

DES PHOTONS QUI JAILLISSENT EN UN FAISCEAU PARFAITEMENT RECTILINE, CAPABLE DE PULVÉRISER LA MATIÈRE.

# LE LASER : TOUTE LA PUISSANCE DE LA LUMIÈRE

PAR FABRICE NICOT

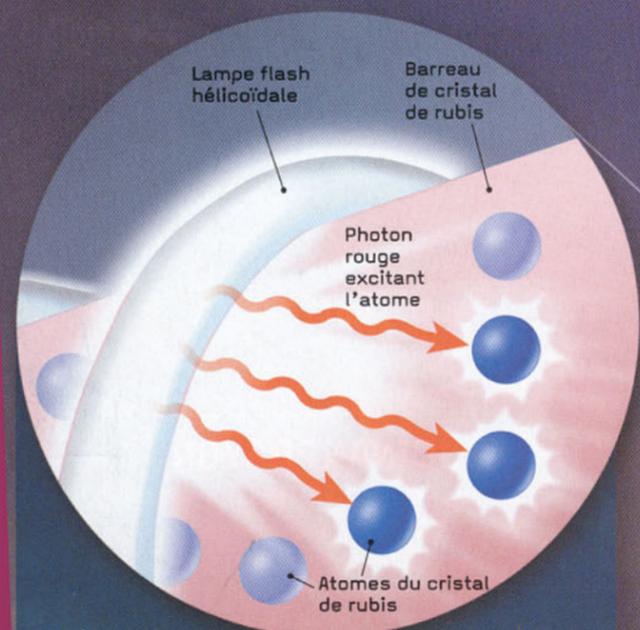


## UN FASCINANT RAYON

«Laser». Depuis *La Guerre des étoiles*, ce mot évoque inmanquablement des sabres surpuissants ressemblant à des néons rouges ou verts qui font bzzzz en fendant l'air. En général, les auteurs de science-fiction adorent truffier leurs livres de ces rayons de la mort. Bref, le laser est un mythe. Pourtant, un laser, ce n'est que de la lumière. Et le sabre des chevaliers Jedi ne sortira jamais de *La Guerre des étoiles* : vous avez déjà vu des rayons lumineux d'un mètre de long seulement et qui peuvent s'entrechoquer ? N'empêche, ne soyez pas déçu. Comme vous allez le découvrir dans les pages suivantes, le laser n'est qu'une lumière, certes, mais c'est fou ce qu'on peut faire avec !

# COMMENT CRÉER UN FAISCEAU LASER ?

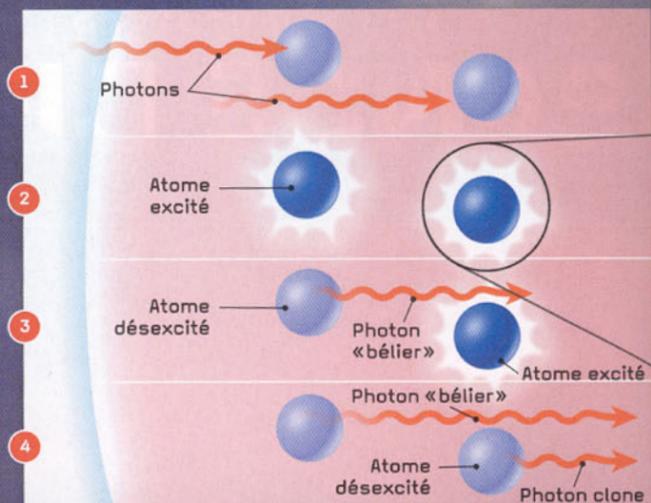
Un laser, quelle que soit sa puissance, c'est grosso modo toujours la même chose. Il est composé de trois éléments fondamentaux : un dispositif qui fournit l'énergie nécessaire au fonctionnement du laser (ici une lampe flash, mais ça peut être un courant électrique ou un autre laser), un milieu actif qui produit les photons et un système de miroir qui multiplie leur nombre. Il faut tout cela pour fabriquer la lumière laser, très différente de celle d'une lampe torche (voir encadré page de droite). Alors que cette dernière jettera sur un mur une grosse tache de lumière blanche, le laser n'y laissera qu'un petit point rouge, vert ou bleu, selon ses caractéristiques. Comment naît la lumière laser ? Allons jeter un œil au cœur du tube d'où elle jaillit...



