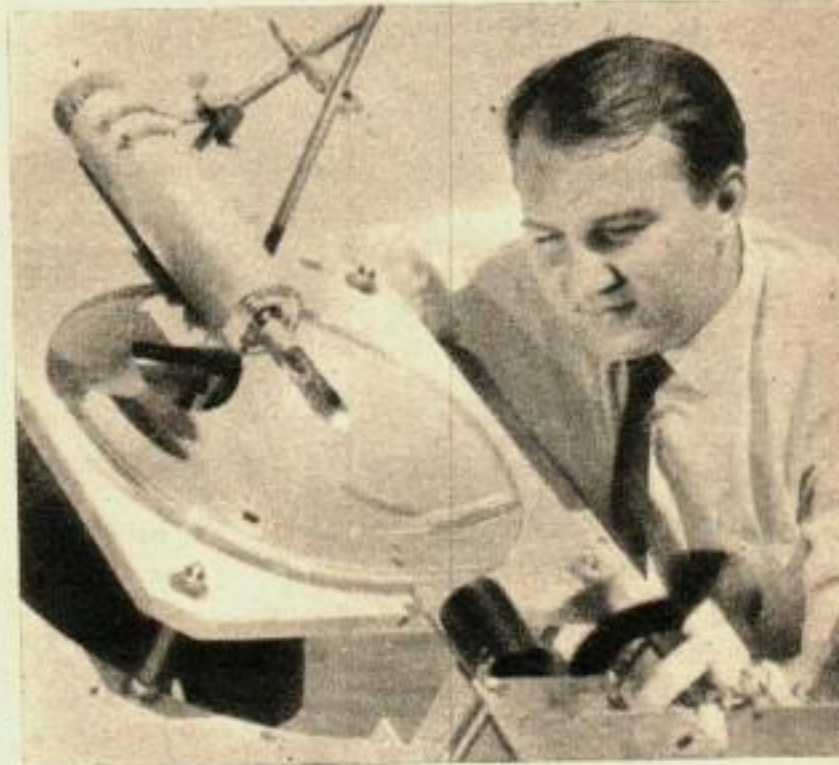
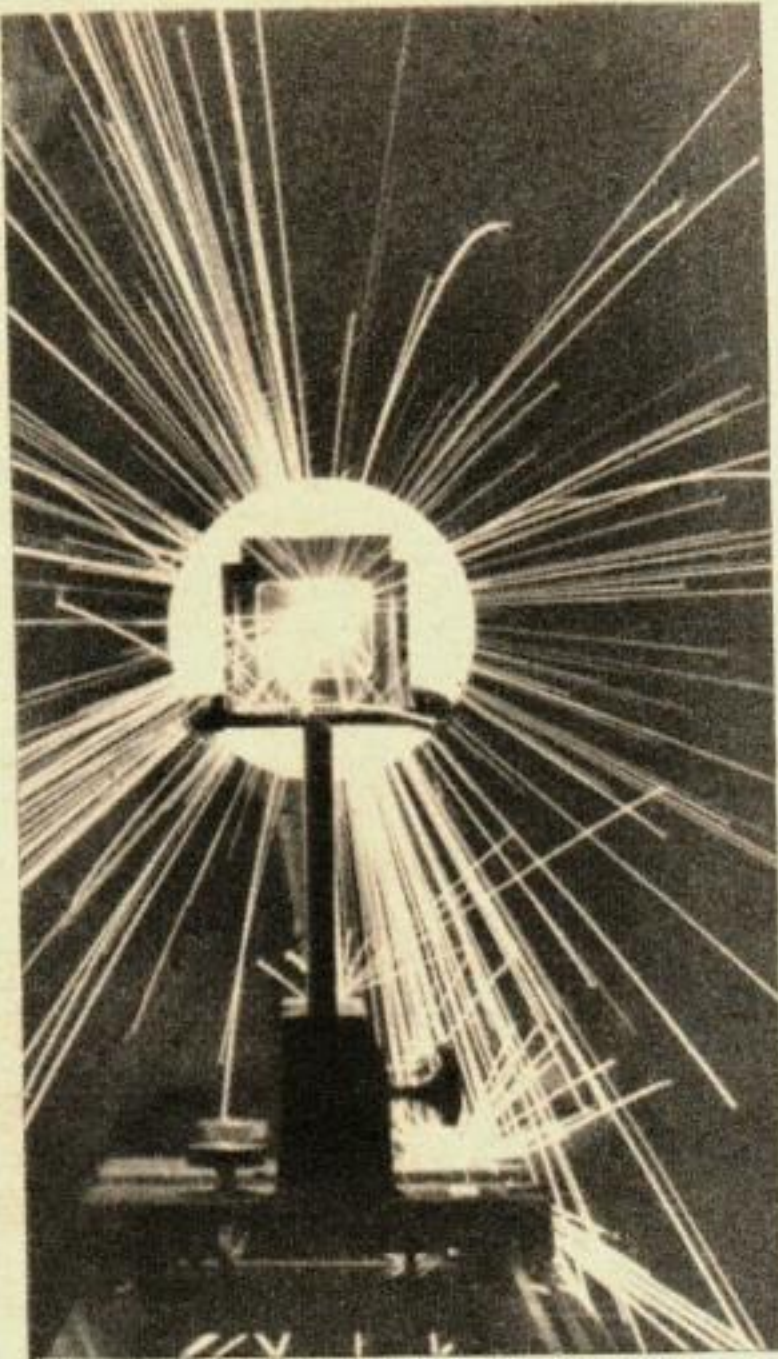


