

JUIN 2024



LASERS

Le déploiement d'innovations dans des domaines variés élargit les opportunités de marché

LASERS

Le déploiement d'innovations dans des domaines variés élargit les opportunités de marché

Développés depuis le milieu du XX^{ème} siècle, les lasers sont à présent utilisés dans une multitude de secteurs, de l'industrie au secteur médical en passant par le bâtiment. Des progrès continus dans les domaines historiques permettent d'améliorer toujours plus les performances, tandis que les lasers trouvent de nouvelles applications grâce à des innovations technologiques. Les dernières avancées offrent à la défense, la sécurité, l'automobile ou encore le nucléaire des cas d'usage à fort potentiel des systèmes lasers.

L'Europe dispose d'atouts pour se positionner, notamment du fait d'infrastructures de pointe réparties sur le continent. Ses centres de recherche et ses entreprises possèdent en outre une expertise en la matière et nouent de nombreux partenariats. Les membres des laboratoires sont d'ailleurs souvent à l'initiative des créations de start-up dans le domaine.

Favorisés par un écosystème et par le soutien public, les acteurs du secteur bénéficient d'un environnement propice à l'émergence de solutions innovantes. L'enjeu réside notamment dans l'obtention de capitaux pour les phases d'expérimentation ou pour l'industrialisation, alors que les coûts peuvent exploser pour la mise en place de certaines infrastructures.



DANS CE DOSSIER

RECOMMANDATIONS	4
L'EXTENSION DES USAGES PERMET UNE POURSUITE DE LA CROISSANCE.....	5
Les lasers, une technologie déjà ancienne	5
Un potentiel encore considérable	6
L'Europe, en pointe dans le domaine.....	7
DES INNOVATIONS POUR UNE DIVERSITÉ D'APPLICATIONS	9
Améliorer les performances industrielles	9
Des usages dans la défense et la sécurité.....	11
Les LiDAR pour la conduite autonome	13
Un potentiel prometteur du laser dans les communications.....	14
Le domaine médical offre des débouchés pour diverses utilisations des lasers.....	15
Des perspectives dans la production d'énergie	16
PRINCIPALES SOURCES UTILISÉES.....	18

RECOMMANDATIONS

- Les technologies basées sur le laser sont déjà présentes **dans une variété de secteurs** ; elles ont prouvé leur efficacité tant dans l'ophtalmologie que dans le traitement des matériaux. Leur potentiel étant identifié, la recherche se concentre sur **l'amélioration de leurs performances dans les domaines historiques**.
- Les applications des lasers se diversifient, offrant **une multitude d'opportunités pour se positionner**. De nouveaux usages peuvent émerger au sein de secteurs utilisateurs historiques, tandis que **les progrès technologiques ouvrent les possibilités** et laissent entrevoir des débouchés prometteurs pour la filière. Communication, défense, énergie, mobilité : l'innovation fait émerger de nouveaux marchés pour les lasers.
- Les nouveaux entrants peuvent donc identifier **des secteurs encore peu investis pour se différencier**. Ils sont aidés par la possibilité offerte par un même laser de **se positionner sur plusieurs marchés** : il est ainsi fréquent de voir un acteur décliner sa solution laser à des marchés différents.
- La spécificité technologique du laser dresse **de fortes barrières à l'entrée** pour de potentiels concurrents, offrant en général une protection aux acteurs innovants. Cette situation permet à ces derniers de **disposer de plus de temps pour parfaire leurs innovations** avant de voir des solutions concurrentes émerger.
- En Europe, les acteurs bénéficient d'**un écosystème favorable** au développement de leur activité. Le soutien de laboratoires de recherche représente d'ailleurs **un facteur incontournable pour accéder à des moyens** de recherche et d'expérimentation. Le continent possède des infrastructures de pointe pouvant être déterminantes pour de petites entreprises, pour développer et tester leurs solutions.
- Les programmes de recherche constituent **une source de financement majeure** pour d'éventuels nouveaux entrants : le rapprochement avec de grands centres spécialisés ou d'universités peut s'avérer pertinent pour lancer des recherches communes et **décrocher plus facilement des financements**. La renommée de certaines institutions peut en outre apparaître comme un gage de fiabilité aux yeux des investisseurs. Dans certains cas, **la possibilité d'un usage dual d'une solution** (à la fois civil et militaire) peut permettre d'obtenir le soutien de structures dédiées à l'innovation de défense.
- **Divers modèles économiques** peuvent être adoptés sur le marché du laser. **Commercialiser des machines ou des licences technologiques** représentent les voies les plus empruntées par les acteurs. Dans la vente de produits, **le modèle fabless** (sans usine) présente l'avantage de nécessiter moins de capitaux et d'offrir une plus grande flexibilité que la construction de ses propres usines.

L'EXTENSION DES USAGES PERMET UNE POURSUITE DE LA CROISSANCE

Les lasers, une technologie déjà ancienne

“Le laser a un nombre d'applications inimaginable. Simplement parce qu'un laser c'est de la lumière contrôlée et que la lumière régit l'interaction entre les constituants de la matière. (...) En le maîtrisant, l'homme a acquis la capacité de modeler, d'observer, d'étudier la matière très finement.”

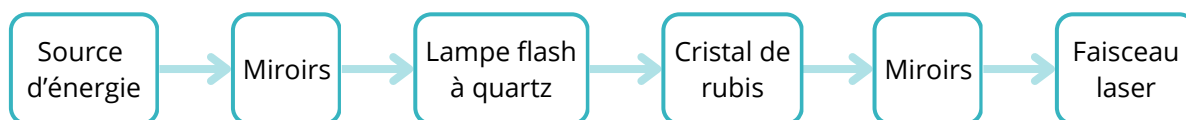
Christian Chardonnet, directeur de laboratoire au CNRS, 2010

- Le laser, pour *light amplification by stimulated emission of radiation* (soit “l'amplification de la lumière par l'émission stimulée du rayonnement”), est **connu depuis les années 1960**. Les premiers travaux remontent toutefois **au début du XX^{ème} siècle avec Albert Einstein**, qui pose les bases théoriques de la formation du laser. Dans les années 1940, le chercheur Charles Townes réalise des expérimentations avec les micro-ondes. Au début des années 1950, il annonce ainsi **la découverte du “maser”**, soit une amplification basée sur des ondes et non sur la lumière.

- Le laser consiste en **la production d'un faisceau concentré de lumière** grâce à un système de miroirs et au passage de la lumière dans **un milieu amplificateur** : il peut s'agir par exemple d'un gaz comme l'hélium ou d'un liquide composé de colorant organique (stilbène, coumarine) et d'un solvant.

