



LASMOS
Pâques 2005

Montage d'un laser Nd-YAG **suivi d'un oscillateur paramétrique optique**

Dans le cadre du travail personnel :
BRICHART Baptiste
DEPRET Thomas
HEUSKIN Anne-Catherine
LANGUY Fabian

Tables des matières

1. <u>Introduction</u>	3
2. <u>Notion préliminaire : la lumière</u>	3
2.1 Principe d'émission de la lumière	4
2.2 Emission spontanée	5
2.3 Inversion de population	5
2.4 Emission stimulée	6
2.5 Polarisation et biréfringence	6
3. <u>Montage d'une cavité laser</u>	7
3.1 Principe de fonctionnement	7
3.2 Le YAG : laser à 4 niveaux	8
3.3 Les miroirs	8
3.4 L'amplificateur	8
4. <u>Laser en mode déclenché</u>	9
5. <u>OPO et cristaux doubleurs</u>	12
5.1 Taille du spot et télescope	12
5.2 Cristaux non linéaires	13
5.3 Oscillateur paramétrique optique (OPO)	14
5.4 Autre exemple non linéaire : doublage de fréquence	16
6. <u>Applications</u>	17
7. <u>Sources</u>	20

1. Introduction

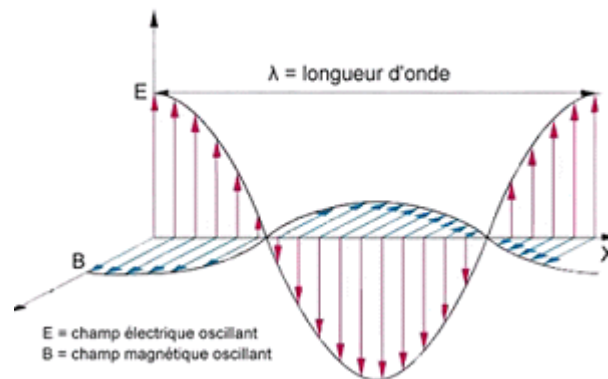
La réalisation du montage d'un laser Nd-YAG suivi d'un oscillateur paramétrique optique consiste à monter une cavité laser, dont la source est une tête Nd-YAG émettant dans l'infrarouge. Le faisceau ainsi obtenu sera ensuite divisé en 2 grâce à un cristal non linéaire permettant de choisir la fréquence sortant du cristal (inférieure à celle incidente)...

En clair, ce montage permet de faire varier la fréquence d'un faisceau laser dans un certain intervalle du spectre de la lumière. Le principe de sélection, de modification du faisceau sera expliqué pour une compréhension relativement complète du phénomène par la suite.

2 : Notion préliminaire : la lumière.

La lumière s'explique suivant la dualité de 2 modèles : onde et corpuscule.

L'hypothèse de la lumière comme onde était déjà connue, mais elle n'était pas acceptée. C'est J.C. Maxwell qui a montré par ses travaux que la vitesse des ondes électromagnétiques était d'environ 300.000 km/s dans l'air ou dans le vide. Or la vitesse de la lumière (de 300.000km/s) était déjà connue. Cela l'a amené à poser que la lumière soit de ce même type. On pouvait dès lors, par ce modèle ondulatoire, expliquer correctement la propagation de la lumière, la réflexion, la réfraction, le phénomène d'interférence, la polarisation de la lumière. (C'est donc ce sur ce modèle que nous nous pencherons pour notre étude.)



Une onde électromagnétique est une oscillation du champ électrique qui induit un champ magnétique perpendiculaire. Ce champ oscille entre un maxima et un minima: c'est l'amplitude. La distance entre deux maxima est la longueur d'onde, qui caractérise la couleur de la lumière. Contrairement aux ondes sonores, celles-ci sont transverses et

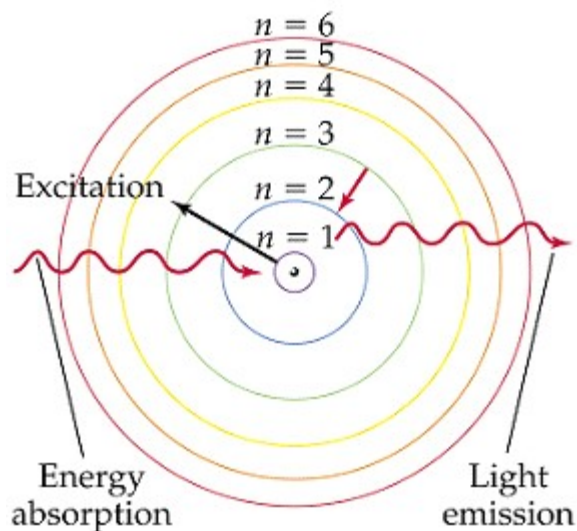
peuvent se propager dans le vide et ralentissent dans les milieux où la concentration moléculaire est plus dense.