## 1<sup>RE</sup> ÉTAPE :

### L'ÉCLAIR DE LUMIÈRE DE LA LAMPE FLASH

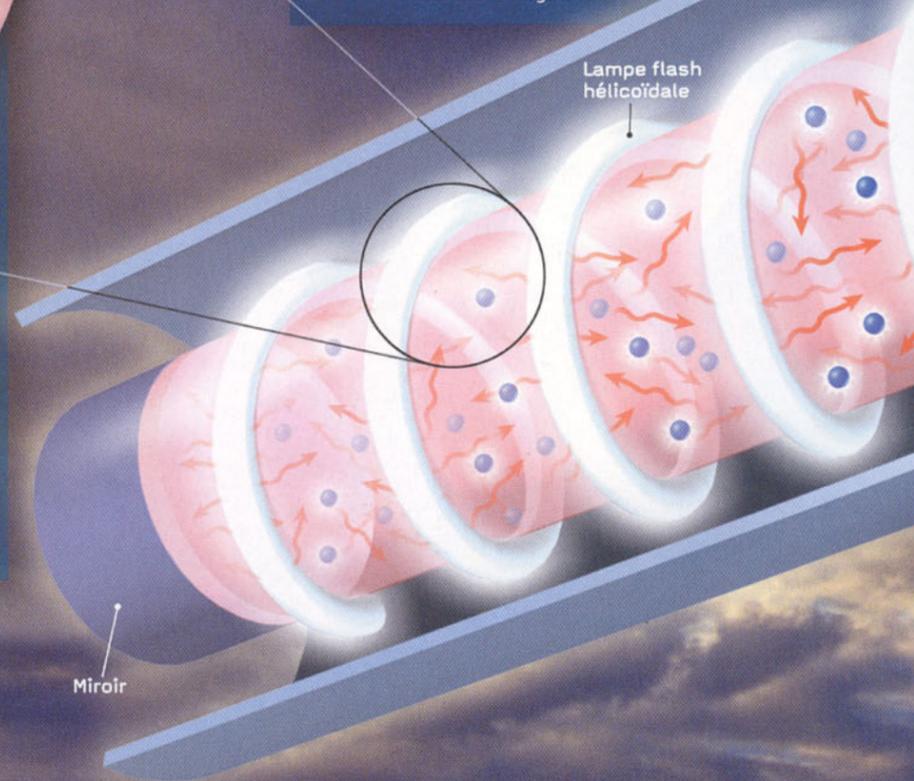
La lampe flash émet un violent éclair de lumière dans le milieu actif. Il est « actif » car il contient les atomes qui vont émettre les photons du faisceau laser. Il peut être solide comme sur notre schéma (un barreau de cristal de rubis ou de verre mélangé à d'autres atomes) ou gazeux. Dans ce dernier cas, le barreau est remplacé par du dioxyde de carbone, de l'argon, ou un mélange hélium-néon. La nature du milieu actif influence la couleur du faisceau laser. Car les atomes des différents milieux ne sont pas excités par les mêmes photons. Ainsi, le laser à rubis l'est par les photons rouges, le laser argon par les verts, etc. Ces couleurs auront des conséquences sur leurs applications (voir p. 78 et 79).



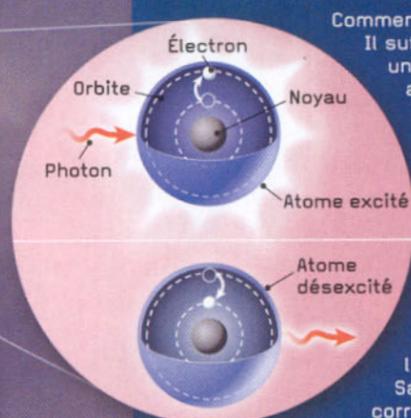
## 2<sup>E</sup> ÉTAPE :

