EL LASER

Por P. M. COUSOT

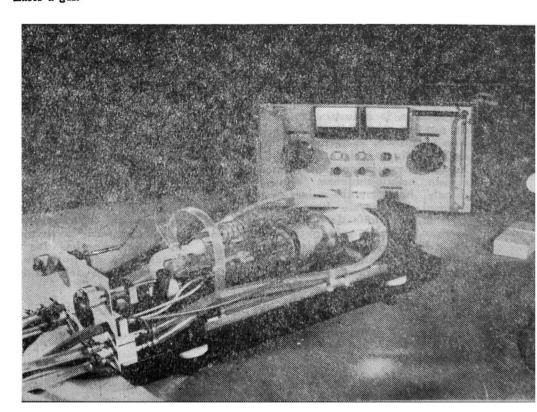
Nuestro interés en el invento del laser se debe, en primer lugar, a la participación que en él tuvieron varios célebres físicos franceses, con motivo de sus investigaciones sobre la física de la materia, y también, al lugar muy honorable -uno de los primeros- que ocupa hoy día en el mundo la industria francesa de avanzada en la realización de sus aplicaciones (departamentos especializados de la C.G.E., C.S.F., Thomson-Houston, L.T.T., Laboratorio de Física Avanzada y L.C.T. entre otros). En 1913, el sabio Daniel Berthelot había profetizado que el siglo XX sería el siglo de las máquinas a luz, así como el siglo XVIII fue el de las máquinas a fuego y el XIX el de las máquinas eléctricas. Esta profesía se cumple en 1960, año en que el sabio estadounidense Meimann presentó a la sociedad de construcciones aeronáuti-

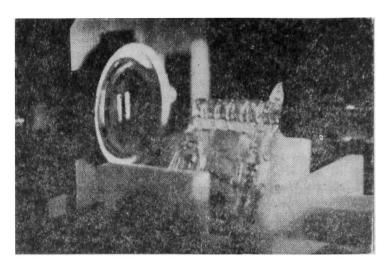
cas Hugues, el primer prototipo de laser, un rubí de 3,7 cms. de largo y medio cm. de diámetro, un verdadero bastoncillo de donde salía un haz intenso y rigurosamente dirigido de luz roja coherente (todos los puntos de la fuente luminosa emiten ondas de la misma longitud, fase y amplitud).

La energía de alimentación era un flash luminoso (un serpentín iluminado) potente, de luz ordinaria y por lo tanto incoherente (emitiendo los diferentes puntos de la fuente ondas de longitudes, fase e intensidad diferentes).

Después de este nacimiento, el joven laser ha tenido un crecimiento prodigioso, en el curso del cual hemos podido admirar experiencias y realizaciones sorprendentes tales como operaciones sobre células cancerosas, impactos sobre saté-







Laser a rubies, funcionando. Rubies y ampolleta de flash (detalle).

lites a partir del observatorio de Alta-Provenza, y en 1967 una triangulación con utilización del satélite francés Diademe.

Son éxitos que honran, en primer lugar a nuestros físicos de investigación fundamental. En efecto, aunque su primer realizador fue un investigador estadounidense empleado de una gran sociedad de construcciones aeronáuticas, los sabios franceses han desempeñado un papel importante y determinante en su génesis y desarrollo. Meimann no habría podido presentar su realización a la casa Hugues sin el invento de la cavidad resonante de los profesores Perot y Fabry en 1893, que entonces eran maestros en la facultad de Ciencias de Marsella. Y menos aún sin el descubrimiento del procedimiento de bombeo óptico del profesor Alfred Kastler, director de un Laboratorio de la Escuela Normal Superior, Premio Nobel de física en 1966.

Además, la industria francesa, ayudada por las subvenciones de la Investigación Científica, se ha revelado como una de las mejores del mundo en el desarrollo del nuevo invento. Recientemente, la revista estadounidense "Industrial Research" ha otorgado a la Compañía Industrial de Lasers —filial de la C.G.E. y de la Compañía de Saint Gobain— el premio del laser más potente del mundo (dentro de uno de los cien mejores productos del año 1967): se trata de un aparato de 12 metros de largo que emi-

te en una longitud de onda de 1,06 micrones, realizado en el Centro de Investigaciones de la C.G.E. en Marcoussis, cerca de Monthlery, con amplificación por etapas sucesivas. Este aparato necesita para su carga en la última etapa 40 KVA, y la energía de salida de 250 julios. El diámetro del haz laser, del tubo final es de 62 mm.