qu'est-ce

Par Théodore BERLAND

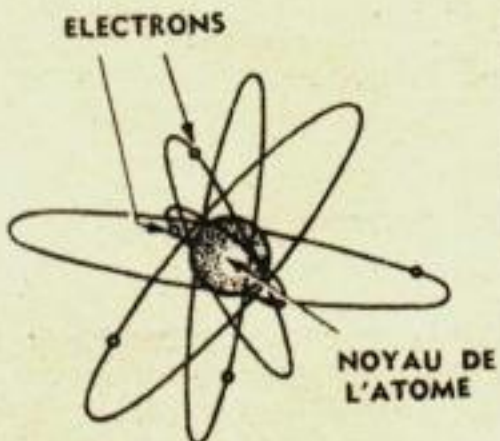


L'APPAREIL PHOTO n'a nullement souffert de l'effet laser perçant une plaque au tantale derrière laquelle il était placé. Cet effet a une puissance extraordinaire au point de contact, mais ne va pas plus loin.

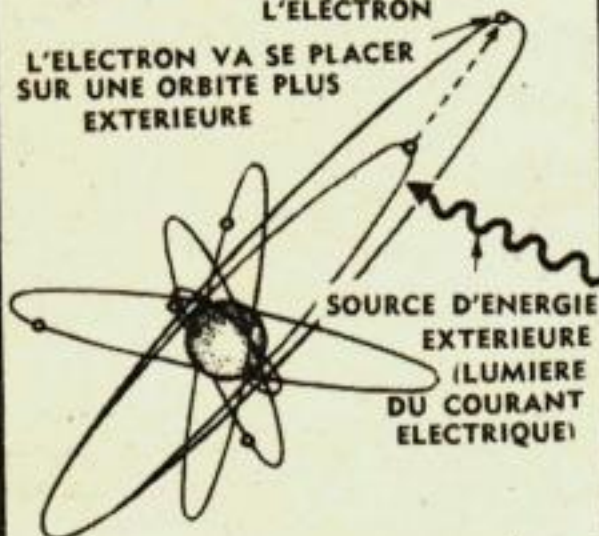
CE LASER au fluorure de calcium activé par les rayons solaires se trouve au laboratoire de la R.C.A. Il utilise un miroir de 30 cm pour concentrer les rayons solaires. C'est le précurseur des lasers qui seront utilisés dans les vaisseaux spatiaux.

LE LASER TIRE son énergie des électrons qui entourent le noyau de l'atome. Quand ils sont excités par une source d'énergie extérieure, les électrons sautent sur une orbite plus extérieure. En retournant à leur ancienne orbite, ils émettent des photons qui entrent en résonance avec la lumière d'excitation.