### L'EXCITATION DES ATOMES DU MILIEU ACTIF

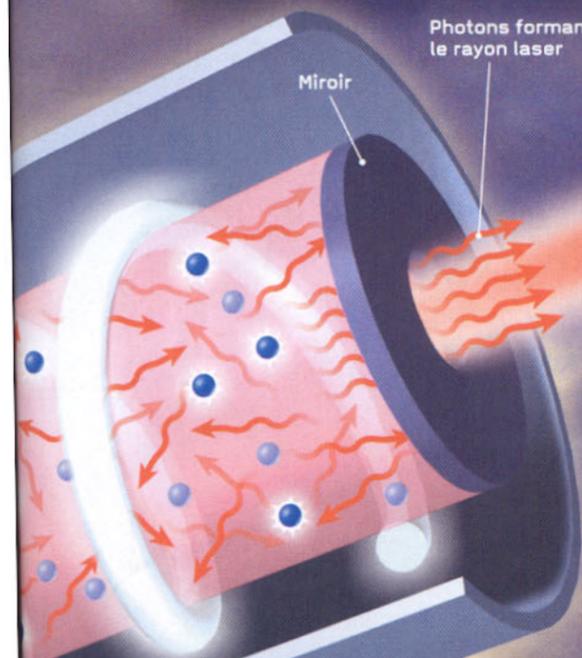
1. Les atomes du milieu actif reçoivent des photons émis par la lampe flash entortillée autour du barreau.
2. Ici, seuls les photons rouges excitent les atomes (voir zoom page de droite) en leur transmettant de l'énergie.
3. Certains atomes se désexcitent en recrachant le surplus d'énergie qu'ils ont reçu sous la forme d'un photon rouge.
4. Ce photon, en frôlant un autre atome excité, va entraîner la désexcitation de ce dernier. Elle se traduit par l'émission d'un photon parfaitement identique. Le photon « bélier » qui a frôlé l'atome poursuit sa route, mais il est maintenant accompagné d'un clone. Tous les deux vont frôler d'autres atomes excités, libérant d'autres photons et ainsi de suite. Tous ces photons sont parfaitement identiques. Ils ont donc tous la même couleur : rouge !



## EXCITATION-DÉSEXCITATION D'UN ATOME



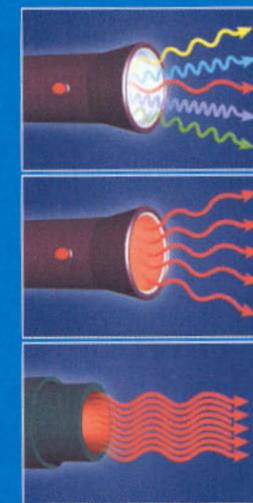
Comment exciter un atome ? Il suffit d'envoyer sur lui une particule de lumière, autrement dit un photon. S'il contient exactement la bonne quantité d'énergie (ni trop ni trop peu), il va propulser un des électrons en orbite autour du noyau sur une orbite plus haute. Une fois l'électron haut perché, l'atome est dit excité. Sa désexcitation correspond au retour de l'électron sur l'orbite basse, moyennant au passage l'émission d'un photon identique au premier.



## ZOOM

Les photons sont les particules de lumière. Dépouillés de masse, ils sont faits d'énergie pure. Sur la carte d'identité du photon ne figure qu'une seule information : sa couleur. Elle dépend de la quantité d'énergie qu'il transporte. Ainsi, dans la lumière visible, les photons les plus énergétiques sont bleus, et les moins énergétiques sont rouges.

## LAMPE TORCHE CONTRE RAYON LASER



Une lampe torche émet des photons de toutes les couleurs, qui donnent du blanc en s'additionnant. De plus, comme ils partent dans toutes les directions, le faisceau de lumière est large.

Si on ajoute un filtre rouge, le faisceau prend cette couleur, mais reste large.

Tandis qu'un laser envoie des photons tous parfaitement identiques et donc de même couleur (voir zoom ci-dessous) se dirigeant dans la même direction. C'est pourquoi le faisceau du laser est naturellement coloré et forme un pinceau étroit (voir 3<sup>e</sup> étape ci-dessous).

