



National
Defence

Défense
nationale

DEFENCE RESEARCH AND DEVELOPMENT CANADA (DRDC)

RECHERCHE ET DÉVELOPPEMENT POUR LA DÉFENSE CANADA (RDDC)



Directed energy weapons / Armes à énergie dirigée

Alain Auger
DRDC – Valcartier Research Centre

Mike Culhane
Jacinthe Touchette
National Research Council

Prepared for: Christina Jutzi, Director General Policy and Advice

Terms of Release: This document is approved for public release.

Defence Research and Development Canada

Scientific Brief

DRDC-RDDC-2023-B103

December 2023

Canada

IMPORTANT INFORMATIVE STATEMENTS

This document was reviewed for Controlled Goods by Defence Research and Development Canada (DRDC) using the Schedule to the *Defence Production Act*.

Disclaimer: This publication was prepared by Defence Research and Development Canada an agency of the Department of National Defence. The information contained in this publication has been derived and determined through best practice and adherence to the highest standards of responsible conduct of scientific research. This information is intended for the use of the Department of National Defence, the Canadian Armed Forces ("Canada") and Public Safety partners and, as permitted, may be shared with academia, industry, Canada's allies, and the public ("Third Parties"). Any use by, or any reliance on or decisions made based on this publication by Third Parties, are done at their own risk and responsibility. Canada does not assume any liability for any damages or losses which may arise from any use of, or reliance on, the publication.

Endorsement statement: This publication has been published by the Editorial Office of Defence Research and Development Canada, an agency of the Department of National Defence of Canada. Inquiries can be sent to: Publications.DRDC-RDDC@drdc-rddc.gc.ca.

**November 2023****DRDC-RDDC-2023-B103****Prepared for: Christina Jutzi, Director General Policy and Advice** Christina Jutzi, Director General Policy and Advice.**Scientific Brief**

Directed energy weapons / Armes à énergie dirigée

Background

This Scientific Brief contains a bilingual technology trend card that was developed in collaboration with the National Research Council as part of DRDC's Science and Technology Foresight and Risk Assessment program on the topic of Directed energy weapons.

For more information, see: Culhane, M. and Touchette, J. *Scientometric Study on Directed Energy Technologies*. February, 2023. Defence Research and Development Canada's Contract Report number DRDC-RDDC-2023-C113.

Ce précis scientifique contient une carte de tendance technologique bilingue développée en collaboration avec le Conseil national de recherche du Canada via le programme de RDDC en perspectives de sciences et technologies et évaluation du risque sur le sujet des armes à énergie dirigée.

Pour en savoir plus, consultez : Culhane, M. et Touchette, J. *Scientometric Study on Directed Energy Technologies*. Février 2023. Recherche et développement pour la défense Canada rapport de contrat numéro DRDC-RDDC-2023-C113.

Directed energy weapons

Directed energy weapons (DEWs) use concentrated energy from electromagnetic or particle technology, rather than kinetic energy, to degrade or destroy targets. DEWs have the capability to damage physical targets over several kilometers with high precision and accuracy. As the technology advances, weaponized directed energy (DE) systems are becoming more powerful, prevalent, and increasingly integrated into air, land and sea platforms.

Enabling Science and Technology

High energy lasers

High Energy Lasers (HELs) have significant advantages over conventional munitions, such as the ability to engage targets at the speed of light with pinpoint accuracy and a virtually unlimited magazine. However, they can be adversely affected by atmospheric conditions like rain or fog.

High power microwaves

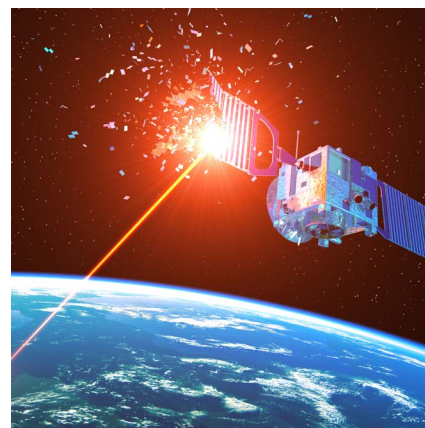
High power microwave weapons (HPMs) have a shorter range than HELs and their beam degrades over long distances, but they are not affected by weather and can impact targets over a wide area.

