

La maîtrise infinie de la lumière

L'invention du laser, à la fin des années 1950, constitue l'une des plus grandes découvertes de l'histoire. Elle a propulsé le travail de précision et la métrologie dans l'ère du nanomètre.

TEXTE | *Francesca Sacco*

La précision du laser est de l'ordre du millimètre lorsqu'il s'agit de mesurer la distance qui sépare la Terre de la Lune. Et si le calcul n'est pas tout à fait exact, ce n'est pas la faute du laser mais des mouvements lunaires. Dans le domaine de la chirurgie et des soins dentaires, où il a remplacé le bistouri et la fraise, la finesse du faisceau avoisine le millième de millimètre. Dès son invention à la fin des années 1950, le laser s'est révélé capable de grandes performances. En 1965, il permettait déjà d'usiner un perçage de quelques millimètres de diamètre dans du diamant et, dès que l'homme a installé l'équipement requis sur la Lune en 1969, il rendait possible, à une quinzaine de centimètres près, le calcul de la distance qui sépare cet astre de la planète bleue.

Il existe une quantité d'autres applications, couvrant pratiquement tous les domaines technologiques, où le laser a permis des avancées majeures: l'impression et la photocopie, la cartographie, l'optique, la lecture de Compact Discs et de codes-barres, les radars routiers, le micro-usinage de pièces horlogères, la soudure et la découpe industrielles, la détection d'empreintes en criminalistique, l'épilation définitive, les spectacles son et lumière, la sécurité aéronautique, les télécommunications... Le nombre de brevets déposés se chiffre en milliers.

Le laser est un amplificateur de lumière: il la rassemble et la projette en faisceau. On peut le comparer à un ampli audio, c'est-à-dire à une chaîne hifi, dont la sortie – le haut-parleur – est branchée sur l'entrée – le micro: un bruit, même petit, sera capté par le micro et amplifié avant d'être émis par le haut-parleur, puis capté et amplifié à nouveau. «Dans le cas du laser, la lumière est piégée à l'intérieur d'un résonateur, entre deux miroirs, où elle est amplifiée dans un milieu qui peut être solide, comme un rubis, gazeux ou même liquide, explique le professeur Yves Salvadé, chercheur à la Haute Ecole Arc Ingénierie (St-Imier). Ce milieu est préalablement «excité», par exemple par une lampe flash pour le rubis.»

Gordon Gould, ou la reconnaissance tardive de l'inventeur du laser

C'est Einstein qui découvre, en 1917, que la lumière absorbée peut être «inversée» de manière à fournir un type d'émission contrôlé et puissant. Mais c'est Gordon Gould, en 1957, qui décrit les principes de fonctionnement du laser ou «Laser Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation». Gordon Gould se fera couper l'herbe sous le pied par d'autres chercheurs, dont Charles Townes, avec lequel il a collaboré, en ne déposant sa demande de brevet qu'en 1959. Ce sont donc Townes, Prokhorov et Basov qui recevront le Prix Nobel en 1964 pour leur travail théorique dans le domaine. Jusqu'en 1987, Gordon Gould mènera l'une des plus fameuses guerres des brevets, pour obtenir finalement la reconnaissance de ses multiples inventions. Il mourra multimillionnaire en 2005.

Ce laser est émis depuis la base aérienne de Kirtland au Nouveau - Mexique. Il permet d'éliminer les distorsions atmosphériques pour obtenir de meilleures images de l'espace.



La version complète
de la revue est en vente
sur le site
www.revuehemispheres.com

Le chercheur ci-dessous porte un équipement de protection lors de l'expérimentation d'un nouvel outil pour la fusion nucléaire, qui utilise des rayons laser.



La version complète
de la revue est en vente
sur le site
www.revuehemispheres.com



La version complète
de la revue est en vente
sur le site
www.revuehemispheres.com

En fait, ce sont les ondes constitutives de la lumière (visible ou invisible) qui sont piégées et amplifiées. Toutes celles du spectre peuvent être utilisées, des rayons ultraviolets aux ondes infrarouges, en passant par les rayons X, les ondes radiophoniques et les micro-ondes. Le rayonnement peut ainsi être plus ou moins puissant, et donc dangereux. Lorsqu'il émet une chaleur importante, il devient possible de détruire les taches de vin en dermatologie ou de découper des pièces dans les ateliers de micro-usinage.