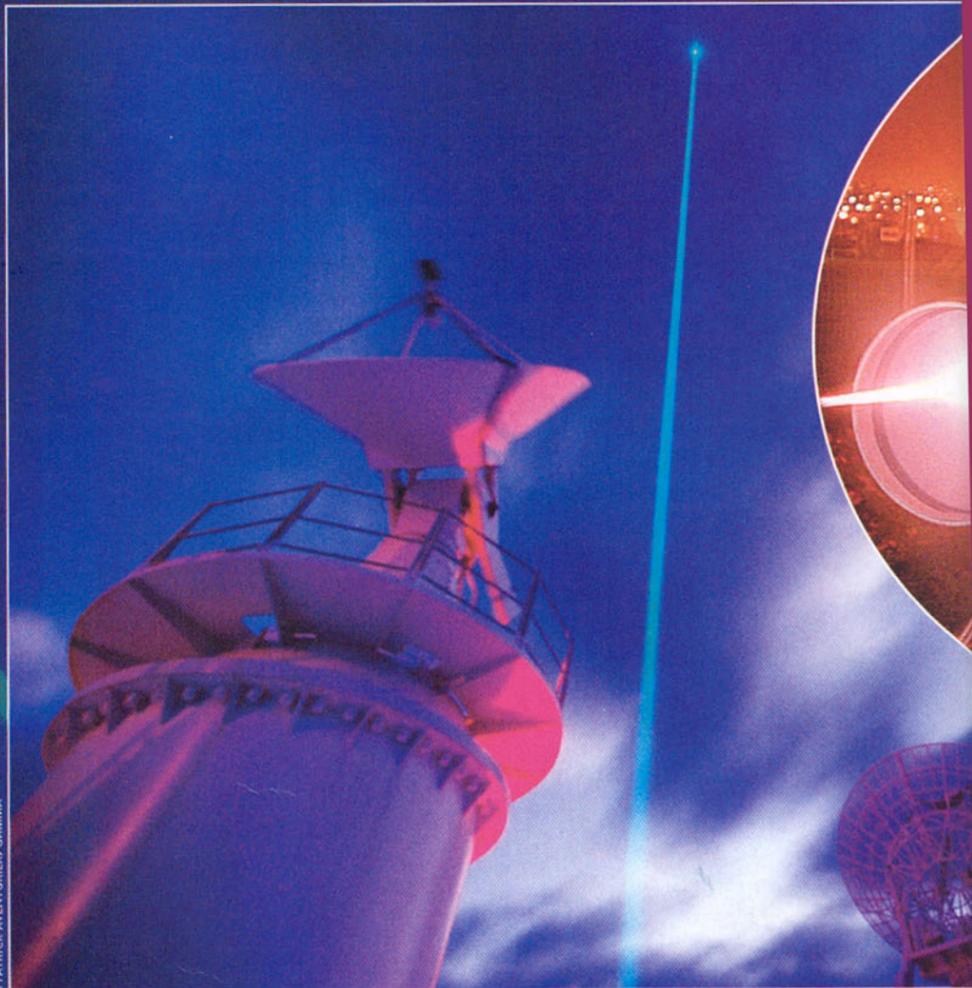
## 3<sup>E</sup> ÉTAPE : D'UN MIROIR À L'AUTRE

Le barreau de cristal est coincé entre deux miroirs situés à chacune de ses extrémités. Ces miroirs ont souvent une forme en creux (concave) qui permet de concentrer les photons vers le centre du barreau et d'éviter qu'ils ne disparaissent sur les parois latérales et ne soient perdus pour la lumière laser. Ainsi, comme dans un flipper, les photons rebondissent contre les miroirs et repartent dans le milieu actif. Ils heurtent d'autres atomes excités, entraînant de nouvelles émissions de photons. L'intensité du faisceau laser se renforce. Si les deux miroirs étaient opaques, ils ne laisseraient passer aucune lumière. C'est pour cela que l'un d'eux est semi-transparent et qu'environ 1% des photons peuvent le traverser. Les photons qui jaillissent hors de la cavité ont une trajectoire rectiligne, parallèle à l'axe du barreau, et alignée avec le petit orifice de sortie. Ils forment l'étroit faisceau du laser.