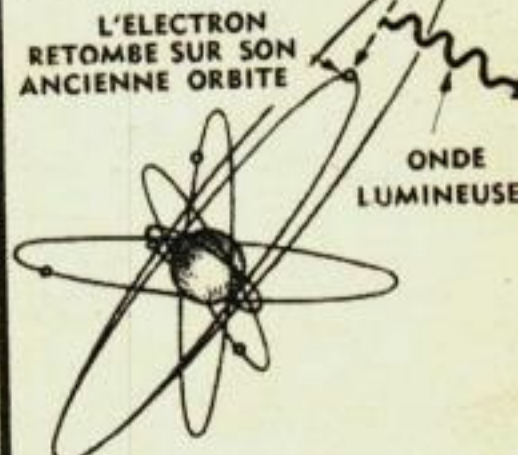
LES ELECTRONS STABLES SUR LEUR ORBITE N'EMETTENT PAS DE LUMIERE



UNE ENERGIE EXTERIEURE EXCITE L'ELECTRON
L'ELECTRON VA SE PLACER SUR UNE ORBITE PLUS EXTERIEURE



QUAND L'ELECTRON RETOMBE SUR SON ANCIENNE ORBITE, IL EMET DE LA LUMIERE



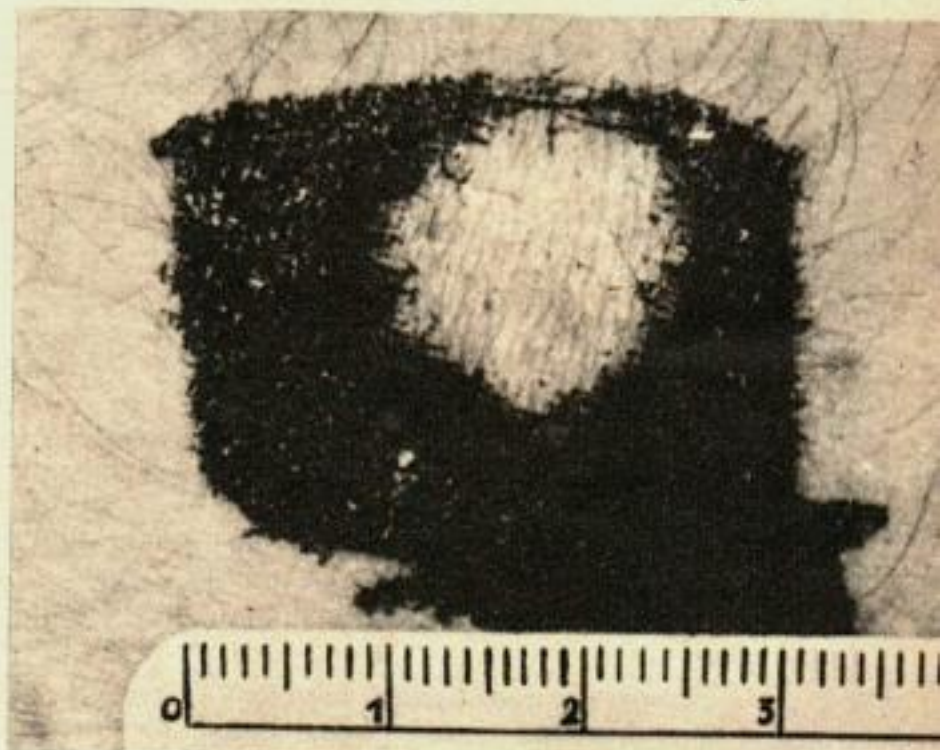
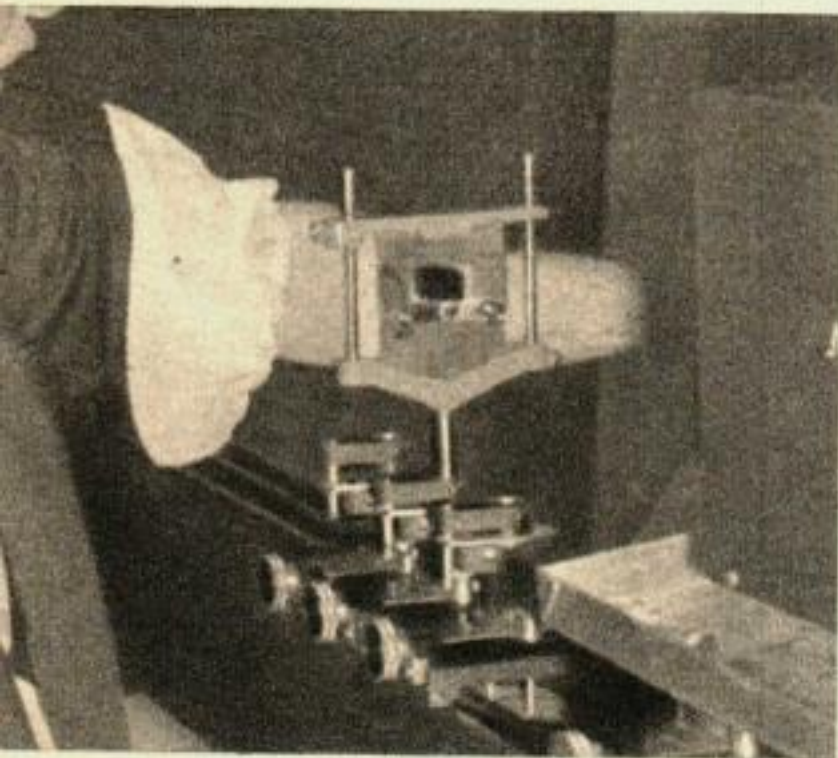
que le rayon laser ?

SUIVANT leur bonne vieille habitude d'exagérer la portée des événements les Américains ont salué le laser comme un nouveau miracle de la science moderne et lui ont prédit toutes sortes d'applications merveilleuses dans un proche avenir. (Il suffit de se rappeler les prédictions faites sur les transformations fantastiques que devait apporter l'ère atomique à notre monde).

Au cours de ces trois dernières années, de nombreux articles de journaux et de revues ont présenté le laser comme devant révolutionner l'armement militaire et la technique industrielle.