- Une diversité d'applications** a résulté de ces découvertes. Dès le début des années 1960, **l'optique** et en particulier l'ophtalmologie s'en saisissent. Depuis, d'autres secteurs sont devenus de grands utilisateurs de lasers. **Le domaine médical** constitue un débouché majeur pour ce type de technologies, que ce soit en dermatologie, en oncologie ou en chirurgie plastique. **Dans le bâtiment**, les lasers servent en tant qu'instruments de mesure. **Le déploiement de la fibre optique** au niveau de l'usage d'Internet représente également un autre domaine d'application des lasers. Ces derniers sont aussi à la base de la diffusion des CD et des DVD. Dans l'industrie, **la découpe de matériaux et le traitement de surfaces** ont fortement recours aux lasers.

Fonctionnement simplifié d'un laser



Traitement IndexPresse.

Un potentiel encore considérable

“Le laser a encore de beaux jours devant lui ! Tout d’abord parce que les applications qui existent sont vouées à perdurer. (...) Même si les principales nouveautés seront la découverte d’autres utilisations possibles des technologies existantes, les sources laser et les moyens de conduire cette lumière vont encore évoluer.”

Christian Chardonnet, directeur de laboratoire au CNRS, 2010

“Convaincre la communauté des physiciens de la pertinence de l’approche laser pour accélérer des particules à travers un plasma ne fut pas chose facile. (...) Notre démarche suscite aujourd’hui un véritable engouement.”

Victor Malka, chercheur spécialiste des lasers, 2017

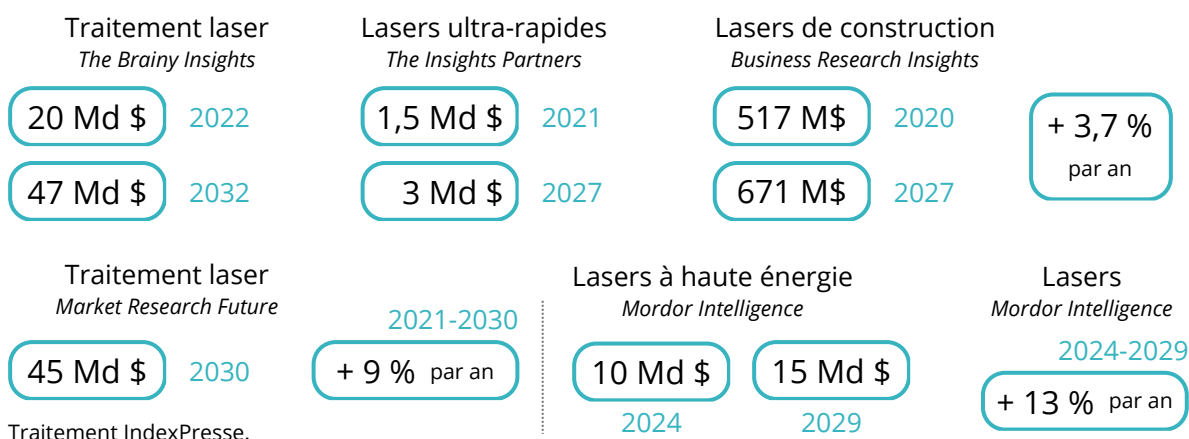
- Le développement continu des usages actuels du laser et l’émergence de nouvelles applications et technologies relatives à ce dernier représentent **des atouts majeurs pour l’expansion du marché**, tant à court-moyen terme que sur longue période.

- **Les périmètres du marché peuvent varier**, notamment au niveau des applications ou des types de lasers utilisés. Toutes les estimations convergent en revanche vers **une croissance du marché** dans les années à venir.

- Les lasers disposent en outre de deux atouts. Ils présentent un potentiel à la fois pour **des débouchés dans le domaine civil et pour des applications militaires** ou de sécurité, démultipliant les marchés ciblés et les passerelles possibles entre les différents univers. **Le monde de la recherche** les utilisent dans de nombreux secteurs, leur permettant de se déployer **en amont comme en aval** de la chaîne de valeur.

Un consensus autour d’une forte croissance du marché

Estimations du marché mondial



L'Europe, en pointe dans le domaine

Des installations et des écosystèmes importants

“Si on prend la machine avec toutes ses possibilités et son environnement, aujourd'hui nous n'avons pas de concurrents. (...) Ils n'ont pas l'environnement stimulant que nous avons ici, sur le Plateau de Saclay.”

François Mathieu, directeur technique de l'infrastructure laser Apollon, 2021

- La France et l'Europe disposent de capacités très avancées dans le domaine des lasers. En 2015, le gouvernement français avait inauguré Pétal, un appareil de recherche pour des applications civiles considéré alors comme le **laser le plus puissant au monde**. L'infrastructure était une déclinaison, en version plus réduite, du projet LMJ (laser mégajoule), lancé à la même période. Ce dernier, constitué notamment de 176 lasers, vise à reproduire en laboratoire les effets d'une explosion nucléaire.

- Inauguré en 2021, le projet Apollon avait été initié en 2009. Il s'agit d'une infrastructure de recherche disposant d'un des lasers les plus puissants au monde, rattachée au Laboratoire pour l'utilisation des lasers intenses (LULI). Il ouvre la voie à des avancées dans les domaines de la biologie, de la médecine, du nucléaire ou encore de l'énergie. Implanté dans le technopole de Paris-Saclay, il permet de **bénéficier de l'écosystème scientifique** en rassemblant concepteurs et utilisateurs des lasers.

- Le projet Apollon a constitué une base pour la mise en place à l'échelle européenne de l'**Extreme Light Infrastructure (ELI)**, un ensemble de systèmes lasers répartis dans différents pays. “Les trois équipements offrent un recouvrement thématique mais sont bien spécifiques car les lasers sont différents”, précise Victor Malka, direc-

teur scientifique de l'ELI Nuclear Physics, ouvert en 2023 près de Bucarest (Roumanie). L'installation a été **créée par le groupe français Thales** et a été financée à 80 % par l'Union européenne. Cette infrastructure s'est basée sur le modèle du laser Apollon et présente donc des caractéristiques proches. Avec **une puissance de 10 péta-watts**, soit l'équivalent de 500 fois le réseau électrique planétaire, l'ELI-NP se hisse toutefois à **la première place au niveau mondial**. Le tir est ultra-rapide : 25 milliardièmes de milliardièmes de seconde (femtosecondes). Le laser hongrois, l'ELI Attosecond Light Pulse Source (ALPS), affiche **une cadence de tir plus élevée mais avec une quantité d'énergie moindre**, conduisant à des applications différentes. Quant au ELI Beamline, situé en République tchèque, il est doté de lasers de technologies anglaise et américaine et se concentre sur la recherche fondamentale et les applications médicales.

