

APPLICATIONS CIVILES ET MILITAIRES DU LASER

Mardi 6 mars 1990

Michel de la Bachelerie

Mardi 6 mars, Michel de la Bachelerie, chercheur au C.N.R.S. au laboratoire de l'horloge atomique, enseignant à l'école supérieure d'optique, nous a parlé de la formidable extension du laser.

Le principe physique utilisé dans le laser a été découvert par Einstein en 1917. Il s'agit de l'émission de lumière stimulée. Avec un matériau suffisamment excité, on arrive à amplifier de la lumière. C'est en 1960, aux Etats-Unis, que fut réalisé le premier laser. Après, l'évolution devient foudroyante. Dès 1961, apparaît le laser "hélium néon". Bien d'autres suivent.

Le mot laser est constitué des initiales de "Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation", c'est à dire amplification de lumière par émission stimulée de radiations. Un laser est donc un amplificateur utilisé de manière à réaliser un émetteur de lumière. La spécificité de cette lumière est la cohérence. La nature de l'émission lumineuse émise par un laser est unique. Le faisceau est très directif et monochromatique (la lumière est émise sur une couleur spectralement très pure). Le faisceau étant très directif, on peut concentrer l'énergie optique émise par un laser soit dans une direction très précise, soit sur un spot extrêmement petit (quelques microns au carré). L'émetteur laser peut osciller sur un spectre très étroit, et donner une couleur très pure aussi bien visible qu'invisible. C'est pour cette raison que le faisceau est très monochromatique.

Ces deux caractéristiques sont regroupées sous le terme de cohérence.

La lumière émise par un laser est rarement plus puissante que la lumière émise par une banale lampe à filament de tungstène, par contre l'énergie émise peut être dirigée, concentrée aussi bien spatialement que spectralement sur une couleur très précise. A partir du moment où cette énergie peut être manipulée parfaitement, cela ouvre la voie à de très nombreuses applications.

La lampe à filament de tungstène, émet de la lumière dans toutes les directions. Il est quasiment impossible même avec une optique très sophistiquée de concentrer la lumière émise par le filament sur un spot de quelques microns². On perdrait une quantité très impressionnante d'énergie.

Principe de réalisation d'un laser

Il faut disposer d'un milieu actif amplificateur de lumière, excité par une énergie quelconque, une source de "pompage". Ce milieu actif est placé dans une cavité résonnante composée de deux miroirs. L'un a une réflexivité maximum, l'autre est semi-transparent. Le milieu actif émet une lumière dans toutes les directions. Une partie de cette lumière se propage selon l'axe de la cavité et est réfléchiée par les miroirs un grand nombre de fois. Au bout d'un certain temps, comme le faisceau est amplifié par chaque passage dans le milieu actif, la lumière atteint des puissances importantes. Le faisceau utilisé est celui qui sort par le miroir semi-transparent.

La taille

On réalise des lasers de différentes tailles : la diode laser que l'on trouve dans les disques compacts (1mm), les lasers industriels (1m) utilisés pour le découpage, jusqu'au laser qui sera utilisé pour la fusion thermonucléaire (plusieurs centaines de mètres).

Il existe

- des lasers à colorant qui émettent une lumière aux courtes longueurs d'ondes.

- les lasers à hélium-néon, utilisés dans les lecteurs de codes barres....,

La diode laser est très performante du point de vue de sa puissance.

Applications

1) Le disque compact

Il fut créé par Philips en 1978.

Le signal analogique provenant du micro est échantillonné, c'est à dire découpé en tranches à intervalles égaux. L'amplitude électrique de chaque tranche est ensuite mesurée par le convertisseur analogique numérique. Sa valeur est traduite en un nombre binaire. Chaque mesure est représentée par un groupe de "0" et de "1", les bits. C'est ce mot binaire qui sera gravé sur le disque sous forme de microcuvettes.

Le rayon laser lit une piste de microcuvettes. Les mots binaires provenant de la lecture laser sont convertis en amplitudes électriques par un convertisseur numérique-analogique cette fois-ci, et le signal obtenu est "lissé" par un filtre électronique. C'est ce dernier signal, image du signal de départ, qui sera appliqué à l'amplificateur puis aux enceintes acoustiques.

Sur la même surface, on peut enregistrer 100 fois plus d'informations avec un laser qu'avec un lecteur magnétique.

La mécanique utilisée dans les lecteurs de disque compacts est très sophistiquée.

Sur le marché professionnel est apparu un nouveau type de disque compact qui va révolutionner le marché grand public dans les années à venir. Il s'agit du disque magnéto optique qui peut s'écrire et s'effacer de la même manière que le disque optique.

2) Imprimante laser

C'est une espèce de photocopieuse améliorée. Un laser est dirigé vers le tambour photosensible identique à celui de n'importe quelle photocopieuse. Le tambour photoconducteur, lorsqu'il est éclairé par de la lumière, se décharge en électricité statique. Le laser éclaire donc certaines parties du tambour. Le tambour passe ensuite dans un système développeur où se trouve une encre constituée de microparticules qui s'accrochent aux parties chargées en électricité statique du tambour. Le tambour permet de transférer l'encre sur une feuille de papier.