Voici quelques échantillons de ces anticipations fantaisistes :

- Le rayon de la mort est devenu une réalité. Le laser en est le principe.
- C'est l'arme anti-missile parfaite. Elle permettra d'intercepter et de détruire sur trajectoire les fusées balistiques intercontinentales.
- Tous les signaux transmis actuellement à distance, dans le monde — par téléphone, T.V. et radio — peuvent être portés par un seul faisceau de laser.
- Le laser permet des opérations chirurgi-

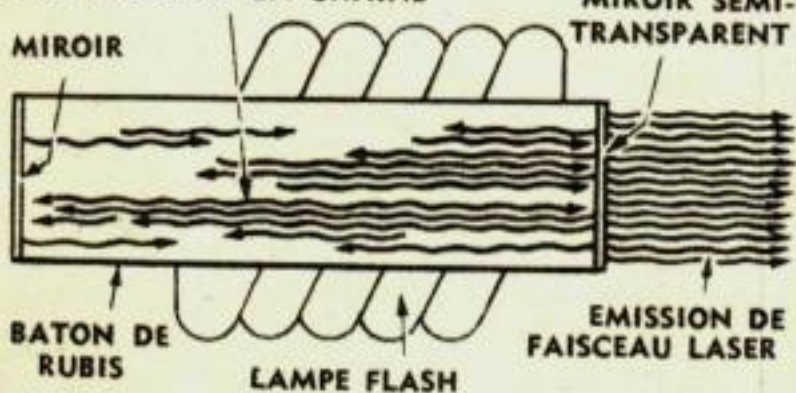


UNE EMISSION très brève de laser vaporise le noir de fumée enduit sur le bras de l'expérimentateur, en laissant la peau indemne. Les spécialistes des maladies de peau entretiennent de grands espoirs de pouvoir utiliser un jour le laser pour traiter des maladies telles que les tumeurs.

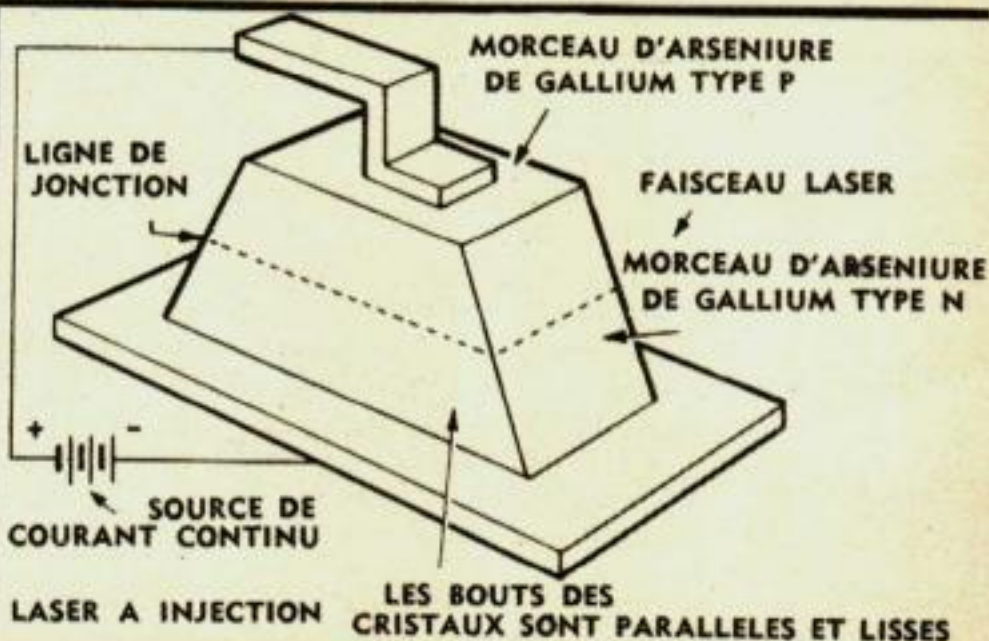
DEUX MIROIRS, dont l'un n'est que faiblement étamé, placés à chaque bout du laser à rubis, se renvoient les photons l'un à l'autre jusqu'au moment où ces derniers ayant accumulé une énergie suffisante, franchissent le miroir le moins étamé dans un faisceau cohérent.

