bien entamée aux États-Unis, mais elle devrait être assez lente.**

#### *La Chine, l'autre puissance du laser de combat naval ?*

Les informations de sources ouvertes précises sur les armes laser chinoises et leur emploi potentiel sont assez ténues<sup>22</sup>. Il apparaît cependant clairement que, dès les années 1960, **la Chine s'est engagée dans un vaste effort de R&D couvrant tous les aspects des armes laser.** Pékin a ainsi poursuivi des programmes sur tous les types de laser (chimiques, solides, à électron libre), à vocation stratégique comme tactique. Elle était créditée de l'une des meilleures technologies en matière d'optiques adaptatives dans les années 1990.

**Les réalisations ayant un caractère opérationnel seraient toutefois en l'état assez peu nombreuses.** Dans le domaine naval, **il a été émis l'hypothèse de l'emport d'un laser sur les destroyers Type 052D** dans une finalité de lutte antimissile de croisière naval. L'histoire se répète avec le nouveau Type 055, vu par les Américains comme un équivalent des *Arleigh Burke*. Cela étant, le système ne semble pas installé sur le premier bâtiment exposé médiatiquement et l'expert chinois Yin Zhuo précise qu'il s'agit d'une possibilité si le bâtiment était doté d'un système de propulsion tout-électrique. L'expert brouille cependant les cartes en évoquant tout à la fois le laser et le canon électromagnétique beaucoup plus consommateur d'énergie<sup>23</sup>. En bref, la marine chinoise semble se heurter au même problème d'alimentation électrique que la Navy...ce qui crédibilise l'éventuel déploiement d'un laser de puissance inférieure à 100 kW si Pékin en faisait le choix.

**Les développements de ces armes serait parfaitement cohérent en théorie dans la doctrine de « défense active »** qui reste un pilier de la stratégie opérationnelle chinoise. Depuis la fin des années 1990, cette doctrine prescrit une stratégie opérationnelle résolument offensive concentrée sur le déni d'accès de l'ennemi (comprendre les forces américaines principalement). Elle vise, entre autres, à contre-attaquer ou à attaquer de façon préemptive les « lignes extérieures » de la puissance ennemie, notamment ses systèmes C4ISR. Dans ce contexte, les lasers représenteraient un important outil au service des opérations de *counterair*. En mode défensif, dans le cadre du système intégré de défense antiaérienne (IADS) chinois, les lasers navals offriraient une capacité de protec-

tion à moyenne portée pour protéger les bases terrestres et flottilles de la marine de l'APL. Enfin, les lasers embarqués peuvent avoir une grande utilité dans les scénarios de crise de basse intensité, par exemple en mer de Chine méridionale, en raison de la difficulté d'attribution de leur emploi et de la gradation de leurs effets.

En dépit de ces facteurs géostratégiques, doctrinaux et technologiques, les programmes opérationnels restent donc peu nombreux au sein de l'APL et non démontrés dans le cas de la marine. Par analogie avec la Navy, on peut risquer l'hypothèse que la difficulté à atteindre des seuils SWAP-C acceptables a affecté le degré de priorité accordé pour l'instant à ces systèmes dans la programmation de l'Armée populaire de libération.

### Les recherches britanniques

Le ministère de la Défense (MoD) britannique mène pour sa part le **Directed Energy Weapon (LDEW) Capability Demonstrator Programme** visant à démontrer les technologies d'une arme laser de la classe des 50 kW en milieu terrestre et naval. Il a retenu MBDA qui mène le consortium **Dragonfire**. Bien que MBDA ait développé ses propres solutions, le laser éponyme du consortium dévoilé en 2017 est cette fois développé par QinetiQ. C'est un système à contrôle actif de phase. Le consortium a également travaillé à son intégration sur plate-forme navale. Le Dragonfire doit être testé à partir de la fin 2018, ce qui permettra au MoD d'évaluer si l'arme laser doit constituer une capacité de défense rapprochée des forces britanniques. Le consortium estime pouvoir parvenir à une solution pleinement opérationnelle dans la première partie de la décennie 2020<sup>24</sup>.



Le laser Dragonfire - Source : Tamir Eshel, « Royal Navy Set to Test the DragonFire Laser Weapon by 2019 », *Defence Update*, Sep 12, 2017

### Conclusion

Le domaine naval sera probablement le premier dans lequel opéreront des armes lasers tactiques, avant tout en raison de leur puissance de feu. Cela étant, leurs limites (sensibilité à la météorologie, développement de contre-mesures) induisent que ces armes ne peuvent s'envisager que comme une solution de complément rentrant dans un ensemble diversifié de moyens de défense cinétiques et électromagnétiques. Ces armes seront en premier lieu employées principalement à des fins de protection des plates-formes contre des cibles

« molles ». Ainsi, paradoxalement, alors que ces engagements haut du spectre sont redevenus la priorité de la préparation de l'avenir des marines des grandes puissances, leur maturité technologique, notamment la contrainte SWAP, ne permet aux armes laser de ne faire leur entrée que sur les créneaux défensifs de niche relevant plutôt des menaces hybrides. Cette situation est d'ailleurs de nature à compromettre leur développement en cas de resserrement des budgets.