- Ailleurs en Europe, la Lituanie présente un écosystème solide en matière de lasers. “**La principale raison du succès de l'industrie lituanienne des lasers** est le haut niveau d'expertise des scientifiques en la matière et le parfait transfert de connaissances grâce à des infrastructures adaptées, un esprit général créatif et une culture de la R&D” explique le Dr. Gérard Mourou, lauréat du prix Nobel de physique. Le secteur comptait en 2021 **une quarantaine d'entreprises** et exportait 80 % des produits développés par ces dernières, notamment auprès des universités et des agences spatiales (source : *L'Usine digitale*). En termes de chiffre d'affaires, le secteur du laser lituanien **double de taille tous les cinq ans**. Les leaders Ekspla et Light Conversion ont développé le laser SYLOS, participant à la mise en place du projet ELI. Le système équipe en particulier l'infrastructure hongroise ELI-ALPS.

Des projets menés au niveau européen

“Nous avons deux à trois ans d'avance [sur les concurrents étrangers].”

Victor Malka, chercheur spécialiste des lasers, 2021

- Le projet **Pulsate** a été lancé en 2020, en deux phases, et doit s'achever en 2024. Rassemblant lors de son démarrage 18 acteurs européens issus de 12 pays, il vise à développer **des lasers de fabrication additive pour l'industrie** (LBA-AM pour “laser-based advanced and additive manufacturing”). Devant apporter numérisation et flexibilité accrues, **la technologie est portée par un consortium** de centres de compétences LBA-AM et d'entreprises. Outre un accompagnement technique et commercial, l'Union européenne (UE) finance les lauréats à hauteur de 25 000 euros. Ces derniers, pour être sélectionnés, doivent présenter **un cas d'application potentiel pertinent** pour le LBAAM.
- Le projet **LaserWay** a quant à lui commencé en 2024. Coordonné par le centre technologique espagnol Ideko et financé par le programme Horizon Europe, il vise à **incorporer trois technologies laser au sein de l'industrie** européenne pour améliorer à la fois sa performance et son impact environnemental. Les technologies ciblées sont la découpe au laser, le micro-perçage et le dépôt de matériaux par laser à très grande vitesse. Le projet **se décline en trois sous-segments** : WayFaster se focalise sur la fabrication de machines, WayBetter Photonics se concentre sur le renforcement de la précision du faisceau laser, tandis que WayStronger cherche à améliorer les processus de fabrication en termes de durabilité, de résilience et de flexibilité. **La société française Cedrat Technologies** fait notamment partie du projet LaserWay, et y apporte **sa technologie de miroir à orientation rapide** pour travailler sur le domaine du micro-perçage laser. Le projet s'achèvera en 2027.
- Entre 2019 et 2021, le projet **Multiflex** avait pour objectif de mettre au point **un laser ultrabref de haute puissance ainsi qu'un système multifaisceaux** apportant une grande flexibilité. Il s'agissait d'atteindre **une productivité cent fois supérieure** aux solutions conventionnelles grâce notamment à une puissance laser multipliée par vingt. Le projet a rassemblé six acteurs européens, dont la société française Amplitude, spécialiste des lasers ultrabrefs.
- Le programme **TALOS** (Tactical Advanced Laser Optical System) s'est achevé en 2023. Il rassemblait 16 participants en provenance de neuf pays **menés par le français Cilas**. L'objectif était le développement de deux démonstrateurs pouvant aboutir à la constitution d'**un système laser de défense aérienne** (anti-drones, anti-projectiles). Parmi les membres figuraient notamment l'Onera (laboratoire de recherche aérospatiale français) ainsi que plusieurs sociétés françaises et européennes de la défense : MBDA, Leonardo, Airbus Defence and Space...
- Des avancées dans les applications lasers ont également vu le jour. En 2023, une expérimentation menée par le groupe spatial français ArianeGroup et par deux écoles polytechniques suisses (Genève et Lausanne) a permis de **canaliser la foudre sur un paratonnerre** grâce au laser. Ce dernier a été mis au point par l'entreprise allemande Trumpf Scientific Lasers. Le faisceau empêche la foudre de se séparer en plusieurs branches et la guide vers le paratonnerre, ce qui pourrait permettre de **mieux protéger certains sites sensibles**, tels que les aéroports et les infrastructures industrielles ou militaires. La société française Irepa Laser participe en outre au projet spatial Enlighten, sa technologie de fabrication additive par laser servant à la conception de moteurs pour fusées.

DES INNOVATIONS POUR UNE DIVERSITÉ D'APPLICATIONS

Améliorer les performances industrielles

Le domaine de l'industrie représente un débouché à fort potentiel pour les applications lasers. Des solutions se développent pour accroître les performances des processus de fabrication ou la précision et la finesse des produits fabriqués.

Amfree

"[Notre technique est] une version améliorée du WAAM (soudage à l'arc-fil) qui consiste à injecter des fils métalliques, les faire fondre et les fusionner simultanément à l'aide d'un seul laser. Elle nous permet d'appliquer moins d'énergie sur la pièce, cela engendre moins de contraintes et affaiblit moins la pièce."

Nicolas Villedary, fondateur d'Amfree, 2023

- Cette société a été fondée en 2023. Il s'agit d'une spin-off de l'Irepa, centre technologique spécialisé dans les lasers. Elle cherche à **améliorer les capacités de fabrication additive** pour les pièces de grandes dimensions.

- Amfree s'appuie sur la technologie laser-fil, qui offre de bonnes performances en termes de précision et de concentration de l'énergie. Elle a développé dans ce cadre **le dépôt sous énergie concentrée (DED), une technique brevetée** permettant de produire plus efficacement et avec moins de défauts des produits de grande taille.

- La société peut ainsi produire de façon personnalisée et à la demande **des pièces de plus de 2,5 mètres**. Son système dispose de deux bras robo-

tiques, dont l'un est destiné à l'impression 3D et l'autre au contrôle du produit et à son usinage. Amfree utilise **un logiciel de simulation** pour préparer son intervention et réduire les risques (déformations, pertes de matière...). L'équipement permet **d'agir sur différents types d'aciers**, et la société vise à étendre cette possibilité au titane et à des alliages d'aluminium.