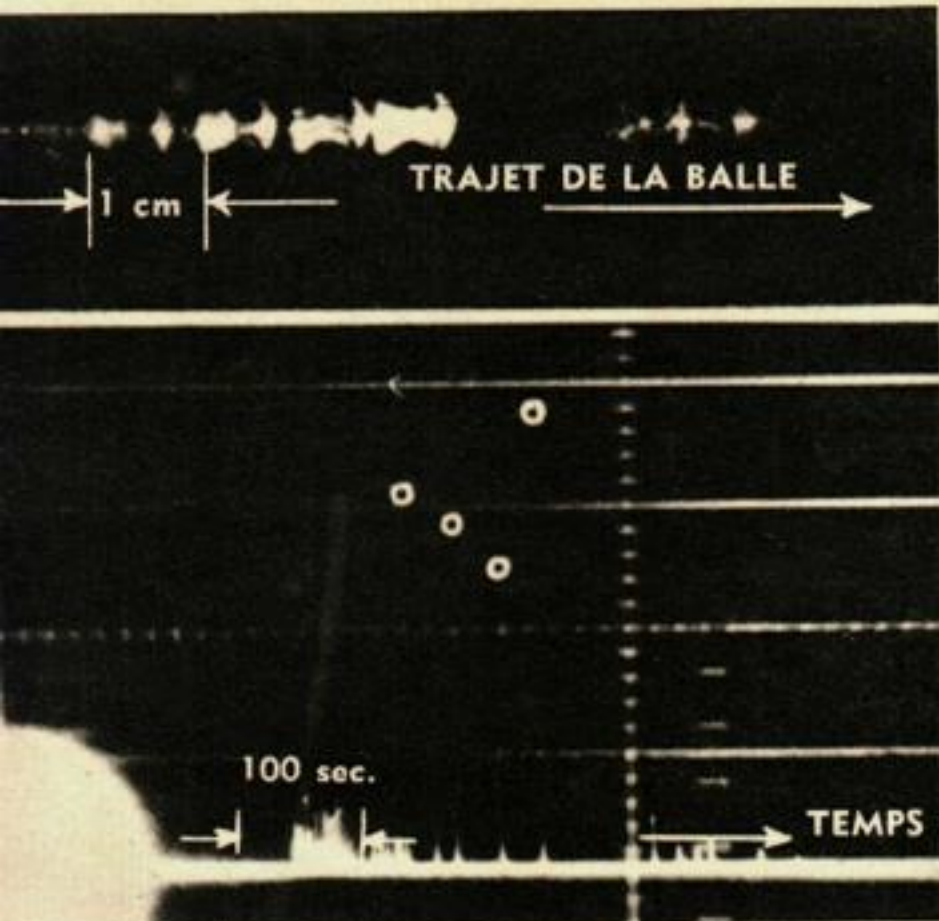
LE LASER A INJECTION, formé d'un cristal d'arséniure de gallium, fonctionne sous courant continu ; il sera utilisé pour la transmission d'éléments de calcul et les communications dans l'espace.

DES LUMINEUSES AXIALES FORMÉES PAR REACTION EN CHAÎNE

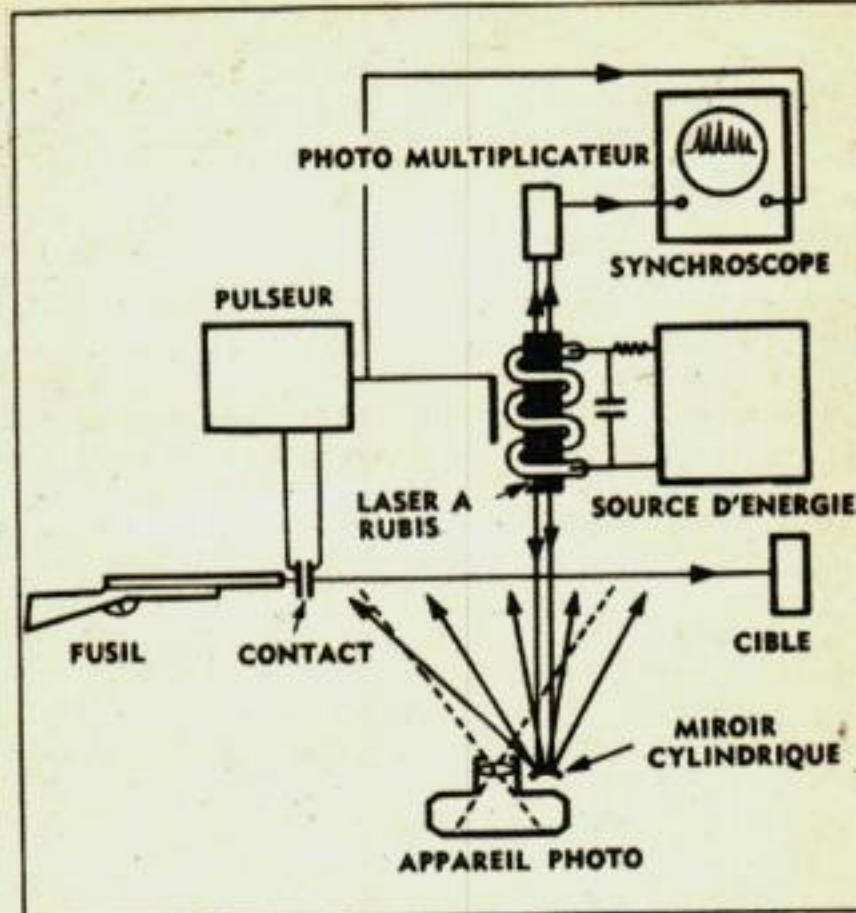


FAISCEAU LUMINEUX COHERENT DU LASER





DES BALLES SUR TRAJECTOIRE ont été photographiées par des savants de l'Université de Tokio utilisant un appareil commandé par un laser à rubis. L'image de la balle peut être vue en haut de la photo à gauche. Les petits ronds sont dus au faisceau laser.



cales d'une telle délicatesse qu'elles révolutionneront la science médicale.

Il est certain que le laser est la réalisation technique la plus intéressante depuis le transistor. Mais ses applications les plus révolutionnaires ne surviendront pas du jour au lendemain. Comme pour le transistor, il faudra du temps, de l'argent et des recherches ardues.