Millimeter waves

Millimeter wave directed energy has various non-lethal military applications, including crowd control and area denial. Although proven to be very safe, millimeter wave energy has the capability to produce significant injuries.

Particle beams

Particle beam weapons have strong penetration ability, high speed, high energy and can operate in all weather conditions. However, the technology is extremely complex with many challenges to overcome before it can be used in combat.



Space

Directed energy applications in space are the focus of much research, including using DE for propelling spacecraft, intercepting satellites or deflecting comets or asteroids threatening earth.

“The weapons have potential to be game-changers in the near future and revolutionary in the long term. They could provide a number of capabilities and advantages over traditional weapons because of their speed-of-light delivery, precision engagement, controlled/scalable effects, logistical benefits and low cost per shot.”

Nurettin Sevi, GlobalData, National Defense Industrial Association Magazine. [Uptick in Spending Seen for Directed Energy Weapons](#), October 13, 2020.

Signals

Academic



An analysis of the recent literature shows that 4 of the top 5 affiliations by publication output are from the USA. The US Air Force Research Laboratory (AFRL) is the leading organization overall, followed by the University of California and the University of Maryland.

Government



Compared to China, USA-based affiliations have proportionally more interest in challenges such as atmospheric effects and thermal management. China's focus is on high power microwave technologies and unmanned aerial vehicles.

Collaboration



Research collaboration is mainly among organizations in the same country. The University of California has the most research partners, followed by the US Air Force Institute of Technology and the US AFRL.

Defence



Diode lasers are emerging as an important directed energy technology due to characteristics such as scalability, efficiency, resilience to high temperatures and good beam quality.

Corporate



Large, multi-national defence contractors like Raytheon, Boeing and BAE Systems are the global leaders in patents on directed energy weapon technologies.

“The proliferation of small, low-cost Unmanned Aircraft Systems (UAS) on the battlefield requires a layered defense that includes low-cost directed energy. The deep magazines of laser weapon systems are ideally suited to counter swarms of hostile UAS.”

[DARPA MELT program description](#), January, 2022.

Impact



Social

Low-power lasers are already being used on people for crowd control, protest suppression and deterring pirates. Scientific literature shows that a DEW is suspected to be the cause of the “Havana syndrome” reported by US diplomatic personnel in Cuba.



Policy

Potential effects of DEWs like burning skin, eye damage or radiation sickness may raise concerns under international humanitarian law, which prohibits inflicting superfluous injury or unnecessary suffering to combatants.



Economic

More than 30 countries have DEWs and investment is increasing rapidly. The USA alone has more than doubled its spending on DEW research since 2017.



Environmental

Some DEW lasers are fueled by a toxic cocktail of environmentally-damaging chemicals which require special handling. As a result, electrically powered systems are now preferred.



Defence

Compared to traditional munitions, DEWs have a lower cost per shot. The theoretically unlimited magazine could also reduce the total system lifetime cost by means of reduced logistical demands.

“DE military capabilities have reached or passed a tipping point in their criticality to the successful execution of cross domain military operations by the US, Allies, and current and potential rivals and adversaries.”

Chief Scientist for Directed Energy, US Air Force Research Laboratory. [Directed Energy Futures 2060, 2021.](#)

Contact

Alain Auger
Alain.Auger@forces.gc.ca

Please provide feedback:
https://na1se.voxco.com/SE/170/trend_cards_drdc?lang=en

Produced in partnership by the National Research Council of Canada and Defence Research and Development Canada.

Derived from:
Culhane, M and Touchette, J. Scientometric Study on Directed Energy Technologies. February, 2023.

February 2023 · Également disponible en français

Armes à énergie dirigée

Les armes à énergie dirigée (AED) concentrent l'énergie électromagnétique ou celle des particules plutôt que l'énergie cinétique pour détériorer ou détruire leur cible. Elles peuvent endommager une cible située à plusieurs kilomètres d'elles avec une extrême précision. La technologie continuant de progresser, les systèmes militaires à énergie dirigée gagnent en puissance, et ils se multiplient et sont incorporées de plus en plus aux plateformes aériennes, terrestres et marines.