Puede concentrar en cinco millonésimos de segundo una potencia de 50.000 megawatts (50 gigawatts), produciendo una temperatura instantánea de varios cientos de miles de grados. Ningún cuerpo conocido (diamante, amianto, basalto, carbón, ladrillo) puede resistir esta temperatura, a la cual se vuelve posible la producción de plasma (gas completamente ionizado). Además, es preciso destacar que este laser record del mundo está en funcionamiento discontinuo (un ravo cada cinco minutos) v que todavía está reservado a los laboratorios de Alta Física. El objeto de las investigaciones teóricas actuales, en todos los países del club atómico y los otros, es la fusión controlada, o sea la domesticación de la energía de fusión de los átomos de hidrógeno.

Esperando esta nueva era para la humanidad, los investigadores de la ciencia aplicada se esfuerzan por utilizar el rayo laser para un número casi infinito de aplicaciones basadas todas en las características de potencia, directividad y homogeneidad del haz luminoso. En un número muy grande de aplicaciones donde un rayo luminoso o una onda radial
son utilizados como apoyo, en el estado
actual de nuestra técnica, es posible contemplar su reemplazo por un laser, en
caso necesario por los procedimientos
de los canales de luz (*). Dondequiera
que el problema sea producir una energía calórica luminosa o vibratoria intensa
sobre cierta superficie, el laser encuentra
su aplicación. Pero en todos estos casos,
la técnica es totalmente nueva y la mayoría de las veces muy delicada de llevar a cabo.

El primer dominio explorado fue la medicina (a todo señor todo honor; jen primer lugar el hombre!). La prensa o periódicamente la televisión anuncian nuevas operaciones realizadas ya sea en un tumor canceroso o en un caso de lesión o desprendimiento de la retina. Pero, a pesar de los primeros éxitos obtenidos en Inglaterra y en los Estados Unidos (el paciente más ilustre parece ser el Duque de Windsor, que después de 4 intervenciones clásicas por desprendimiento de la retina se hizo operar por quinta vez con laser), la operación debe ser practicada bajo microscopio, y desgraciadamente se observan emisiones parásitas secundarias tales como ultrasonidos, ondas elásticas, radiaciones gama e incluso rayos X, lo que ha reducido el optimismo de los médicos que por el momento se mantienen a una prudente expectativa. Las revistas médicas anuncian ahora como objetivo actual de la investigación fundamental una profundización del conocimiento de las células biológicas, especialmente en el instituto de patología celular del profesor Bessis, y el estudio del efecto de irradiaciones laser sobre el proceso de proliferación cancerosa. El papel de ciertos elementos constitutivos de los diferentes tipos de células humanas, tales como los centrosomas y los cuerpos de Golgi, queda por precisar y es por medio de los impactos laser muy precisos que el profesor Bessis trata de determinar su función, en cuanto a los efectos biológicos, térmicos y no térmicos, de las irradiaciones. Ciertos

autores electrónicos dedicados a la medicina esperan una detención de la cancerización.

En neurocirugía, en la terapia de los electrochoques, en dermatología, en dentística, se han realizado investigaciones básicas con éxitos a veces muy alentadores. La operación para hacer desaparecer los tatuajes se ha convertido en algocorriente, igual que los tratamientos de lesiones cutáneas y pecas. Por el contrario, no ha sido posible todavía reemplazar la fresa dental clásica por un laser a causa de los efectos secundarios, que todavía son poco conocidos, sobre el esmalte v la dentina v también por la dificultad de evitar llegar hasta los tejidos vivos vecinos. Pero al activo del laser es preciso observar una detención o una disminución de la desmineralización en las caries nacientes. Los especialistas en O.R.L. contemplan la fusión por laser de algunos cartílagos o huesesillos cuyo endurecimiento es la causa de cierta forma de sordera.

Después de la intervención sobre el cuerpo humano, es en mecánica industrial donde el laser ha conocido interesantes aplicaciones. Así como puede ser un bisturí de precisión, constituye también una herramienta de trabajo apta para partir o moler con la finura más grande. La talla de los diamantes, la confección de rubíes destinados a la relojería y a la micromecánica espacial, la eliminación del exceso de materia o por el contrario la desaparición de pequeños cráteres por igualamiento de las superficies, la microsoldadura, se han convertido en operaciones corrientes.

El laser de Caradache es empleado para soldar las minúsculas termoconexiones sobre los vástagos finos destinados a ser sumergidos en el corazón de los reactores para medir la temperatura en los diferentes puntos de la pila. Además de estas soldaduras extremadamente finas, pueden practicarse tratamientos térmicos con un laser a rubí, con una localización precisa y al aire libre, mientras que esos tratamientos necesitan en general la vía catódica. Es posible tallar, modular y soldar elementos en el interior de un lóbulo o de una ampolla de vidrio sin que ésta resulte dañada por la travesía del rayo.