- L'objectif de la société est de **vendre un système complet**, de la machine DED (robots et laser) au logiciel de planification. Elle souhaite **atteindre une dizaine de ventes** à l'horizon 2026, ciblant notamment les acteurs de l'industrie aérospatiale, du ferroviaire ou encore du nucléaire. **Amfree vise 6 % de parts de marché** dans la fabrication additive métal, qui devrait atteindre près de 8 milliards d'euros en Europe en 2026 (source : Irepa).

- Initialement dotée de 440 000 euros, l'entreprise préparait au premier trimestre 2024 **une levée de fonds d'un montant de 2,5 millions d'euros**. Ce financement doit permettre de clôturer la phase de démonstration (sur le plan technique comme concernant le modèle économique), d'étoffer l'équipe de l'entreprise et d'amorcer la commercialisation.

Novae

"Les fabricants de lasers comme les nôtres se comptent mondialement sur les doigts d'une main. (...) Nous ciblons le marché du micro-usinage vers des applications électroniques."

Nicolas Ducros, président de Novae, 2016

- Cette autre entreprise française, lancée en 2013, se focalise sur **la conception de lasers à impulsions ultrabrèves**. Après une commercialisation de son système breveté en direction des laboratoires, Novae a diversifié sa clientèle **en se tournant vers les industriels**. Le secteur médical présente également un potentiel pour l'entreprise.

- Elle revendique **de fortes ambitions** : après 140 000 euros de chiffre d'affaires en 2015, dont 80 % à l'export, Novae espérait atteindre 400 000 euros l'année suivante et le million d'euros en 2018.

- Grâce à **un financement d'un million d'euros** obtenu en 2015 auprès de divers investisseurs (dont les fonds IRDInov et Dynalim), Novae a pu installer une ligne de production pilote. Elle avait reçu auparavant **une dotation de 300 000 euros** de la part du ministère de l'Enseignement supérieur et de la Recherche.

Trumpf

“Nous comptons augmenter notre surface de production de 70 % d'ici à 2028 pour pouvoir produire 110 systèmes laser EUV par an.”

Berthold Schmidt, directeur technique de Trumpf, 2023

- Le secteur de **la lithographie pour semi-conducteurs**, soit la création des puces à partir de plaques de silicium, constitue également un utilisateur de solutions lasers.

- ASML, entreprise néerlandaise en situation de monopole au niveau mondial sur les équipements les plus poussés, **travaille avec la société allemande Trumpf** dans la conception de ses machines.

- Organisation centenaire disposant d'environ 18 000 salariés, Trumpf est **spécialisée dans les lasers de haute précision. Elle a développé un laser à rayonnement ultraviolet extrême (EUV)** capable de graver les plaques de silicium de façon très précise. “Sans cette technologie de lithographie EUV, les fabricants de puces du monde entier ne pourraient pas fabriquer les puces électroniques les plus récentes et les plus performantes”, indique le directeur technique, Berthold Schmidt. **Le laser nécessite 450 000 pièces et dix-huit mois de travail** pour être assemblé.

- Trumpf génère 20 % de son chiffre d'affaires (5,4 milliards d'euros) grâce au secteur des semi-conducteurs. La société a lancé **un investissement de 380 millions d'euros** pour étendre ses infrastructures dédiées au laser à l'horizon 2027-2028. Elle fournit d'autres types de lasers pour une variété de clients, comme Apple (mini-lasers pour la reconnaissance faciale) ou Bosch (diodes pour les capteurs de poussière).

- D'autres acteurs du domaine du laser se positionnent dans les applications industrielles. C'est par exemple le cas de **la start-up italienne Lithium Lasers**, qui a mis au point un laser ultrabref axé notamment sur le traitement des matériaux. Cette dernière a **levé 2 millions d'euros** en 2024 pour accélérer l'industrialisation de la solution et étendre la diversité des matériaux pouvant être traités par le laser.

Des usages dans la défense et la sécurité

“Avec l’explosion du nombre de drones utilisés en France, c’est devenu un sujet majeur pour nous.”

Général Arnaud Bourguignon, responsable de la sécurité aérienne pour les Jeux Olympiques, 2024

Les lasers peuvent être utilisés de différentes façons par les forces de police ou au sein de l’armée. **La lutte anti-drone** constitue un cas d’usage majeur : une arme à énergie dirigée présente en effet **une précision élevée pour un coût très inférieur** aux solutions conventionnelles. En améliorant la flexibilité et la cadence de tir, les fournisseurs d’armes lasers peuvent **répondre aux problématiques posées par les essaims de drones** (saturation des capacités antiaériennes). La prolifération de drones commerciaux pouvant être détournés à des fins militaires (notamment par des groupes terroristes) amènent les forces de sécurité à vouloir **déployer des systèmes lasers dans l’espace public**, en particulier dans le cadre d’événements sportifs comme les Jeux Olympiques.

Cilas

“Nous avons réussi à neutraliser un drone éloigné de 800 mètres en 1,5 seconde, et chaque fois avec 100 % de réussite.”

Benoist Roucher, responsable du développement et des ventes de Cilas, 2023

- Fondée en 1966, la Compagnie industrielle des lasers (Cilas) représente un acteur pionnier dans la filière française du laser. **Centrée sur le marché de la défense**, l’entreprise fournit notamment des équipements pour le guidage des munitions et en optronique.
- La société a développé en 2021 **le système Helma-P**, un laser à haute puissance pouvant détruire

un drone en vol en quelques secondes. Il a été testé à plusieurs reprises, notamment en 2023 **en conditions réelles à bord d’une frégate française** en Méditerranée. Le coût du laser ne s’élève qu’à quelques euros par tir, contre au minimum plusieurs dizaines de milliers d’euros pour un missile.

- Cilas a en parallèle été **rachetée par les groupes de l’industrie de défense Safran et MBDA** en 2022. Les deux partenaires ont créé pour cette acquisition une coentreprise baptisée HMS Laser. Ils ont racheté les 63 % du capital alors détenus par ArianeGroup.

- Ce rapprochement a été soutenu par la Direction générale de l’armement (DGA), qui a obtenu des industriels **des engagements en termes d’investissements dans la technologie de Cilas**. L’entreprise a en effet besoin de fonds pour industrialiser son système Helma-P et entamer une phase de commercialisation.