Sciences et technologies habilitantes

Lasers de forte puissance (LFP)

Ces lasers présentent de sérieux avantages par rapport aux munitions classiques, notamment la capacité d'atteindre la cible de façon ultraprécise, à la vitesse de la lumière et avec un chargeur quasi inépuisable. Les conditions atmosphériques comme la pluie et le brouillard peuvent néanmoins nuire à leur fonctionnement.

Micro-ondes de forte puissance

De moins grande portée que celui des lasers de forte puissance, le faisceau de ces armes perd en puissance avec la distance, mais les conditions météorologiques ne l'affectent pas et il peut toucher sa cible sur une surface plus étendue.

Ondes millimétriques

Cette source d'énergie dirigée a diverses applications militaires non létales. On s'en sert, par exemple, pour maîtriser les foules et interdire l'accès à une zone. Bien que prouvée comme étant très sécuritaire, l'énergie de ces ondes pourrait engendrer de sérieuses blessures.

Faisceaux de particules

Les faisceaux de particules ont un grand pouvoir de pénétration. Ultrarapides et puissants, ils fonctionnent par tous les temps. Leur technologie est cependant extrêmement complexe et pose maintes difficultés qu'on devra surmonter avant de s'en servir au combat.



Espace

Beaucoup de recherches portent sur les applications de l'énergie dirigée dans l'espace incluant la propulsion d'engins spatiaux, l'interception de satellites, le détournement de comètes ou d'astéroïdes menaçant la Terre.

« Les armes à énergie dirigée pourraient changer les règles du jeu à court terme et devenir révolutionnaires à plus longue échéance. Elles présenteraient des capacités et des avantages que n'ont pas les armes conventionnelles en raison de leur rapidité, égale à la vitesse de la lumière, de leur précision, de la possibilité d'en contrôler ou varier les effets, de leurs atouts logistiques et du coût peu élevé de chaque tir. »
[Traduction]

Nurettin Sevi, GlobalData, National Defense Industrial Association Magazine. [Uptick in Spending Seen for Directed Energy Weapons](#), le 13 octobre, 2020.

Signaux

Universités



Une analyse bibliographique récente révèle que quatre des cinq meilleures publications par revue émanent des É.-U. L'Air Force Research Laboratory (AFRL) est la principale organisation à effectuer des recherches dans ce pays, suivie de l'Université de la Californie et celle du Maryland.

Gouvernements



Par rapport à la Chine, les États-Unis s'intéressent proportionnellement plus aux défis comme les effets atmosphériques et la gestion thermique. La Chine se concentre sur les technologies à micro-ondes de haute puissance et les véhicules aériens sans pilote.

Collaboration



La collaboration scientifique se situe surtout entre les organisations d'un même pays. L'Université de la Californie compte le plus de partenaires de recherche. Viennent ensuite l'Air Force Institute of Technology et l'AFRL des É.-U.

Défense



Le laser à diode est sur le point de devenir une technologie d'énergie dirigée majeure en raison de ses particularités (extensibilité, efficacité, résistance aux températures élevées, qualité du faisceau).

Entreprises



D'importantes multinationales qui sous-traitent dans le secteur de la défense comme Raytheon, Boeing et BAE Systems sont aussi des chefs de file mondiaux pour les brevets sur les technologies d'énergie dirigée.

« La prolifération des petits systèmes aériens sans pilote (UAS) bon marché sur le terrain de combat exige un système de défense stratifié incluant des armes à énergie dirigée peu coûteuses. Les systèmes d'armes laser, au tir incessant, conviennent à merveille pour stopper les essais d'UAS hostiles. » [Traduction]

[DARPA MELT program description](#), janvier 2022.

Impact



Social

On utilise déjà des lasers peu puissants pour maîtriser les foules, mettre fin aux protestations et repousser les pirates. Selon la littérature scientifique, on soupçonne une arme à énergie dirigée d'être à l'origine du « syndrome de La Havane », rapporté par les diplomates américains à Cuba.



Politique

Les effets potentiels des armes à énergie dirigée (brûlures sur la peau, dommages aux yeux, mal des rayons) pourraient susciter des préoccupations en vertu du droit humanitaire international, qui interdit d'infliger inutilement des blessures ou des souffrances inutiles aux combattants.



