

Auteurs : Tiffany Elsass(plus d'infos)

Résumé : Le laser est un dispositif qui permet d'émettre une lumière monochrome de très forte intensité, se propageant dans une direction bien déterminée.

Copyright : Creative Commons France. Certains droits réservés.



Le laser

De quoi parle-t-on ?

Le laser un dispositif qui permet d'émettre une lumière monochrome de très forte intensité, se propageant dans une direction bien déterminée. De nombreuses applications utilisent cette technologie aujourd'hui, mais à l'époque de sa découverte par Einstein (1905), les chercheurs n'en voyaient pas l'utilité !

Connaissances préalables

Les atomes possèdent un nombre fixe d'électrons, qui détermine le type d'atome auquel on a affaire. Une partie seulement de ces électrons est libre d'être « excitée », c'est-à-dire que l'électron va acquérir de l'énergie supplémentaire. On peut comparer ce phénomène à la montée des barreaux d'une échelle. Lorsque l'électron est en bas de l'échelle, il n'est pas excité. Mais si on lui apporte de l'énergie grâce à un photon, il va grimper autant de barreaux que la quantité d'énergie reçue le lui permet. C'est ce qu'on appelle l'absorption d'un photon. Néanmoins, notre électron a un peu le vertige sur son échelle (l'état excité n'est pas un état stable pour l'électron). Il va donc chercher à redescendre dans son état fondamental en bas de l'échelle. Il ne peut en descendre qu'en émettant de l'énergie sous forme de photon. Deux solutions s'offrent à lui : soit il descend tout seul de l'échelle et le photon émis dépend uniquement du nombre de barreaux de l'échelle, c'est ce qu'on appelle l'émission spontanée, soit il attend le passage d'un photon qui va l'aider à descendre et alors le photon émis aura les mêmes caractéristiques que le photon incident (direction, longueur d'onde, polarisation), ce qu'on appelle l'émission stimulée.

Quelles connaissances essentielles ?

1) Le laser a besoin de deux éléments essentiels pour fonctionner : un milieu amplificateur et une cavité

Comment ça marche ?

Un milieu amplificateur est un matériau qui va permettre d'augmenter l'intensité de la lumière le traversant : on parle de milieu non-linéaire, car on a une intensité supérieure entre l'entrée et la sortie du matériau. On a même une augmentation exponentielle de l'intensité !

Il peut être composé de différents matériaux :

- Solide (semiconducteurs...)
- Liquide (colorants...)
- Gazeux (CO₂, HeNe...)
- etc...

Le principe est le suivant : on alimente le matériau en énergie grâce à une source d'excitation (lumineuse, chimique ou électrique) que l'on appelle pompage. Celui-ci va émettre de la lumière par émission spontanée. Afin que l'émission stimulée démarre, il faut renvoyer la lumière émise dans le matériau amplificateur afin qu'elle soit amplifiée : c'est le rôle de la cavité. La cavité la plus simple est constituée de deux miroirs se faisant face. Mais elle peut être plus complexe avec une forme en Z (4 miroirs), en V (3 miroirs), ou en anneau. Lorsque l'on insère un milieu amplificateur dans une cavité, une partie de la lumière émise de façon spontanée va être réfléchi par les miroirs et être réinjectée dans le milieu amplificateur, déclenchant de l'émission stimulée. Ce processus va se répéter à chaque aller-retour dans la cavité, jusqu'à ce que tous les photons se propagent dans la même direction : on dit que le faisceau est unidirectionnel.

De plus, chaque matériau non-linéaire émet dans une gamme de longueurs d'onde (bande spectrale) bien déterminée. Lorsqu'inséré dans une cavité, celle-ci va avoir un effet de sélection de longueur d'onde, qui affine un peu plus le spectre émis par le laser.

L'un des deux miroirs n'est pas parfaitement réfléchissant et va laisser passer une quantité infime du faisceau qui se propage dans la cavité : le faisceau laser va ainsi sortir de la cavité et pouvoir se propager sur de très grandes distances.