- Outre les drones, le système laser pourrait à terme servir à **contrer des missiles ou des roquettes**. Cilas souhaite procéder à des développements en ce sens, ce qui passe notamment par **une augmentation de la puissance du laser**. Le missileier MBDA devrait encourager une telle évolution.

- De tels systèmes ont également été testés à l’étranger. **Le projet DragonFire** a été lancé en 2017 au Royaume-Uni, rassemblant l’agence gouvernementale de technologie de défense et les industriels MBDA, Leonardo et QuinetiQ. **Les premiers tests ont été effectués début 2024** à bord d’un navire au large des côtes écossaises. Chaque tir de faisceau laser ne coûte qu’une dizaine de livres sterling. L’américain Lockheed Martin a dévoilé en 2023 **un imposant canon laser, le plus puissant au monde**. Son compatriote Northrop Grumman a opté pour un système de faible taille, facilement transportable. Israël dispose également d’un équipement laser antiaérien.

Lumibird

- Ce groupe français est né en 2017 de la fusion entre deux entités : Keopsys et Quantel, toutes deux spécialisées dans les lasers. Il s'agit à présent d'une organisation **présente auprès d'une variété de clientèle, dont la défense**. Ses lasers équipent notamment des laboratoires de recherche, des industriels et des acteurs du monde médical.

- Au premier semestre 2022, son activité dans la défense a représenté plus de 17 % de son chiffre d'affaires. **Ce segment est celui qui croît le plus vite (+ 62 %)**, par rapport à une activité totale en hausse de 16 %.

- **Lumibird a connu un développement soutenu**, passant de 80 millions d'euros de chiffre d'affaires en 2017 à plus de 150 millions en 2020 et autour de 190 millions en 2022. L'export représente environ 70 % de ses revenus.

- La société souhaite **se renforcer dans les lasers de défense**, où elle est présente notamment dans la télémétrie. Elle a remporté en 2023 un contrat important (20 millions d'euros) dans ce domaine.

En 2021, elle avait **racheté les 37 % du capital de Cilas** détenus alors par Areva, prévoyant d'acquérir à terme la totalité de la société. Depuis la reconfiguration opérée par Safran et MBDA sous l'égide de la DGA, elle vise à **nouer un partenariat stratégique avec Cilas**. Elle devrait se retirer du capital lorsque les conditions seront réunies, notamment concernant la valorisation de l'entreprise. Affichant une perte de 18 millions d'euros en 2022, pour un chiffre d'affaires de 31 millions, Cilas n'est pour l'instant pas dans une situation financière confortable.

- Lumibird a poursuivi son développement par le biais d'acquisitions. Elle a notamment racheté en 2023 **la société italienne Convergent Photonics**, spécialisée dans les semi-conducteurs et les lasers à fibre de haute puissance. La même année, l'entreprise a racheté **les activités de lasers de forte puissance de Prima Industries** sur les marchés italien et américain. En 2019, Lumibird avait fait l'acquisition de la société australienne Ellex Medical.

- En 2020, Lumibird a réalisé **une levée de fonds de 140 millions d'euros**, notamment pour financer ses opérations de croissance externe.

Les LiDAR pour la conduite autonome

“Grâce à la technologie développée par SteerLight, nous nous attendons à ce que le coût d'un capteur laser suive le même chemin que celui des radars. En 2010, un radar coûtait 1 000 dollars pièce, contre quelques douzaines de dollars aujourd'hui.”

Vincent Abadie, chargé de la conduite autonome chez Stellantis, 2024

“Cette gamme d'ondes [1 350 nanomètres] permet d'émettre 40 fois de plus de puissance tout en respectant les lois en vigueur.”

François Simoens, président de SteerLight, 2024

- Les LiDAR, pour *light detection and ranging*, reprennent le principe des radars, mais en s'appuyant sur la technologie laser. Utilisé par exemple dans la défense, le lidar s'avère incontournable pour les véhicules autonomes. Cette technologie permet de mesurer avec précision les distances et de détecter les obstacles, même en mouvement.

- Le constructeur automobile Stellantis souhaite se développer dans ce domaine grâce à un partenariat avec la start-up française SteerLight. Fondée en 2022 par des chercheurs du CEA (Commissariat à l'énergie atomique), celle-ci a conçu des lidars miniaturisés à haute performance tout en réduisant les coûts de tels systèmes, en général très onéreux. Stellantis considère les lidars de SteerLight plus performants que leurs concurrents grâce notamment à une analyse en 3D de l'environnement.

- Le coût de l'équipement d'un véhicule autonome en lidar est élevé du fait du prix du système, mais également du nombre de dispositifs : il

en faut six pour entourer le véhicule et permettre une détection à 360°. SteerLight a réussi à réduire le coût notamment du fait d'une architecture sans miroir : “Nous n'utilisons aucune pièce mécanique ni aucune lentille”, confirme le dirigeant de l'entreprise, François Simoens. Le prix standard des lidars ayant une vue à 240° oscille entre 1 000 et 2 000 euros : SteerLight souhaite diviser ce prix par dix grâce aux économies d'échelle, une fois la phase d'industrialisation lancée.

- Outre l'automobile, SteerLight vise le marché de la robotique logistique. L'automatisation croissante des entrepôts, voire à terme le développement de la livraison par robot autonome, représentent des opportunités de marché prometteuses pour la start-up.

- L'entreprise a opté pour un modèle *fabless*, et délèguera donc la production des lidars à un acteur tiers plutôt que de construire et opérer sa propre usine.

- Pour financer son développement, elle a levé 3,2 millions d'euros en 2024, notamment auprès de Stellantis et du fonds Quantonation, spécialisé dans la *deeptech* (innovation de rupture).

- Les logiciels d'analyse des données collectées par les lidars se développent également. Stellantis a fait l'acquisition en 2022 de la start-up hongroise aiMotive, spécialiste dans le domaine. Le français Oversight, créé en 2019, se positionne aussi sur le sujet. Il a rassemblé 42 millions d'euros entre 2019 et 2022 pour financer son activité.

- Les fortes barrières à l'entrée freinent l'arrivée de concurrents sur cette technologie de lidar. L'américain Intel a toutefois annoncé travailler sur de tels capteurs, tandis que l'avancement des acteurs chinois reste difficile à déterminer.

Un potentiel prometteur du laser dans les communications

“Nous comptons devenir leader sur le marché des stations-sol optiques et étendre notre périmètre d'offre aux liaisons navales, aéronautiques (avions, drones) et terrestres.”