^(*) Necesariamente con amplificaciones repartidas a lo largo del "guía".

Finalmente, los sederos de Lyon estudian el tratamiento de las fibras sintéticas con rayos laser para obtener nuevas presentaciones de los tejidos.

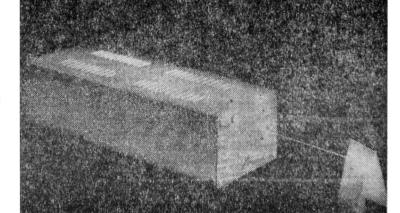
El tercer dominio de elección del laser es la astronáutica. Guiar satélites o misiles, seguirlos, comunicarse con ellos, medir su distancia y en consecuencia su trayectoria, son los problemas mayores que se trata de resolver desde hace unos años. La ventaja de un radar a laser en comparación con un radar a onda radial es una congestión mucho menor, para la misma precisión, y por lo tanto una precisión mucho mayor para una misma congestión, una mejor elección de objetivo y una discreción casi absoluta, por el hecho de la directividad y de las longitudes de onda IR o UV de la invisibilidad del haz. Pero la propagación del laser y su absorción por la atmósfera es muy variable con las condiciones atmosféricas. y también con las longitudes de onda: es necesario determinar lo que los especialistas han llamado "ventanas" por las cuales las comunicaciones pueden pasar; de todas maneras hay dos momentos en la vida del satélite en que la radio es inutilizable en primer lugar, al lanzamiento, a causa de la imposibilidad de que las ondas de radio atraviesen la baja atmósfera perturbada por la combustión; de ahí la utilización de este cordón umbilical transmisor de órdenes que se trata de reemplazar por un haz laser. Este es también el caso con motivo de la entrada del satélite en la atmósfera: la atmósfera ionizada por la fuerte temperatura debida a la frotación detiene la transmisión de las ondas radioeléctricas: entonces es posible utilizar un laser sobre ciertas frecuencias y a condición de que la travesía de la baja atmósfera haya sido posible. Para las comunicaciones interespaciales, donde no debe temerse ninguna absorción, el alcance del laser es considerable: un millón de kilómetros, con potencias iniciales relativamente moderadas.

Los éxitos franceses en este dominio han sido espectaculares en cuatro oportunidades, desde febrero de 1963, fecha del primer eco de laser sobre la luna, recibido en el observatorio de Saint Marcel en Provence.

En enero de 1965, el mismo laser a rubíes del observatorio de Alta-Provenza ha alcanzado en varias oportunidades, a 1.571 kms. de altura al satélite Explorer XXII, lanzado 2 meses antes y recorriendo su órbita a la velocidad de 22.000 kms. por hora.

En enero de 1966, partes de la trayectoria del satélite Geos como asimismo su distancia han sido determinadas con una precisión de 1,50 m. a 1.600 kms. de distancia.

Finalmente, las numerosas experiencias realizadas en febrero y mayo de 1967 sobre el satélite francés Diademe (D1C y D1D); se han obtenido un gran número de ecos a partir de las tres estaciones equipadas por Francia, de Ham-



Efecto de un laser sobre una hoja de papel.

EL LASER 623

maguir en el Sahara, Saint Michel en Provenza y Stephanium en Grecia (desde entonces los satélites generalmente estan equipados con reflectores para devolver los destellos de luz laser).

Los reflectores de nuestro satélite habían permanecido orientados hacia tierra (a pesar de una interrupción de algunas semanas) y esta fue la primera operación mundial de geodesia espacial por utilización del laser, con el empleo de las tres bases de varios miles de kms. constituidas por los tres puntos antes citados, elegidos para la implantación de nuestros lasers y también para instalar ahí tres estaciones de medidas de velocidad por efecto doppler e igualmente de dispositivos de fotografía de satélite sobre fondo de estrellas.

Es así como se han obtenido grandes progresos en el servicio de los satélites, su estabilización en el espacio y su conducción. La astronomía exige, para sus operaciones, una precisión extrema y las técnicas laser que recuperan fuera de la atmósfera toda su seguridad de transmisión permiten métodos de apunte de una precisión irrealizable hasta la fecha.

El éxito de estas experiencias contribuye evidentemente a un alcance considerable y a la facilidad de transmisión en los espacios interestelares. Pero, a una escala más modesta, y en la medida compatible con la absorción atmosférica, hace posible, con la precisión más grande jamás obtenida, todas las medidas de longitudes, tiempos y ángulos.

La definición actual del metro es un múltiplo de longitud de onda emitida por una fuente luminosa conservada al abrigo de las variaciones de temperatura en el Conservatorio Nacional de Artes y Oficios.