## POUR MESURER LA POLLUTION ATMOSPHÉRIQUE

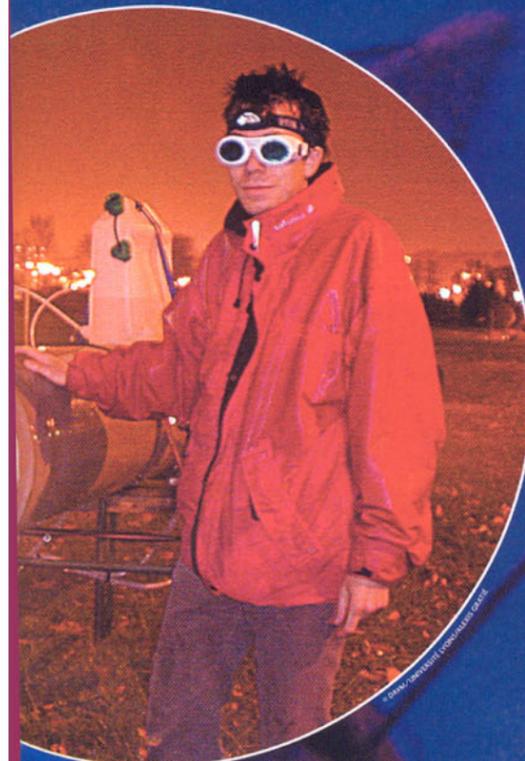
On les appelle oxydes d'azote, oxydes de carbone ou encore ozone. Ces molécules issues de la combustion des dérivés du pétrole sont des polluants nocifs pour notre organisme et pour la planète. Grâce au laser, il est possible de détecter leur présence et de mesurer leur concentration jusqu'à 5 km d'altitude. Le principe de ces mesures repose sur le fait que certains rayons laser sont absorbés par les molécules des polluants. Chacune englutit une couleur bien précise de laser. Par exemple, le dioxyde de carbone avalera des faisceaux situés dans l'infrarouge. Selon le polluant qu'ils traquent, les chercheurs envoient donc vers le ciel un laser dont la couleur correspond à celle absorbée par la molécule. Dans l'atmosphère, une partie de sa lumière est avalée par les molécules du polluant étudié. L'autre partie, celle qui n'a pas croisé ces molécules, est renvoyée dans toutes les directions par les différents composants de l'atmosphère, et donc notamment vers la Terre. Une fraction du rayon revient ainsi vers l'émetteur laser et peut être analysée. En fonction de son intensité, les chercheurs déterminent la part du faisceau absorbée et donc la quantité de polluant dans l'atmosphère. Comment? Ils comparent cette intensité avec celle d'un rayon laser témoin dont la couleur est choisie de telle sorte que ce rayon ne soit pas absorbé par la molécule recherchée.



Ce rayon laser braqué vers le ciel permet de mesurer la concentration de polluant dans l'atmosphère (voir texte ci-contre). Un tel dispositif est appelé Lidar.

## POUR ÉTUDIER LA FUSION NUCLÉAIRE

Le Laser Mégajoule (ou LMJ) devrait être le plus puissant laser au monde! En construction sur le site du Commissariat à l'énergie atomique de Bordeaux, il délivrera en 2009 une énergie capable de chauffer sa cible à 70 millions de degrés! Le Soleil, avec ses 15 millions de degrés au centre, peut se rhabiller. Pour parvenir à un tel résultat, les chercheurs ne fabriqueront pas un laser révolutionnaire. Ils utiliseront plusieurs lasers classiques (semblables à ceux des lecteurs de DVD) émettant dans le proche infrarouge, les amplifieront, et les feront converger en un point pour cumuler leur puissance. Au total, 240 faisceaux frapperont une coquille de quelques millimètres de diamètre. Pourquoi chercher à atteindre de telles températures? Il s'agit de se rapprocher des conditions de température et de pression qui règnent au cœur d'une explosion nucléaire. Elles sont telles que des noyaux d'atomes fusionnent entre eux pour en former de plus gros. C'est cette fusion que les chercheurs souhaitent étudier, pour comprendre ce qui se passe au niveau atomique lorsqu'une bombe explose. Enfin, le LMJ permettra également de mieux comprendre le Soleil, à l'intérieur duquel se produisent également de nombreuses réactions de fusion entre atomes.