Jean-François Morizur, PDG de Cailabs, 2022

- Une autre application des lasers réside dans l'amélioration des communications, par rapport à celles basées sur les ondes radio. Ce type de solutions a été notamment **testé dans le domaine spatial** par l'américain SpaceX comme par Thales Alenia Space pour sa constellation LightSpeed. En 2023, la NASA (agence spatiale américaine) a réussi à établir une communication depuis l'espace avec un télescope situé en Californie à l'aide d'un laser **sur une distance de 16 millions de kilomètres**, un record pour un système optique. Le même système, implanté sur la sonde spatiale Psyche, a depuis dépassé ce record avec **un transfert de données sur 226 millions de kilomètres** en avril 2024.

- La communication par laser entre satellites ou avec une station au sol offre **des avantages en termes de fiabilité, de vitesse** de transfert des données ou encore **de sécurisation** du message. Les perturbations atmosphériques ont toutefois **souvent constitué un obstacle** à la mise en place de telles solutions. Les avancées technologiques récentes permettent à la communication par laser de franchir de nouvelles étapes dans son développement.

- Spécialisée dans la photonique, **la société Cailabs** a été fondée en 2013 et a conçu une technologie de transfert de données uniquement basée sur le laser.

- La solution s'adresse aux acteurs du spatial, mais l'entreprise s'est également **diversifiée vers**

les télécoms et l'industrie. Sa technologie est commercialisée en marque blanche et a été testée par le centre spatial allemand DLR. **Une première station a été vendue** à la Swedish Space Corporation et installée en Australie en 2023. D'autres accords ont été signés, notamment avec l'américain Bridgecom et l'israélien LAS Photonics. En 2024, Cailabs s'est de plus associée à Precitec dans le domaine de la mobilité. **Un partenariat a en outre été noué avec l'Onera** pour réaliser des expérimentations sur la technologie de Cailabs.

- Cailabs a lancé fin 2021 **un projet commun avec la société française Unseenlabs**, spécialisée dans la surveillance spatiale. Intitulé Keraunos, il vise à mettre au point un système de communication laser entre satellites et relié à des stations au sol. Le projet est **soutenu à hauteur de 5,5 millions d'euros** par l'Agence de l'innovation de défense.

- **La société a multiplié les levées de fonds** pour financer ses projets : 1,1 million d'euros en 2013, 1,5 million en 2015, 1 million l'année suivante, puis 4,5 millions en 2017. Elle réitère deux ans plus tard, pour un montant de 7,9 millions d'euros. En 2022 a eu lieu **la plus grosse opération de financement, à hauteur de 26 millions d'euros**. Cailabs a obtenu le soutien de fonds comme NewSpace Capital, Kima Ventures, Innovacom, Definvest (fonds du ministère des Armées), Starquest Capital ou encore le groupe Safran via sa branche Corporate Ventures. Elle a **considérablement accru ses effectifs**, passés de 43 salariés en 2013 à 65 en 2022 et plus de 80 en 2023. Elle a également plus que doublé la taille de ses locaux.

- **D'autres sociétés se positionnent** dans la communication laser, comme le spécialiste de l'ingénierie de pointe ixBlue ou Cedrat Technologies, qui a lancé **le projet Mepcos** en 2021. Portant sur la communication des constellations de petits satellites, il a été soutenu par Bpifrance dans le cadre du plan France Relance.

Le domaine médical offre des débouchés pour diverses utilisations des lasers

“Le laser a permis de réelles avancées en dermatologie, que ce soit pour traiter angiomes et couperoses depuis la fin des années 1980 ou pour prendre en charge des cicatrices depuis les années 2000.”

Jean-Michel Mazer, directeur médical du Centre laser international de la peau, 2017

L'utilisation du laser dans le monde médical n'est **pas nouvelle** : interventions sur les vaisseaux sanguins, lissage de la peau, effacement de taches, épilation, traitement de tumeurs, ophtalmologie... Les applications des lasers se sont étendues à **une variété de domaines**, et la maîtrise de ces outils n'y cesse de progresser. De nouvelles sociétés parviennent toutefois à proposer des solutions innovantes dans les lasers à usage médical.

Keranova

“Aujourd'hui, un laser chirurgical réalise une incision ligne par ligne, par le déplacement d'un spot laser unique. Notre laser déplace lui une matrice de spots, générés par modification du front d'onde dont la forme et la topographie s'ajuste de manière programmée et dynamique.”

Fabrice Romano, fondateur de Keranova, 2019

- Fondée en 2015, cette entreprise a développé **un laser dédié à la chirurgie ophtalmique**. Le système, constitué notamment d'un bras robotisé, permet de réaliser les opérations de la cataracte de façon plus rapide et précise.

- Une découpe et un soulèvement de la cornée nécessite en général **entre dix et vingt secondes**, contre à peine **une demi-seconde** pour la ma-

chine développée par Keranova. Les opérations de la cataracte sont menées par la méthode de la phacoémulsification, une technique prenant entre dix et vingt minutes. Le laser de Keranova permet de **réduire cette intervention à quelques secondes** tandis que la précision accrue limite les risques pour le patient. Le bras robotisé **automatise 80 % de l'intervention** et pourra être utilisé pour d'autres opérations, liées à la myopie ou à l'astigmatisme.

- La société a **rassemblé 30 millions d'euros** auprès de Bpifrance, du CEA et de plusieurs fonds d'investissement comme Supernova et la Financière Arbevel. Keranova cherchait en 2023 à **obtenir le marquage CE** afin de commencer à commercialiser son outil.

Amarob

- Cette start-up, lancée en 2020, est issue de recherches menées par le CNRS et l'Université de Franche-Comté. Elle se spécialise dans la chirurgie de la bouche et du palais, en misant sur **un système robotique miniaturisé utilisant un laser**. Chaque année, 4 500 opérations de la bouche sont réalisées en France (source : *Challenges*).

- La miniaturisation du système laser pourrait permettre **d'accélérer le développement de la chirurgie ambulatoire** et donc de désengorger les hôpitaux.

- Elle a mené depuis 2021 des essais cliniques et espère par ailleurs pouvoir **étendre l'application de son laser aux interventions colorectales**. La commercialisation de la solution devrait débuter en 2025. L'entreprise a initié **une levée de fonds de 3 millions d'euros** en 2021 et a reçu 130 000 euros de Bpifrance.

Des perspectives dans la production d'énergie

“Il s'agit de l'Internet de l'énergie, qui exploite des réseaux résilients pour acheminer l'énergie de sources abondantes vers des bases militaires mais aussi des consommateurs en manque d'énergie.”