Toutes exagérations mises à part, il est exact que le laser offre des possibilités d'avenir qui confondent l'imagination. Voyez déjà de quoi il est capable :

Le faisceau très mince de rayons rouges émis par le laser a percé instantanément des plaques d'acier ; il a vaporisé un trou dans du diamant, la substance la plus dure que contient l'univers ; il a transmis des signaux à une distance de plusieurs kilomètres et il a été adopté comme le plus précis de tous les instruments de mesure.

Il a même éclairé un petit coin de la Lune, ce qui permet d'espérer qu'on pourrait un jour établir le cadastre de la surface lunaire à partir de la Terre. L'industrie fait déjà un usage limité du laser et on a pu réussir grâce à lui des opérations chirurgicales délicates sur l'œil humain.

Mais qu'est au juste le laser ? Et comment peut-on utiliser ses propriétés remarquables ?

Le nom lui-même est synthétique : un sigle scientifique pour Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation ou Amplification de la lumière par émission stimulée de radiation. Comme dans la désintégration nucléaire, le laser tire sa puissance phénoménale d'atomes isolés ; il tire parti d'une espèce de réaction en chaîne.

Mais contrairement à la désintégration, le

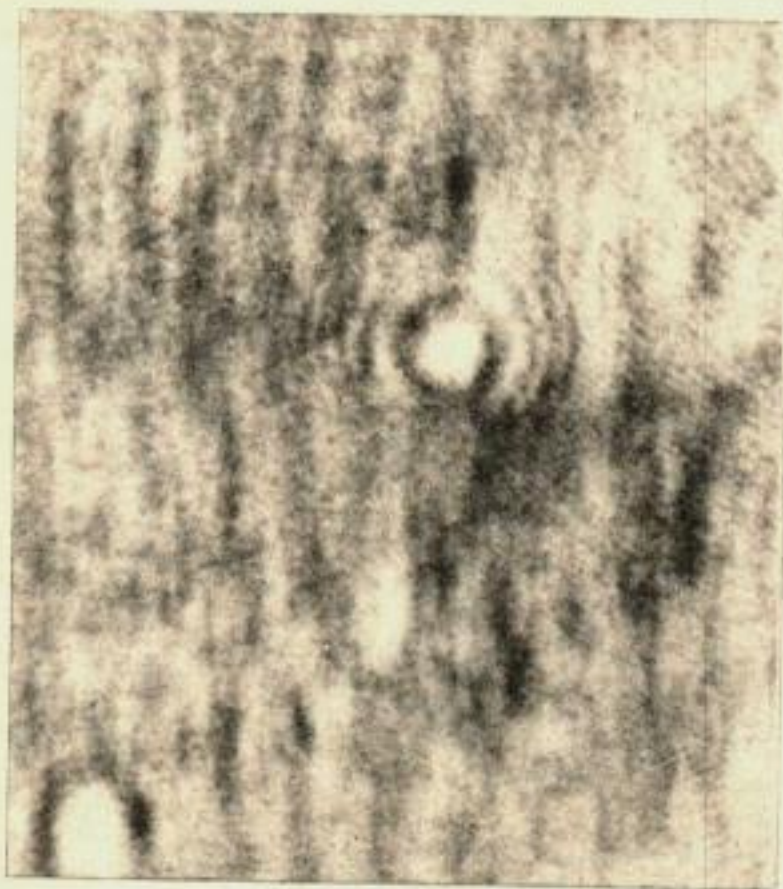
laser ne divise et ne détruit pas les atomes. Il s'en sert d'une façon répétée pour produire des photons qui sont à la base des phénomènes de stimulation lumineuse qui forment le faisceau laser.

Les rayons lumineux — comme les radiations de T.V., de radio, de radar et de rayons X — font partie du spectre électromagnétique. Ce sont là des formes d'énergie qui se déplacent dans l'espace chacune suivant sa propre fréquence d'oscillation ou longueur d'onde.

La lumière ordinaire est diffuse ; une ampoule électrique ou le soleil émettent des rayons lumineux de couleurs variées qui vont dans toutes les directions en se mêlant les uns aux autres. Les propriétés remarquables du laser viennent du fait qu'il émet un faisceau de lumière contrôlée et cohérente où chaque rayon oscille en cadence comme un régiment marchant au pas.

Une source extérieure d'énergie, un courant électrique par exemple ou même un flash photographique, est utilisé pour déclencher le fonctionnement du laser. Dans le laser de rubis qui est déjà bien connu, des atomes de chrome servent de cibles. Quand ces atomes sont excités par un courant électrique ou par la lumière, leurs électrons sont chassés vers une orbite plus extérieure par rapport au noyau. Ils restent sur cette orbite allongée pendant un temps extrêmement court, de l'ordre de un millionième de seconde, puis retombent sur leur orbite initiale. Cette chute vers le centre de l'atome libère de l'énergie sous forme de photons ou lumière.

Mais les photons émis de cette manière sont tout aussi indisciplinés et individualistes que toute autre lumière. Certains partent sous un angle trop grand et sont perdus.