Économie

Une trentaine de pays possèdent des armes à énergie dirigée et l'on investit de plus en plus dans ce domaine. Les É.-U., pour ne mentionner qu'eux, ont doublé leurs dépenses pour la recherche sur ces armes depuis 2017.



Environnement

Certains lasers à énergie dirigée sont alimentés par un mélange toxique de composés chimiques nuisibles à l'environnement qui exige une manutention particulière. C'est pourquoi on privilégie désormais les systèmes alimentés par l'électricité.



Défense

Chaque tir d'arme à énergie dirigée coûte moins cher que les munitions classiques. Un chargeur théoriquement inépuisable réduirait aussi le coût du système durant sa vie entière grâce à de plus faibles demandes au niveau de la logistique.

« Aux É.-U., chez leurs alliés comme chez leurs rivaux et adversaires, les capacités de l'énergie dirigée sur le plan militaire ont atteint ou dépassé le point où ces armes pourraient être employées avec succès dans diverses opérations militaires. » [Traduction]

Chief Scientist for Directed Energy, US Air Force Research Laboratory. [Directed Energy Futures 2060](#), 2021.

Contact

Alain Auger
Alain.Auger@forces.gc.ca

Vos commentaires, svp :
https://na1se.voxco.com/SE/170/trend_cards?lang=fr

Préparé conjointement par le Conseil national de recherches du Canada et Recherche et développement pour la défense Canada.

Tiré de :
Culhane, M and Touchette, J. Scientometric Study on Directed Energy Technologies, février 2023.

Février 2023 · Also available in English

CAN UNCLASSIFIED

DOCUMENT CONTROL DATA		
*Security markings for the title, authors, abstract and keywords must be entered when the document is sensitive		
1. ORIGINATOR (Name and address of the organization preparing the document. A DRDC Centre sponsoring a contractor's report, or tasking agency, is entered in Section 8.) DRDC – Valcartier Research Centre Defence Research and Development Canada 2459 route de la Bravoure Québec (Québec) G3J 1X5 Canada	2a. SECURITY MARKING (Overall security marking of the document including special supplemental markings if applicable.) CAN UNCLASSIFIED	
	2b. CONTROLLED GOODS NON-CONTROLLED GOODS DMC A	
3. TITLE (The document title and sub-title as indicated on the title page.) Directed energy weapons / Armes à énergie dirigée		
4. AUTHORS (Last name, followed by initials – ranks, titles, etc., not to be used) Auger, A.; Culhane, M.; Touchette, J.		
5. DATE OF PUBLICATION (Month and year of publication of document.) November 2023	6a. NO. OF PAGES (Total pages, including Annexes, excluding DCD, covering and verso pages.) 5	6b. NO. OF REFS (Total references cited.) 0
7. DOCUMENT CATEGORY (e.g., Scientific Report, Contract Report, Scientific Letter.) Scientific Brief		
8. SPONSORING CENTRE (The name and address of the department project office or laboratory sponsoring the research and development.) DRDC – Valcartier Research Centre Defence Research and Development Canada 2459 route de la Bravoure Québec (Québec) G3J 1X5 Canada		
9a. PROJECT OR GRANT NO. (If appropriate, the applicable research and development project or grant number under which the document was written. Please specify whether project or grant.) DNA_025	9b. CONTRACT NO. (If appropriate, the applicable number under which the document was written.)	
10a. DRDC PUBLICATION NUMBER (The official document number by which the document is identified by the originating activity. This number must be unique to this document.) DRDC-RDDC-2023-B103	10b. OTHER DOCUMENT NO(s). (Any other numbers which may be assigned this document either by the originator or by the sponsor.)	
11a. FUTURE DISTRIBUTION WITHIN CANADA (Approval for further dissemination of the document. Security classification must also be considered.) Public release		
11b. FUTURE DISTRIBUTION OUTSIDE CANADA (Approval for further dissemination of the document. Security classification must also be considered.)		
12. KEYWORDS, DESCRIPTORS or IDENTIFIERS (Use semi-colon as a delimiter.) Directed Energy Weapons; High Energy Laser; Microwave; High-Power Microwave		