Colonel Paul Calhoun, responsable du programme Power à la Darpa, 2022

- Les lasers peuvent également être utilisés en tant que source d'énergie. L'armée américaine souhaite par exemple **transmettre de l'énergie à ses bases isolées** au moyen de faisceaux lasers tirés depuis des drones. Le programme Power (*Persistent Optical Wireless Energy Relay*) s'appuierait sur **un réseau de drones disposés dans le ciel** de façon permanente et permettant de former une jonction entre la source d'électricité et les utilisateurs. Porté par l'agence américaine Darpa, le projet aurait pour but de **limiter le recours à des chaînes d'approvisionnement en combustible**, plus précaires. Le système peut améliorer la qualité de vie des soldats (moins de rejets polluants et nauséabonds) et pourrait être adapté à des usages civils. La conversion de l'énergie demeure néanmoins un problème majeur : **les déperditions se révèlent pour l'instant trop importantes** pour que le système soit viable.

- Une autre approche se focalise sur **la fusion nucléaire**, une technologie prometteuse en termes de génération d'énergie, mais complexe à maîtriser. **Les lasers peuvent y être employés** pour déclencher des réactions en chaîne au sein des réacteurs ou créer des conditions propices à la fusion. Un atout majeur de la fusion nucléaire est **l'absence de déchets radioactifs**, à la différence de l'électricité nucléaire conventionnelle, produite par fission.

- **L'Allemagne se positionne fortement** sur le sujet, avec plusieurs sociétés menant des recherches dans les lasers pour la fusion nucléaire.

Un programme de soutien à hauteur de **370 millions d'euros** y a été annoncé en 2023 et s'étalant sur une période de cinq ans. En ajoutant les engagements des instituts de recherche, cette nouvelle enveloppe porte à **un milliard d'euros le montant des financements** dédiés à la fusion nucléaire en Allemagne pour la période 2023-2028.

- En utilisant la technique de la “fusion inertielle par lasers”, un laboratoire public américain est parvenu à atteindre **une production d'énergie nette positive** à deux reprises (fin 2022 et été 2023).

Marvel Fusion

“Notre système pourrait générer jusqu'à un gigawatt d'électricité par an sur la surface d'un seul terrain de football. (...) Nous transmettons efficacement de l'énergie à notre combustible nanostructuré au moyen d'impulsions laser extrêmement brèves pour obtenir uniquement les réactions de fusion souhaitées.”

Moritz von der Linen, directeur général de Marvel Fusion, 2022

- Cette société allemande (fondée en 2019) cherche à développer **une technologie laser pour la fusion nucléaire s'appuyant sur des faisceaux ultracourts**. L'intérêt de cette approche réside dans la meilleure maîtrise des paramètres à l'intérieur du réacteur. La taille des installations se montre également réduite. Différente de la fusion par champ magnétique développée notamment en France (réacteur expérimental Iter), cette méthode a été **rendue possible par la technologie d'amplification laser** récompensée par un prix Nobel en 2018 et développée notamment par le chercheur français Gérard Mourou.

- Cette technique nécessite des lasers très puissants et très rapides pour fonctionner. L'entreprise s'est donc **associée avec Thales et Trumpf**, acteurs en pointe dans ce domaine. Marvel Fusion peut ainsi mener **des expériences au sein du centre ELI Nuclear Physics**, situé en Roumanie et disposant d'un des lasers les plus puissants au monde.

- La start-up a noué d'autres partenariats pour poursuivre le développement de sa technologie, par exemple avec **l'université du Colorado** (États-Unis) pour la mise en place d'un démonstrateur en 2027. **Un investissement de 150 millions de dollars** basé sur un accord public-privé est également prévu dans ce cadre. La société vise une commercialisation de sa technologie à partir de 2030.

- Elle s'est en outre rapprochée du **Centre pour les applications laser avancées (CALA)**, implanté à Munich, en Allemagne. L'accord de coopération prévoit la mise en place d'expérimentations pendant 18 mois par Marvel Fusion pour améliorer sa solution. Le Land (région) de Bavière apporte par ailleurs **une aide financière de 2,5 millions d'euros**.

- Marvel Fusion collabore également avec **la nouvelle société Pulsed Light Technologies**, lancée en parallèle du plan d'investissement gouvernemental par Sprind, l'Agence pour les innovations de rupture. Elle doit faire avancer la recherche dans les infrastructures pour la fusion nucléaire par laser en nouant des partenariats public-privé. L'État allemand prévoit d'**apporter 90 millions d'euros à Pulse Light Technologies** sur la période 2023-2028 pour soutenir son activité.

- La société a rassemblé **60 millions d'euros depuis sa création**, dont 35 millions début 2022. Elle cherchait de plus à lever 350 millions d'euros en France pour y **construire un réacteur expérimental**. En pleine relance de son secteur nucléaire, l'Hexagone s'intéresse fortement à cette technologie.

Focused Energy

"Notre objectif est de mettre en service notre première installation expérimentale d'ici quatre ans."

Thomas Forner, CEO de Focused Energy, 2021

- Cette autre société allemande, implantée également aux États-Unis, travaille depuis 2021 sur la fusion inertielle par lasers. L'objectif consiste à pouvoir produire à partir de 2025 **de l'électricité, de la chaleur industrielle ou résidentielle ou de l'hydrogène** grâce à cette technologie nucléaire.

- L'entreprise a réussi à **lever des fonds à plusieurs reprises** pour assurer son développement. Lors de son lancement, elle a obtenu **15 millions de dollars**, principalement auprès de la société de capital-risque Prime Movers Lab. Une autre opération en 2023 a permis à Focused Energy de rassembler **11 millions de dollars** supplémentaires.

Elle a également bénéficié de programmes de recherches allemands et américains pour recevoir des subventions : l'Agence allemande Sprind a financé la société **à hauteur de 50 millions de dollars** tandis que le Département américain de l'énergie et le Land de Hesse ont chacun apporté 3 millions de dollars.