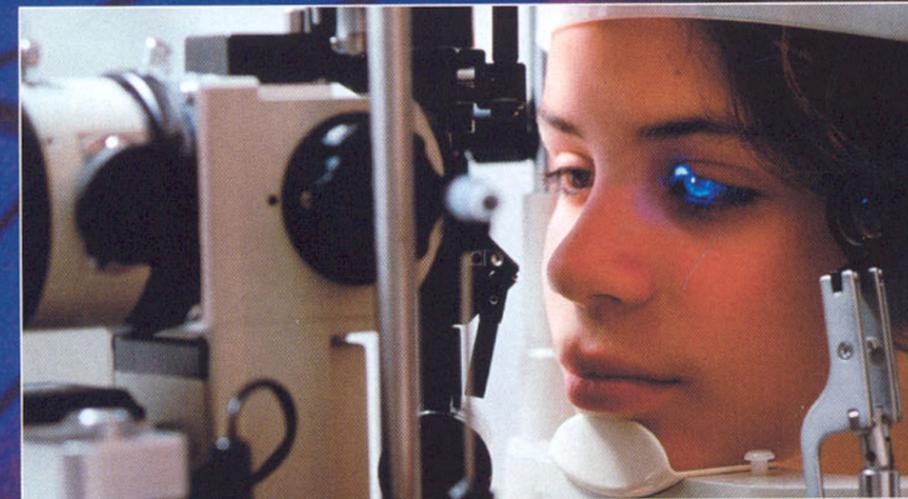
Version considérablement améliorée du Lidar, le Teramobile, un projet franco-allemand en cours d'industrialisation, émet un laser très puissant capable de détecter simultanément un grand nombre de polluants.

Mesure de la distance Terre-Lune à l'aide d'un faisceau laser aux États-Unis.



## POUR SOIGNER LE CANCER, CORRIGER LA MYOPIE...

Dans les livres de science-fiction, le laser est presque toujours une arme mortelle. En réalité, ce prétendu rayon de la mort sert plutôt à soigner. Ses applications médicales sont légion. La plupart du temps, on utilise la capacité du laser à concentrer beaucoup d'énergie sur une petite surface pour détruire des cellules bien précises en les brûlant. En contrôlant la durée d'exposition des tissus au faisceau, les médecins ne brûlent que les cellules voulues, sans transpercer le corps! Il est ainsi possible de supprimer des petites tumeurs, d'effacer des angiomes (taches de vin) ou des tatouages avec un laser à argon bleu ou vert. En ophtalmologie, les chirurgiens peuvent corriger certains défauts de vision, comme la myopie. Pour cela, ils taillent la cornée pour corriger le trajet des rayons lumineux dans l'œil, en retirant quelques micromètres de matière. En fait, c'est comme s'ils gravaient des verres de lunettes directement dans l'œil!



La grande précision d'un faisceau laser permet de réaliser des opérations très délicates, notamment sur l'œil.

## POUR PRENDRE DES MESURES ULTRAPRÉCISES

Le laser, c'est aussi une super règle graduée! Le principe est simplissime: une impulsion laser est envoyée vers la cible, elle se réfléchit à sa surface, et revient frapper l'émetteur-récepteur laser. Ce dernier mesure le temps qui s'est écoulé entre l'émission du faisceau et sa réception. Connaissant la vitesse du laser (300 000 km/s, la vitesse de la lumière), il est facile de connaître la distance parcourue (c'est la vitesse multipliée par le temps). Par cette méthode, les astrophysiciens sont parvenus à mesurer la distance Terre-Lune avec une précision de l'ordre du millimètre. Pas mal, sur 384 000 km! De telles mesures sont réalisées en France depuis l'Observatoire de la Côte d'Azur. Des dispositifs fondés sur le même principe, mais beaucoup plus petits et moins puissants, servent à mesurer des distances plus raisonnables, de la largeur d'une pièce jusqu'à la hauteur d'un immeuble. ● Remerciements à Jérôme Kasparian, du Laboratoire de spectrométrie ionique et moléculaire (CNRS), à Lyon.

Cette statue en bois de 400 ans est en plein nettoyage. Grâce à des impulsions laser ultrabrèves, cette jeune femme enlève les salissures à la surface du bois sans pour autant attaquer celui-ci.



© WALTERAUD GRUBITSCH/LENA/SIPA

© JOHN GREIM/STEWART/COSMOS