LA PHOTOGRAPHIE SANS LENTILLE : un faisceau laser hélium néon braqué sur une photo donne le négatif brouillé qu'on voit à gauche. Un faisceau laser braqué sur le négatif dans un projecteur sans lentille donna l'image nette qu'on voit à droite.

Mais ceux qui se déplacent horizontalement sont captés par la source lumineuse de lancement. Pour les faire osciller en cadence, le laser est équipé de miroirs aux deux bouts, l'un étant pourvu d'un tain plus épais que l'autre. Les miroirs se renvoient les photos comme des balles de tennis, mais en les multipliant rapidement par une espèce de réaction en chaîne ou cascade de lumière. A mesure que les photons retournent au sein des électrons excités, d'autres sont émis. Quand les photons ont atteint un certain niveau d'amplification — plusieurs milliards de fois — ils traversent le miroir le moins étamé dans un faisceau lumineux puissant et cohérent (tout cela se passe en réalité en une fraction de seconde). Les faisceaux laser peuvent être portés à des températures plusieurs milliards de fois plus élevées que celle de la surface du Soleil.

Pour le moment, les applications du laser sont très limitées — et les limites auxquelles on peut les pousser dans l'avenir ne sont pas encore connues. On sait par exemple que pour réaliser un laser anti-missile, il faudrait mettre en jeu des énergies énormes, prohibitives : contrairement à la désintégration ato-

mique, les lasers ne produisent pas d'énergie, ils en consomment.

Le Dr. Arthur Schawlow, un des savants qui ont édifié la théorie du laser, aurait dit que pour détruire un seul engin balistique par des rayonnements laser, il faudrait pratiquement mobiliser toutes les ressources d'énergie des Etats-Unis.

Néanmoins, le Dr. Schawlow, qui est maintenant à Stanford, ne pense pas que ce handicap soit insurmontable. Le faisceau lumineux n'aura pas besoin de faire exploser le cône de fusée, m'a-t-il dit, il lui suffira de percer par l'effet de chaleur un petit trou dans l'enveloppe métallique. La vapeur qui se dégagera exercera une force suffisante pour dérégler le système de guidage.

Les nuages sont pour le moment une protection suffisante contre tous les types de lasers actuellement concevables. Il faudrait une énergie encore plus grande pour traverser une couche épaisse de nuages. Et on peut également équiper les missiles de surfaces réfléchissantes qui feront dévier le faisceau.

Mais en dépit de ces limitations, le département américain de la défense consacre des crédits énormes aux recherches sur le laser.



DES LASERS PRATIQUES comme ce modèle de 1 200 grammes, ont de nombreux usages. Le petit laser à gaz Perkin Elmer qui coûte environ 3 000 \$ (15 000 F) est utilisé pour des mesures de précision et pour éprouver des éléments d'appareil optique.



PERÇANT UN TROU par effet de chaleur à travers une plaque d'acier inoxydable, le faisceau du laser réalisé par la Raytheon Co a fait éclater un ballon 3 m plus loin. La tache lumineuse qu'on voit sur le ballon à gauche est due au faisceau laser.

La raison en est évidente. Un faisceau laser parcourant l'espace à la vitesse de la lumière (300 000 km/s) n'aurait aucune peine à intercepter un missile balistique se déplaçant lentement (tout est relatif : à 2 500 km/h).

Le même handicap confinerait pendant des années encore le rayon de la mort dans les bandes dessinées. Un médecin de Cincinnati a démontré qu'un peu de noir de fumée frotté sur la peau nue absorbe toute la puissance d'un faisceau laser de 50 joules. Les vêtements peuvent aussi arrêter le laser, du moins pendant un certain temps.

Mais on a appris que l'armée U.S. poursuit activement des recherches sur des armes à rayons. La piétaille des futures guerres, à l'instar des fusées balistiques, devra peut-être se couvrir d'armures ou porter des boucliers réfléchissant le laser.

L'une des applications les plus intéressantes auxquelles le laser s'est encore prêté entre dans le domaine de la chirurgie oculaire, surtout dans les cas impliquant la rétine. Le décollement de la rétine, par exemple, est l'une des causes les plus fréquentes de la cécité. Cela commence par un petit décollement partiel de la rétine ; le fluide oculaire fait alors pression derrière la lésion et l'étend. Si on laisse le cas sans traitement, toute la rétine finit par être décollée.

Des médecins allemands ont mis au point une méthode utilisant les tissus cicatriciels provenant de parties qui ont été brûlées pour recoller la rétine. De la lumière ordinaire fortement concentrée a été utilisée pour produire de petites brûlures.

Le laser peut aussi être utilisé pour cela. Il est supérieur pour deux raisons. Son faisceau est bien plus puissant que la lumière ordinaire. Ses impulsions lumineuses qui sont de l'ordre du millième de seconde, sont trop

brèves pour être gênées par les mouvements de l'œil, ce qui rend inutile l'immobilisation de l'œil du patient. De plus, il ne produit pas de chaleur, ce qui dispense de l'anesthésie et permet de traiter le malade dans le cabinet même du médecin et non nécessairement à l'hôpital.