PRINCIPALES SOURCES UTILISÉES

Attigui Abdessamad, "Taille, vitesse, précision... La deeptech Amfree pousse tous les curseurs de la fabrication additive métallique", *usinenouvelle.com*, 30 novembre 2023

Bauer Anne, "Armes laser : Safran et MBDA acquièrent la pépite française Cilas", *lesechos.fr*, 3 novembre 2022

Bauer Anne, "Lumibird prêt à structurer une filière dans les lasers militaires", *lesechos.fr*, 25 novembre 2023

Biget Sylvain, "La Marine nationale française vient de tester son canon laser anti-drones", *futura-sciences.com*, 24 juin 2023

Biget Sylvain, "Lockheed Martin révèle le canon laser le plus puissant au monde", *futura-sciences.com*, 1^{er} août 2023

Biget Sylvain, "L'armée américaine reçoit ses premiers canons laser puissants et ultracompacts", *futura-sciences.com*, 28 août 2023

Corot Léna, "Avec son lidar miniature et au coût réduit, la pépite iséroise Steerlight lève 3,2 millions d'euros", *usinenouvelle.com*, 20 mars 2024

De Marzo Stefano, "Italian deep tech startup Lithium Lasers raises €2 million to take UV lasers to the next frontier", *eu-startups.com*, 22 avril 2024

Dechaux Delphine, "Amarob: révolutionner la chirurgie laser intracorporelle", *challenges.fr*, 22 mars 2023

Fléchet Grégory, "Victor Malka, virtuose du laser", *cnrs.fr*, 6 juillet 2018

Foucault Charles, "Le laser n'a pas épuisé son potentiel d'application", *usinenouvelle.com*, 1^{er} septembre 2010

Gautherie Antoine, "Communication laser : la NASA s'offre un superbe record de distance", *journaldugeek.com*, 18 novembre 2023

Gourvest Jean-Pierre, "La start-up Novae veut faire de son laser une réussite mondiale", *lesechos.fr*, 6 octobre 2016

Guichard Guillaume, "Steerlight, la start-up qui doit aider Stellantis à rendre la voiture autonome abordable", *lesechos.fr*, 20 mars 2024

Larousserie David, "Le laser le plus puissant du monde, 10 millions de milliards de watts pour faire des expériences de physique en conditions extrêmes", *lemonde.fr*, 1^{er} avril 2024

Larousserie David, "Un laser réussit à guider la foudre", *lemonde.fr*, 27 janvier 2023

Le Mao Maureen, "Cailabs lève 26 millions d'euros pour devenir leader mondial sur les stations-sol optiques", *usine-digitale.fr*, 8 décembre 2022

Lefèvre-Balleydier Anne, "Quels sont les usages dermatologiques du laser ?", *lefigaro.fr*, 28 juillet 2017

Maignant Véronique, "Lumibird. Installé à Lannion (22), le champion français des technologies laser lève 140 millions d'euros", *bretagne-economique.com*, 2 décembre 2020

Mann Nathan, "Qui est Marvel Fusion, la start-up qui va utiliser le plus gros laser de Thales pour innover dans la fusion nucléaire", *usinenouvelle.com*, 2 novembre 2022

Nidercorn Franck, "Les promesses du laser le plus puissant au monde", *lesechos.fr*, 30 avril 2024

Renaud Ninon, "Energie : Marvel Fusion fait le pari du nucléaire sans déchets", *lesechos.fr*, 17 août 2022

Riou Victor, "Le projet du laser de défense aérienne européen TALOS s'achève avec succès", *air-cosmos.com*, 21 juin 2023

Romanacce Thomas, "L'US Army veut utiliser des lasers pour alimenter ses bases en énergie", *capital.fr*, 31 octobre 2022

PRINCIPALES SOURCES UTILISÉES

- Rousset Alexandre, "JO de Paris 2024 : comment les autorités se préparent contre la menace d'attaques de drones", *lesechos.fr*, 14 mars 2024
- Sarri Gianluca, "Une nouvelle arme laser permet d'abattre des drones à distance", *theconversation.com*, 28 janvier 2024
- Steiwer Nathalie, "L'Allemagne investit un milliard d'euros dans la fusion nucléaire", *lesechos.fr*, 5 septembre 2023
- Steiwer Nathalie, "Trumpf, ce géant allemand des semi-conducteurs au coeur de la rivalité sino-américaine", *lesechos.fr*, 11 octobre 2023
- Vignaud Pierre, "Novae, une entreprise rurale à vitesse laser", *lepopulaire.fr*, 10 novembre 2015
- Viviani Mathieu, "Fusion nucléaire : un laboratoire américain renouvelle ses exploits", *lesechos.fr*, 7 août 2023
- "AMFREE : une nouvelle start-up dans le domaine de la fabrication additive", *irepa-laser.com*, 16 octobre 2023
- "Cedrat technologies au coeur du projet européen LASERWAY, pour révolutionner l'industrie manufacturière grâce aux technologies laser", *innovallee.com*, 3 mai 2024
- "Entretien avec François Mathieu, directeur technique de l'infrastructure laser Apollon", *ip-paris.fr*, 31 mai 2021
- "Focused Energy raises \$82 million in funding to advance laser-based nuclear fusion", *PRNewswire*, 22 juin 2023
- "La technologie laser révolutionne le monde des nouvelles énergies", *dots-lasermachines.com*, 25 juillet 2023
- "Nucléaire : la start-up allemande Marvel Fusion va développer un démonstrateur aux États-Unis", *lefigaro.fr*, 7 août 2023
- "Soutenue par trois industriels, dont Thales, la start-up Marvel Fusion lève 35 millions d'euros dans la fusion nucléaire", *usinouvelle.com*, 3 février 2022
- "Stimuler la fabrication au laser en Europe", *europa.eu*, 8 juin 2023

La collection IndexPresse *Business Etude*

Comment accéder à des données fiables, pertinentes et surtout synthétisées, alors que l'information n'a jamais été aussi accessible en apparence ?

Voilà une question à laquelle sont confrontés quotidiennement les décideurs dans les entreprises lorsqu'il s'agit de prendre les bonnes décisions.

C'est pourquoi nous avons créé la collection **IndexPresse Business Etude**, des études sectorielles complètes, réalisées à partir des plus grands titres de la presse

économique et professionnelle. En s'appuyant sur des informations fiables et de qualité, les études d'IndexPresse offrent des synthèses analytiques et éclairées sur les secteurs d'activité émergents ou en mutation.

Vous aurez ainsi toutes les clés en main pour accompagner votre réflexion stratégique, en vous appuyant sur l'examen des enjeux de votre marché, afin d'anticiper ses évolutions et valider, ou modifier, votre positionnement dans le jeu concurrentiel.

IndexPresse *Business Etude*

Date de parution - juin 2024.



Renaud HAMMAMY

renaud.hammany@indexpresse.fr

Auteur



Photo de couverture : ©805520925 Lara



IndexPresse

IndexPresse
19 rue René Thomas
38000 Grenoble
Tél. 04 76 92 05 25
indexpresse@indexpresse.fr