2) Petit historique

Le terme L.A.S.E.R. est un acronyme pour 'Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation' (Gould et Gordon 1957). L'histoire du laser commence avec un des trois articles que publia Albert Einstein en 1905, celui qui propose une explication de l'effet photoélectrique et introduit la quantification de la lumière en photons. Ces particules (quanta) d'énergie l'aidèrent à ériger sa théorie de 1917 où il explique les phénomènes d'émission spontanée, d'émission stimulée et d'absorption.

La première démonstration expérimentale fut faite en 1954 par Basov et Prokhorov avec leur M.A.S.E.R. ('Microwave Amplification by Stimulated Emission of Radiation'), à ceci près qu'ils utilisaient une radiation dans le domaine des micro-ondes et non dans le domaine optique. Le premier LASER a été fabriqué par Maiman en 1960 avec un système de rubis pompé par des lampes flash (inspiré par Kastler et son pompage optique, 1950). Furent élaborés ensuite le premier laser à gaz (Javan des Bell Labs en 1961) et l'ancêtre du laser à semiconducteurs, mis au point par quatre équipes indépendamment (Hall, Holonyak et Bavacqua, Nathan, et Quist, en 1962). Puis vint le temps des récompenses avec l'attribution de deux prix Nobel : à Townes, Prokhorov et Basov pour leurs travaux sur le laser (1964) et à Kastler pour ses travaux sur le pompage optique (1966).

Plus récemment, S. Chu, Claude Cohen-Tannoudji (également Académicien des sciences) et William D. Phillips ont obtenu un prix Nobel en 1997 pour le développement de méthodes servant à refroidir et piéger des atomes avec la lumière laser. La recherche sur les lasers est plus que d'actualité et les chercheurs continuent à imaginer les applications que vous utiliserez peut-être dans quelques années...

3) Applications

De nombreuses applications du laser ont une place importante dans notre vie de tous les jours :

3-1) Vie quotidienne :

Les lasers sont présents dans les caisses enregistreuses des supermarchés et servent à lire les codes barres présents sur les produits que vous souhaitez acheter.

Ils sont également dans certaines imprimantes (appelées imprimantes laser), qui n'impriment pas avec des cartouches d'encre mais grâce à un procédé basé sur l'électricité statique. Elles sont plus rapides et plus précises que les imprimantes traditionnelles.

On les trouve aussi dans les pointeurs laser, qui permettent de faire des présentations orales et d'indiquer clairement de quoi on est en train de parler, sans avoir à se soucier de trouver un bâton ou de jouer avec l'ombre du projecteur.

3-2) Informations :

Le laser permet de stocker et de lire l'information présente dans les CD, DVD, Blu-Ray Disc.

Un CD est une pièce de plastique assez simple, d'épaisseur 1.2 mm, recouverte d'une couche d'aluminium et d'une couche d'acrylique servant à protéger l'ensemble.

Lors de la gravure, cette couche d'aluminium est déformée et des bosses apparaissent le long d'une spirale qui serpente tout autour du CD. Les bosses allongées qui constituent cette spirale ont une largeur de 0.5 microns, une longueur minimale de 0.83 microns et une hauteur de 125 nanomètres (1 nanomètre est un milliardième de mètre). En regardant à travers la couche de plastique, les bosses ressemblent à cela:

La dimension incroyablement petite des bosses fait que la spirale sur le CD est extrêmement longue. Si l'on pouvait étirer la spirale en une ligne droite, on obtiendrait une ligne de 0.5 microns de largeur et de près de 5 km de long !

Pour pouvoir lire quelque chose d'aussi petit, il est nécessaire d'utiliser un laser très fin et de longueur d'onde très petite également. C'est pour cela que le Blu-Ray développé très récemment permet une capacité de stockage très grande ! Sa longueur d'onde est plus faible que celle des systèmes laser précédemment développés.

Lors de la lecture, lorsque le laser passe au-dessus d'une zone à plat, le faisceau est réfléchi directement vers un détecteur. Le lecteur CD interprète cela comme un 1. Mais lorsque le faisceau passe au-dessus d'une bosse, la lumière est réfléchi dans une autre direction et le détecteur ne la voit pas. Le lecteur CD reconnaît cela comme un 0. On se retrouve ainsi avec une suite de 0 et de 1 qui va être transformée en un signal audio numérique.