Sur les routes, le laser lidar fonctionne comme le sonar des chauves-souris. Il émet des salves successives d'ondes qui lui reviennent en retour après avoir atteint la cible. En se basant sur le temps de l'aller-retour de ces impulsions, l'appareil calcule la vitesse de déplacement du véhicule. Le fonctionnement du lidar est similaire à celui du radar, sauf qu'il utilise des ondes lumineuses au lieu d'ondes radio. La précision est de 1 km/h pour un véhicule circulant à une vitesse inférieure à 100 km/h. Au-delà, il faut compter avec une marge d'incertitude de 10 km/h. Dans le domaine des opérations militaires, le laser est utilisé comme aiguilleur pour les bombes ou les missiles, en éclairant la cible. La précision de ces armes guidées est d'environ 5 m.

Les scientifiques développent actuellement des lasers aux impulsions plus brèves – de l'ordre de la femtoseconde – soit un millionième de milliardième de seconde – et aux fréquences plus précises. On parle alors de laser en peigne, car la retranscription graphique, sous forme de pics et de creux, des ondes émises, évoque cet outil. En 1999, les Prix Nobel de chimie et de physique ont été attribués à Ahmed Hassan Zewail pour ses recherches sur les impulsions très courtes, et Ted Hänsch pour ses travaux sur les peignes de fréquence. « Cette nouvelle génération de lasers, dits à ultra-haute résolution, permettra de mesurer la distance Terre-Lune avec une précision au billionième ou au milliardième de mètre », ajoute Benoît Deveaud-Pledran, doyen pour la recherche à l'EPFL.

Certains de ces lasers serviront à améliorer la précision des horloges et des GPS. D'autres seront utilisés pour déterminer la concentration de gaz carbonique dans l'air. D'autres encore

mesureront la température d'un pipeline à 100 km de distance. La gravure des circuits électroniques et la transmission d'informations via fibres optiques font également partie des applications pressenties. « L'une des choses fascinantes dans l'histoire du laser, c'est que la presse a tout de suite senti l'intérêt de cette invention, note Benoît Deveaud-Pledran. Celle-ci a fait la Une du *New York Times* à une époque où l'on ne pouvait même pas deviner, en regardant l'appareil, qu'il s'agissait d'un laser. »



Des petits trous, encore des petits trous

« Le laser nous offre la possibilité extraordinaire de jouer avec des motifs en 3D dans la création de tissus. Avant, nous n'avions pour ainsi dire que la broderie, le jacquard et le gaufrage pour les travailler », explique Valentine Ebner, professeure à la Haute Ecole d'art et de design de Genève (HEAD). Grâce à une table de découpe intégrant une pointe laser, il est possible d'ajouter les tissus, soit pour leur faire prendre du relief, soit tout simplement pour créer des motifs: « C'est comme si l'on donnait des coups de cutter dans la matière, avec une précision qui va au-dessous du millimètre. » On peut ainsi obtenir des effets de type « vitrail » ou décoration du Pays-d'Enhaut: « On pourrait même tout à fait reproduire le motif d'une broderie de Saint-Gall », ose Valentine Ebner. Graver les tissus devient également faisable, en modifiant la puissance de la pointe laser. Cette dernière remplace alors le burin: « Avant l'ère du laser, ce n'était envisageable qu'avec le cuir. » Seuls inconvénients: le prix du tissu une fois travaillé (quelque 600 francs le mètre pour une création de la maison suisse Jakob Schlaepfer) et la difficulté d'obtenir une lisière propre dans le coton, du fait de la brûlure.



Une souris qui ira loin

À la Haute Ecole Arc Ingénierie (Saint-Imier), les professeurs Yves Salvadé (ci-dessus) et Sébastien Le Floch développent une technologie de codage optique extrêmement précis, inspiré du principe de la souris d'ordinateur laser. Celle-ci permet de contrôler un curseur grâce à des capteurs qui éclairent le plan sur lequel on la déplace. Les irrégularités de la surface, enregistrées à cadence régulière, servent de points de référence pour déterminer la position du curseur. « Aussi bien théoriquement que pratiquement, nous avons démontré qu'en utilisant un système optique approprié, on peut obtenir des résolutions inférieures au micromètre, affirme Yves Salvadé. Une lumière de type laser permet de détecter beaucoup plus facilement les grains de la rugosité d'une surface. » Parmi les applications industrielles: la mesure des axes de translation (déplacement vertical ou horizontal) des machines-outils et des palpeurs mécaniques, par exemple.



La version complète
de la revue est en vente
sur le site
www.revuehemispheres.com



La précision dans le désordre apparent? «Il s'agit de notre stock de pièces pour réparer les iPhone et iPad, explique Matthias Studer, créateur de l'entreprise Macianer en 2005. Nos réparations sont généralement effectuées dans un laboratoire, car elles nécessitent une propreté impeccable.» C'est lorsqu'il était encore étudiant en microtechnique que Matthias Studer a lancé ses services à côté de ses études. "Réparer ces appareils, c'est de la pure microtechnique. De nombreux composants ont la taille d'un cheveu.»