**PHILIPPE GROS**

Maître de recherche à la FRS  
sur les questions militaires et américaines  
p.gros@frstrategie.org

*Cet article est repris pour une large part d'une note sur les armes à énergie dirigée produite dans le cadre de « l'observatoire des conflits futurs » réalisé au profit des trois états-majors d'armée.*

### Notes

1. John A. Tirpak, « Laser Horizons », *Air Force Magazine*, Avril 2012, p.39
2. Cette section technique se fonde sur les sources suivantes : Pierre Bourdon, *Technologies laser pour applications militaires*, Thèse, Optique / photonique. Université Paris Sud, Faculté Des Sciences D'orsay, 2016, <https://hal.archives-ouvertes.fr/tel-01371573/document> ; Pierre Bourdon, *Montée en puissance des lasers à fibres : État de l'art et perspectives*, Journées de l'optique – Réseau Optique et Photonique, ONERA/DOTA, 9/10/07 – 11/10/07, [https://nanopdf.com/download/montee-en-puissance-des-lasers-a-fibres\\_pdf](https://nanopdf.com/download/montee-en-puissance-des-lasers-a-fibres_pdf) ; Pierre Bourdon et alii, *Combinaison cohérente de sources laser fibrées pour la compensation de la turbulence atmosphérique*, ONERA/DOTA, JRIOA, 20 novembre 2008 – Session Application Laser, 2008, [www.optique-adaptative.fr/download/jrioia%202008/oa\\_pierre\\_bourdon\\_onera.pdf](http://www.optique-adaptative.fr/download/jrioia%202008/oa_pierre_bourdon_onera.pdf) ; Baya Bennaï, *Mise en phase de lasers à fibre : Étude de l'influence de la turbulence atmosphérique et de l'utilisation de fibres faiblement multimodes*. Physique [physics]. Télécom ParisTech, 2010, <https://pastel.archives-ouvertes.fr/pastel-00005847> ; Noah R. Van Zandt et alii, Air Force Institute of Technology, Center for Directed Energy, Department of Engineering Physics, « Comparison of Coherent and Incoherent Fiber Laser Beam Combination for Tactical Engagements », *Optical Engineering*, October 2012/Vol. 51(10) ; Professor Chris Chatwin, Dr Rupert Young, Dr Phil Birch, *High Power Lasers – Systems & Weapons*, University of Sussex, SREK -IET Colloquium – 11th April 2017 ; B. Fontaine, *Les armes à énergies dirigées*, L'Harmattan, 2011 ; Alastair D. Mac Aulay, *Military Laser Technology for Defense*, Wiley, 2011, pp. 143-146 ; Sébastien Forget, Maître de conférences, *LES LASERS et leurs applications*, Laboratoire de Physique des Lasers, Université Paris-Nord, *Le laser : un concentré de lumière*, Commissariat à l'énergie atomique et aux énergies alternatives, 2014
3. Mirel Scherer, « Le laser gagne en productivité », *L'Usine Nouvelle*, 17/09/2009
4. Ronald O'Rourke, *Navy Lasers, Railgun, and Hypervelocity Projectile - Background and Issues for Congress*, Report to Congress, Congressional Research Service, May 18, 2018, p.24
5. David Hambling, « Drones Fight Back Against Laser Weapons – And they might be winning », *Popular Science*, November 4, 2016, <https://www.popsci.com/laser-guns-are-targeting-uavs-but-drones-are-fighting-back>