Avec la même technique, le laser peut également détruire des tumeurs. Le Dr Paul E. McGuff du Centre médical de Tufts, étudie en ce moment l'aptitude du laser à détruire les cancers d'animaux et les cellules cancéreuses humaines élevées en culture.

On explore également d'autres techniques de recherches médicales. A l'Université de New York on fait passer des faisceaux de laser par des microscopes inversés pour irradier certaines parties de cellules vivantes. Avec ces méthodes de micro-chirurgie, dit le Dr Norman M. Saks, de petites particules peuvent être éliminées sans faire de mal au reste de la cellule. On peut ensuite étudier la cellule pour voir les conséquences sur sa vie et sa croissance.

Au centre médical de l'Université de Boston la microscopie au laser est employée à des recherches d'analyse chimique ; de petites pièces provenant de l'autopsie du cerveau et du pancréas sont vaporisées par la chaleur, les gaz étant passés entre des électrodes dont l'arc est analysé au spectroscope.

Dans le développement extrêmement rapide de la technologie du laser — le premier laser a été réalisé en 1960 — les découvertes qui soulèvent un grand intérêt aujourd'hui deviennent une vieille histoire le lendemain. Au moment où nous écrivons ceci, le laser le plus puissant émet un faisceau de 1 500 joules (1 joule, c'est un watt pendant 1 seconde) mais il pourrait être complètement surclassé au moment de la publi-

(Suite page 112)

Qu'est-ce que le rayon laser ?

(Suite de la page 32)

cation. On prévoit avant longtemps des lasers au rubis atteignant la puissance de l'ordre de 1 milliard de watts.

On classe généralement les lasers en trois catégories, mais ce classement pourrait évoluer avec de nouveaux progrès.

■ **Les lasers à l'état solide** (injection de la lumière) ont été les premiers à être réalisés. Ils sont surtout à rubis, mais les plus récents sont de verre réalisés par Theodore H. Maiman qui étaient constitués par un bâton de rubis synthétique d'environ 1 cm de diamètre et de plusieurs centimètres de longueur. La source d'énergie était un tube à arc électronique hélicoïdal. Le faisceau pulsé du laser d'état solide est utilisé maintenant dans l'industrie pour faire des micro-soudures. L'une de ses applications futures les plus intéressantes semble être dans le domaine du radar pour la téléphonie terrestre ou spatiale.

● **Les lasers au gaz** ou néon hélium émettent un faisceau continu et sont utilisés par

l'Office américain des étalons pour établir l'étalon de longueur qui doit remplacer le tube de krypton et la barre de platine. Etalonné sur un parcours de 186 m, un laser néon hélium donne des mesures avec une précision de l'ordre de 1 pour 200 millions. L'office compte utiliser ce laser pour étalonner les chaînes d'arpenteur.

● **Les lasers à injection**, réalisés en même temps par la General Electric et l'International Business Machines, semblent surtout intéressants du point de vue de la transmission des informations et comme moyen de communication. La matière active dans ces lasers à diode est un cristal presque microscopique de phosphure arséniure de gallium. Une certaine partie du cristal contient des impuretés qui forment une zone N (négative) portant un excès d'électrons, une autre zone dite P (positive) a au contraire un déficit d'électrons.

Un courant continu passe par la jonction des deux zones, ce qui fait passer des électrons de la zone N à la zone P ; et libère de l'énergie sous forme de photons. Ce système donne un « effet laser » entre les deux zones aboutissant aux bouts polis du laser.

Une des récentes applications du principe laser, la photographie sans lentilles, a été récemment annoncée par deux ingénieurs de l'Université de Michigan, Emmett N. Leith et Juris Uaptnieks. Le principe tel qu'il est énoncé semble simple (il faut simplement un miroir, une pellicule photo et un support, en plus du laser à gaz) mais il est probable qu'on ne le verra pas avant longtemps, peut-être jamais, faire son entrée dans la chambre noire du photographe amateur moyen. Pour le moment, il ne peut être appliqué qu'en laboratoire.

Cette nouvelle technique comporte deux étapes. D'abord, on dirige le faisceau laser à travers un corps transparent tel qu'un négatif photo, une plaquette de projection ou une lamelle de microscope ; une partie du faisceau laser contourne l'objet par un jeu de miroirs. Tout le faisceau laser est dirigé sur un genre d'appareil photo sans lentille contenant de la pellicule photo ordinaire. On obtient ainsi un négatif complètement brouillé où on ne peut rien distinguer.

Au deuxième temps, on place le négatif dans un projecteur sans lentille et on dirige sur lui un faisceau laser. Un écran ou un morceau de papier photo sensible placé à une distance précise du projecteur intercepte le faisceau laser et reproduit une image nette et agrandie de l'objet.

La technique photographique sans lentille donnera peut-être un jour des radiographies nettes et détaillées ou de meilleurs agrandissements photographiques ordinaires ; on pourrait l'utiliser en microscopie aussi bien optique qu'électronique pour l'étude de molécules isolées.

Photographie de balles

Les lasers ont été également utilisés avec succès dans les techniques photographiques