Les télécommunications optiques sont en plein essor également : des premières fibres optiques utilisées dans les communications téléphoniques en 1970, on estime qu'aujourd'hui plus de 80 % des communications à longue distance sont transportées par laser le long de plus de 25 millions de kilomètres de câbles à fibres optiques partout dans le monde.

D'autres applications telles que la mesure de distance et l'étude de l'atmosphère nous permettent d'obtenir des informations sur ce qui nous entourent.

3-3) Médecine :

Le laser est également beaucoup utilisé en médecine où il permet des opérations de grande précision. Ainsi, l'ophtalmologie (chirurgie des yeux pour améliorer la vue), la dermatologie (épilation laser, détatouage laser) et les dentistes se servent actuellement du laser.

3-4) Industrie :

L'industrie a su tirer profit de la puissance de certains lasers : ainsi la découpe, le perçage, la soudure, le décapage et la fusion superficielle de matériaux peuvent être réalisés grâce à des lasers de forte

puissance.

3-5) Recherche et applications militaires :

Des recherches en fusion nucléaire sont réalisées afin de pouvoir étudier les processus physiques mis en œuvre dans l'étape finale du fonctionnement d'une arme nucléaire. La fusion est contrôlée grâce à de nombreux faisceaux lasers.

Les lasers peuvent également servir d'armes anti-satellites, anti-missiles, incapacitantes etc...

3-6) Art :

Mais les lasers peuvent aussi nous faire rêver avec des spectacles sons et lumière, des harpes lasers dont les cordes sont constituées de faisceaux lumineux et qui jouent une note lorsque l'on interrompt le trajet d'un faisceau.

4) Sécurité

Les lasers sont des objets de technologie dangereux si l'on ne s'en sert pas comme il faut. Selon la puissance et la longueur d'onde d'émission du laser, celui-ci peut représenter un réel danger pour la vue et provoquer des brûlures irréparables de la rétine. Il est nécessaire de connaître les normes qui classifient les lasers en fonction de leur dangerosité :

Classe 1 : lasers sans danger, à condition de les utiliser dans leurs conditions raisonnables prévisibles (exemples : imprimantes, lecteurs de CD-ROM et lecteurs de DVD).

Classe 1M : lasers dont la vision directe dans le faisceau, notamment à l'aide d'instrument optiques, peut être dangereuse.

Classe 2 : lasers qui émettent un rayonnement visible dans la gamme de longueur de 400 à 700nm. La protection de l'œil est normalement assurée par les réflexes de défense comprenant le réflexe palpébral, clignotement de la paupière (par exemple, des lecteurs de code-barres).

Classe 2M : lasers qui émettent un rayonnement visible dans la gamme de longueur de 400 à 700nm. Lasers dont la vision directe dans le faisceau, notamment à l'aide d'instrument optiques, peut être dangereuse (exemples : loupes et télescopes).

Classe 3R : lasers dont l'exposition directe dépasse l'EMP (Exposition Maximal Permise) pour l'œil, mais dont le niveau d'émission est limité à cinq fois la LEA (Limite d'Emission Accessible) des classes 1 et 2.

Classe 3B : laser dont la vision directe du faisceau est toujours dangereuse. La vision de réflexions diffuses est normalement sans danger.

Classe 4 : lasers qui sont aussi capables de produire des réflexions diffuses. Ils peuvent causer des dommages sur la peau et peuvent également constituer un danger d'incendie. Leur utilisation requiert des précautions extrêmes.

En conclusion, on peut dire que les lasers sont présents tout autour de nous, le plus souvent de façon invisible. Leurs bienfaits sont manifestes et de nouvelles applications vont peut-être être dévoilées dans les années à venir.

Pour en savoir plus, télécharger le(s) fichier(s) suivant(s) :

[Elsass_LE_LASER.doc](#)

Source URL: <https://www.fondation-lamap.org/fr/page/17783/le-laser>