6. Cette section se fonde partiellement sur une étude complète élaborée par l'auteur avec Mme Aude Thomas au profit de la DGA en 2016. Voir les sources plus actualisées : la compilation annuelle d'informations institutionnelles et industrielles par la Directed Energy Professional Society, mise à jour en décembre 2017, *Directed Energy Educational Outreach*, <https://protected.networkshosting.com/depsor/DEPSpages/DE Outreach.html> ; les versions à jour des rapports du Congressional Research Service, Andrew Feickert, *U.S. Army Weapons-Related Directed Energy (DE) Programs*, CRS Report, Feb 12 2018 ; Ronald O'Rourke, *Navy Lasers, Railgun, and Hypervelocity Projectile- Background and Issues for Congress*, August 1, 2018 ; les conférences *Directed Energy Summit 2017 et 2018* dont les vidéos sont accessibles sur le site du CSBA, <https://csbaonline.org/about/events/directed-energy-summit-2018> ;
7. Ronald O'Rourke, *Navy Shipboard Lasers for Surface, Air, and Missile Defense: Background and Issues for Congress*, Congressional Research Service, June 12, 2015, p.12, <https://fas.org/sgp/crs/weapons/R41526.pdf>
8. Ronald O'Rourke, *op cit*, pp. 10 & 43
9. *Ibidem*. p. 10.
10. Zachary Keck, "The US Navy Is Building Precision Laser Weapons", *The National Interest*, February 18, 2015.
11. Pour une description détaillée de ces systèmes, notamment celui de Northrop Grumman, lire Pierre Bourdon, *Technologies laser pour applications militaires*, *op cit*, pp 15-17, <https://hal.archives-ouvertes.fr/tel-01371573/document>
- 11b. Ronald O'Rourke, *Navy Shipboard Lasers for Surface, Air, and Missile Defense: Background and Issues for Congress*, Report, Congressional Research Service, June 12, 2015, p.32
12. Mr. Bob Smith, Director, Disruptive Technologies, *Innovative Naval Prototypes*, présentation, Office of Naval Research, February 4, 2015
- 13a. *Department of Defense Fiscal Year (FY) 2019 Budget Estimates, Navy, Justification Book Volume 2 of 5, Research, Development, Test & Evaluation, Navy Budget Activity 4*, February 2018, pp 977- 986
13. Jen Judson, « US Army gets world record-setting 60-kW laser », *Defense News*, March 16, 2017.
14. Sydney J. Freedberg Jr. « Army 50 kW Laser Stryker By 2021, 100 kW FMTV Truck By 2022 » *Breaking Defense*, August 10, 2017, <https://breakingdefense.com/2017/08/army-50-kw-laser-stryker-by-2021-100-kw-fmtv-truck-by-2022/>
15. Sydney J. Freedberg Jr., « First Combat Laser For Navy Warship: Lockheed HELIOS », *Breaking Defense*, March 01, 2018, <https://breakingdefense.com/2018/03/first-combat-laser-for-navy-warship-lockheed-helios/>
16. Ronald O'Rourke, *Navy Shipboard Lasers for Surface, Air, and Missile Defense: Background and Issues for Congress*, Report, Congressional Research Service, June 12, 2015, p.13
17. « Beneath the skin: US Navy DDG 51 Flight III guided missile destroyer », *IHS Jane's Defence Weekly*, 2015, [https://www.janes.com/images/assets/731/51731/US\\_Navy\\_DDG\\_51\\_Flight\\_III\\_guided\\_missile\\_destroyer.pdf](https://www.janes.com/images/assets/731/51731/US_Navy_DDG_51_Flight_III_guided_missile_destroyer.pdf)
18. Ronald O'Rourke, *op cit*, p.13
19. Valerie Insinna, « US Navy's next amphibious warship to get laser weapon », *Defense News*, 2018, January 10, <https://www.defensenews.com/digital-show-dailies/surface-navy-association/2018/01/10/navys-next-amphibious-warship-to-get-laser-weapon/>
20. « Northrop Grumman Wins \$21 Million For US Navy Solid State Laser Weapon System Program », *Defense World*, March 8, 2018.
21. Données fournies par la *Community of Interest* des entités impliquées dans la R&D sur les *Weapons Technologies* : Michael Zoltoski, *The Weapons Technologies Community of Interest (CoI)*, Présentation, *April 2016*, <https://docplayer.net/57875516-The-weapons-technologies-community-of-interest-coi.html>, David E. Lambert, *même titre*, *Brief to National Defense Industrial Association*, *April 2017* <https://ndiastorage.blob.core.usgovcloudapi.net/ndia/2017/science/Lambert.pdf> et *March 2018*, <https://ndiastorage.blob.core.usgovcloudapi.net/ndia/2018/science/Lambert.pdf>
22. Cette section se fonde partiellement sur une étude complète réalisée par l'auteur au profit de la DGA en 2015 voir aussi Richard D. Fisher, Jr., *China's Progress with Directed Energy Weapons*, International Assessment and Strategy Center, Testimony before the U.S.-China Economic and Security Review Commission hearing, "China's Advanced Weapons," Washington, D.C, February 23, 2017, [https://www.uscc.gov/sites/default/files/Fisher\\_Combined.pdf](https://www.uscc.gov/sites/default/files/Fisher_Combined.pdf)
23. « Expert: Don't overanalyze PLAN's type-055 destroyer », *China Military Online*, 2015-01-08, [http://english.chinamil.com.cn/news-channels/china-military-news/2015-01/08/content\\_6302025.htm](http://english.chinamil.com.cn/news-channels/china-military-news/2015-01/08/content_6302025.htm)
24. Tamir Eshel, « Royal Navy Set to Test the DragonFire Laser Weapon by 2019 », *Defence Update*, Sep 12, 2017, [https://defense-update.com/20170912\\_ldew.html](https://defense-update.com/20170912_ldew.html) & Tony Osborne, « Dragonfire Laser Could Inform Next British Fighter Weapon », *Aviation Week & Space Technology*, Oct 1 2018.