Los altímetros, los sismógrafos, los dispositivos de alineamiento (en particular para la agrimensura, el forado de túneles, la vigilancia de las barreras hidráulicas, la previsión de los temblores de tierra por detección de los movimientos registrados en las formaciones rocosas antes del sismo) son otras tantas aplicaciones que se multiplican.

Actualmente se utilizan telémetros en astronomía y navegación aérea. Son sobre todo altímetros de gran precisión pe-

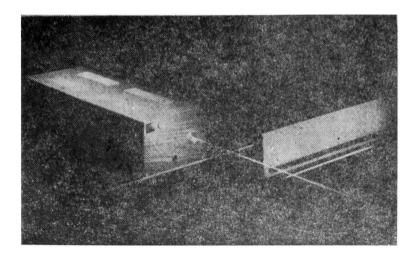
ro utilizables solamente de día (porque es necesario apuntar) y en una atmósfera pura, para una buena transmisión.

Se han realizado aparatos de detección o de reconocimiento de formas. v una de las aplicaciones más interesantes en este momento es la aceleración de las operaciones delicadas. En este momento se acelera la realización. especialmente en la C.S.F., de hologramas, verdadero cine en relieve y en color, con imagen viva, ya que los desplazamientos del ojo del espectador provocan el mismo efecto de paralaje que la visión directa. Si este invento se perfecciona lo más probable es que nuestras salas de cine tradicionales deberán transformarse o cerrar sus puertas.

En lo que se refiere a las aplicaciones militares especializadas, es totalmente evidente que todas las posibilidades mencionadas en el dominio de las medidas y de la transmisión de informaciones son directamente aplicables a los problemas particulares de las fuerzas armadas, incluyendo el arma astronáutica.

Indudablemente, las medidas pasivas tales como la detección de un misil o de un cohete enemigo y la vigilancia del espacio aéreo están llamadas a utilizar cada vez más los recursos del laser. La neutralización del cono perseguidor de un cohete o un torpedo submarino (que por definición es extremadamente sensible y reacciona ante los impulsos más débiles) está contemplada en diversos países y es de imaginar que estos procedimientos constituirán una defensa contra los satélites (que se agregará a nuestra antigua defensa AA que conocemos muy bien). Las acciones netamente ofensivas como la irradiación de una zona haciéndola totalmente inhabitable, o la provocación de incendios a gran distancia, no son inverosímiles, ya que temperaturas del orden de un millón de grados ya son posibles o están a punto de ser alcanzadas, y que por lo demás, realizando así el antiguo sueño del sabio Marconi, la facultad de transportar cientos de kilowatts de energía (*) eléctrica con el rayo laser como único apoyo está actualmente en estudio en la E.D.F. y la S.N.C.F. En estos

^(*) Tomando las precauciones que se imponen.



Dos laser a gas.

estudios se presenta la importancia que esto tiene para la alimentación de los satélites. La ceba de una bomba de hidrógeno sería mucho más propia y elegante (si así pudiera decirse) con un rayo laser, que con una pequeña bomba atómica de fisión. La separación de los isótopos de uranio, es igualmente posible por radiación sobre ciertas longitudes de onda luminosa, infra o ultra-luminosa.

En conclusión, no puedo hacer otra cosa que citar las previsiones proféticas de Jean Fourastie, en su notable obra "Las 40.000 horas" o "Inventario del Futuro", 1965.

"Los lasers y masers, que pueden dirigirse con una precisión extrema, aportan posibilidades tan grandes en todos los dominios que cada mes se anuncian nuevas aplicaciones. Actualmente se han logrado progresos extraordinarios en materia médica y quirúrgica (coagulación, destrucción de células nocivas), en materia de comunicaciones, de radares y de

cálculos electrónicos, de química, de espectroscopía, de fotocopia, de meteorología; finalmente, los lasers podrían ser una ceba poco costosa en las fusiones nucleares y permitir apreciables transmisiones de energía a corta distancia en el aire, en el agua y en los espacios interplanetarios a grandes distancias.

El descubrimiento y el desarrollo del laser son característicos del esfuerzo de la ciencia humana de hoy y de siempre a fin de profundizar el conocimiento de la materia, y también, ¡por desgracia!, de aumentar sin cesar la capacidad de destrucción.

Rayo de la muerte, ha podido decirce, pero también rayo de la vida cuando es aplicado a los esfuerzos médicos para sanar nuestras afecciones más graves, mejorar nuestras condiciones de vida, o para dominar la materia en todas sus formas.

(De "La Revue Maritime", agosto-septiembre de 1969).