Malheureusement, ce modèle est insuffisant pour expliquer d'autres phénomènes tel que l'effet photo-électrique. Il faut donc aussi considérer la lumière comme une particule (→ notions de mécanique quantiques), comme l'ont proposé M. Planck et A. Einstein. Ce second modèle permet aussi d'expliquer les "collisions" de la lumière avec les électrons de la matière et la répartition spectrale du rayonnement thermique.

2.1 Principe d'émission de la lumière.

Tout d'abord, il est un fait qu'il n'y a pas de production de lumière sans matière. Or la matière est composée d'atomes. Ces atomes, suivant le modèle de Bohr, sont des noyaux (formés de protons et de neutrons) autour desquels tournent des électrons en orbite. Lorsque les atomes reçoivent de l'énergie, pour pouvoir l'emmagasiner, les électrons changent leur orbite en passant d'un niveau d'énergie initiale à un second niveau, plus énergétique.

Mais ce dernier est moins stable et l'électron a tendance à «redescendre» vers l'état plus stable, ceci en renvoyant l'énergie stockée sous d'onde électromagnétique.



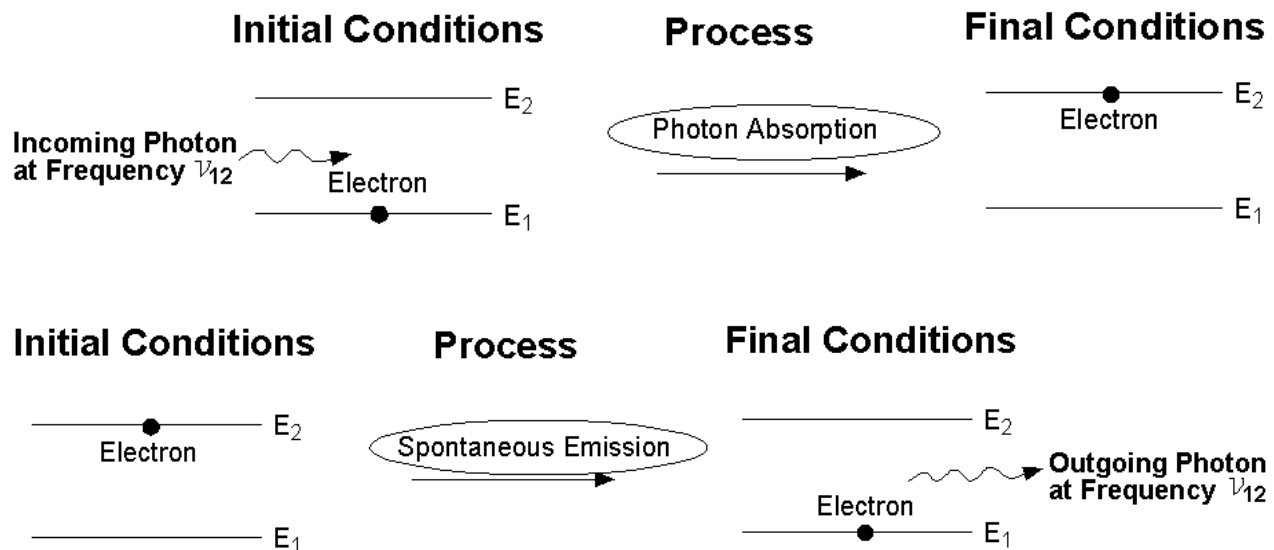
On peut calculer la fréquence de l'onde émise par la formule de Planck

$$E = h\nu$$

Où E est la différence d'énergie entre les 2 orbites ; la constante de Planck $h = 6,6261 \cdot 10^{-34}$ joule seconde ; et ν (nu) la fréquence émise.

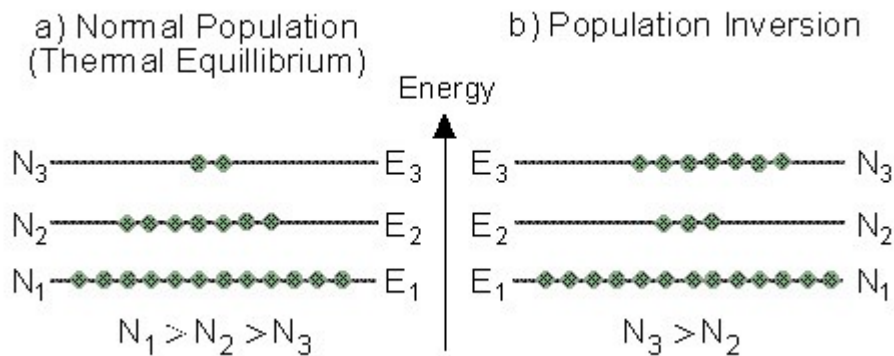
2.2 Emission spontanée

Lorsque les photons sont émis au hasard par différents atomes et à différents moments, le processus décrit plus haut est appelé émission spontanée. Les photons émis par les différents atomes ne sont pas forcément en phase et sont émis dans des directions aléatoires. (On peut expliquer ainsi la fluorescence et la phosphorescence.)