3) Vidéo laser

La vidéo laser est un système dont le principe est le même que celui de la photocopieuse laser. Une image vidéo est transférée sur un faisceau laser qui va être balayé de façon à projeter l'information sur un écran. La vidéo laser sera commercialisée, lorsqu'on aura développé des diodes laser dans le domaine visible pour faire de la couleur. On pourra alors générer des images télévisées d'une brillance bien supérieure à celle que l'on a actuellement, ainsi qu'une résolution très intéressante bien supérieure à celle du cinéma.

4) Lecteur de code barre

Le principe repose sur le fait que le faisceau peut être balayé parfaitement et focalisé en un point bien précis de façon à pouvoir discriminer les blancs et les noirs du code barre.

5) Holographie

C'est une technique qui permet d'enregistrer une image en trois dimensions. Un cube est éclairé par un laser. Une plaque photographique est éclairée par une onde issue du même laser. Le laser qui éclaire l'objet est diffusé par cet objet et produit un certain nombre de points sources qui réalisent des interférences sur une plaque photosensible. Ces interférences conservent l'information de l'objet. L'image de l'objet est restituée avec un laser. Un observateur verra l'objet en trois dimensions. Il existe également des caméras holographiques qui servent dans l'industrie pour le contrôle de surfaces.

6) Optique militaire

Elle date de 214 av. J.C. lorsqu'Archimède mit le feu aux bateaux ennemis qui assiégeaient Syracuse en concentrant les rayons du soleil sur un miroir et en les réfléchissant sur les bateaux en bois.

En optique militaire, on trouve des lasers partout. Ils servent aux mesures radars, pour faire des cartes topographiques, dans les télémètres, pour les systèmes de guidage des missiles, pour le pointage des armes... En ce qui concerne la destruction par armes laser, c'est encore dans le domaine de la science fiction. En théorie c'est réalisable, mais dans la pratique, c'est une technique très lourde. Les Etats-Unis imaginent actuellement un système pour détruire les missiles intercontinentaux.

7) L'espace

On a réussi à calculer grâce à un laser, la distance terre-lune à quelques centimètres près. Deux faisceaux laser, émis de la terre concentrés en un point, sur une optique déposée lors des missions Apollo, sont renvoyés sur la Terre. On envoie une impulsion laser très courte. Elle se propage à la vitesse de la lumière. On mesure le temps qu'elle met pour revenir sur terre. Cela permet de mesurer la distance parcourue.

Dans le domaine de l'espace, une catégorie d'applications laser concerne l'astronomie laser. Un observatoire envoie un faisceau laser qui peut servir à suivre des satellites, à détecter des composants atmosphériques (ozone par exemple).

Les lasers servent également à réaliser des communications entre satellites.

8) Les télécommunications

La fibre optique a vu le jour en même temps que la diode laser. L'association des deux constitue un couple parfait. La fibre optique est un canal très étroit (quelques microns de diamètre) qui permet de transmettre la lumière sur des distances très longues. Pour communiquer il faut moduler avec un certain code, l'énergie que l'on transporte. Pour cela il faut avoir une source qui le permet rapidement. C'est le cas de la diode laser. C'est ainsi que l'on peut transporter les images de plusieurs chaînes de télévision dans une seule fibre optique.

9) Usinage laser

Avec un laser on peut faire des spots très petits, réunir beaucoup d'énergie et atteindre des densités de puissance très élevées. Quand on focalise un tel spot sur des plaques métalliques, on vaporise littéralement le métal. Avec un laser, on peut percer, couper, souder, durcir des pièces, marquer... On peut travailler des matériaux très résistants, avec une très grande précision.

On trouve également quantités d'autres applications de mesure.

10) Séparation isotopique

Cela consiste à enrichir de l'uranium pour les besoins de l'énergie nucléaire. Il est actuellement réalisé par un procédé de diffusion gazeuse extrêmement coûteux. En utilisant des lasers on pourrait diviser par mille le coût de cette opération. Actuellement, le seul enrichissement du combustible qui va être utilisé dans la centrale nucléaire contribue pour 10% du prix qui sera facturé aux consommateurs. Le procédé par laser consiste à exciter dans l'uranium, les atomes d'uranium 235, sans exciter les atomes d'uranium 238. Une fois qu'ils sont excités, on les ionise. Ce sont alors des charges électriques qui pourront être déviées par des plaques et collectées.

11) Médecine

Le laser apporte la précision : bistouri laser, destruction de cellules, destruction de plaques d'artériosclérose, de calculs rénaux, traitement de la cataracte, visualisation de tissus...

Monsieur de la Bachelerie souligne donc l'importance du rayon laser pour soigner les yeux, mais aussi les dangers qu'il représente pour les yeux.

*

* *