2.3 Inversion de population

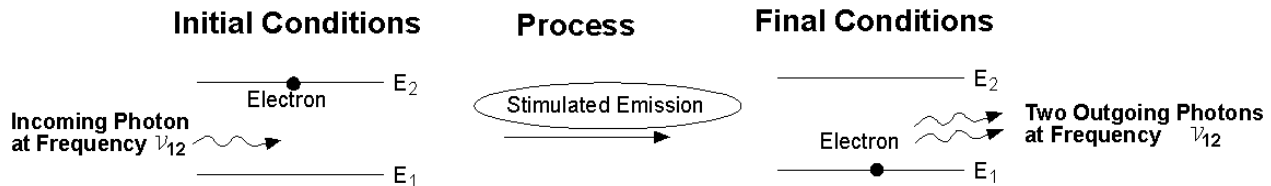
Pour que l'équilibre thermodynamique soit respecté, les électrons des atomes sont plus nombreux sur les orbites de basse énergie. (Cette situation est appelée : population normale). Mais en introduisant de l'énergie dans un système d'atomes, on peut réaliser ce qu'on appelle l'inversion de population : c'est-à-dire qu'au moins un niveau de haute énergie supporte plus d'électrons qu'un niveau d'énergie plus basse.



2.4 Emission stimulée

Normalement, l'émission spontanée, comme son nom l'indique est spontanée, c'est-à-dire, que l'électron retournera directement sur son état initial (de plus faible énergie). Heureusement il existe des états métastables, où le temps de vie est court, certes, mais assez long que pour permettre d'amener un certain nombre d'électrons dans cet état excité et dès lors, l'inversion de population peut donc être réalisée.

Mais en plus, cet état particulier est également à la base d'un phénomène découvert par Albert Einstein : l'émission stimulée qui sera à l'origine de l'amplification laser. En effet, cette notion de mécanique quantique, nous apprend que lorsqu'un photon croise un électron dans son état excité, ce dernier va se désexciter en émettant un photon ayant exactement les mêmes caractéristiques (même longueur d'onde, même phase et même direction). Et donc, l'état métastable dont nous venons tout juste de parler nous est fort utile puisqu'il augmente les chances de rencontre entre le photon et les électrons excités mais en plus les deux photons (l'incident et celui qui a été émis) vont pouvoir à leur tour engendrer de l'émission stimulée. On aura donc bien une amplification.



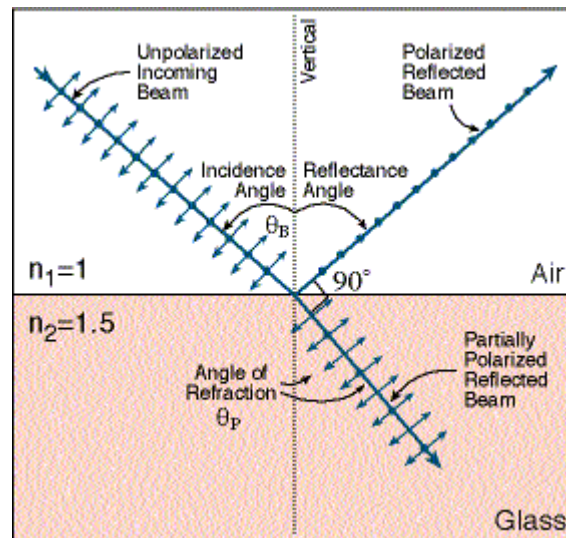
Notons que dans notre cas, ce temps de vie dans l'état métastable est de l'ordre de $200\mu\text{s}$

2.5 Polarisation et biréfringence

Le plan de polarisation de la lumière est défini par la direction dans laquelle le champ électrique de la lumière oscille. Pour la lumière naturelle, ce plan n'est pas fixe ; alors qu'il l'est pour la lumière polarisée.

Il existe plusieurs moyens de polariser la lumière.

→ Polarisation par réflexion : dans notre cas, ce type de polarisation se fera à partir d'une lame mince :



Le rayon réfléchi et le rayon réfracté sont alors polarisés. Cette polarisation est maximale lorsque l'angle entre le rayon réfracté et le rayon réfléchi vaut 90° . Lorsque cette condition est vérifiée, l'angle d'incidence est alors appelé « angle de Brewster » et :

$$\text{tg } \theta = n_1 / n_2$$

→ Polarisation par réfraction : certains cristaux possèdent la propriété de biréfringence, c'est-à-dire qu'ils possèdent 2 indices de réfraction. Le matériau sépare en fait la lumière incidente en 2 faisceaux polarisés

3. Montage d'une cavité laser.

3.1 Principe de fonctionnement:

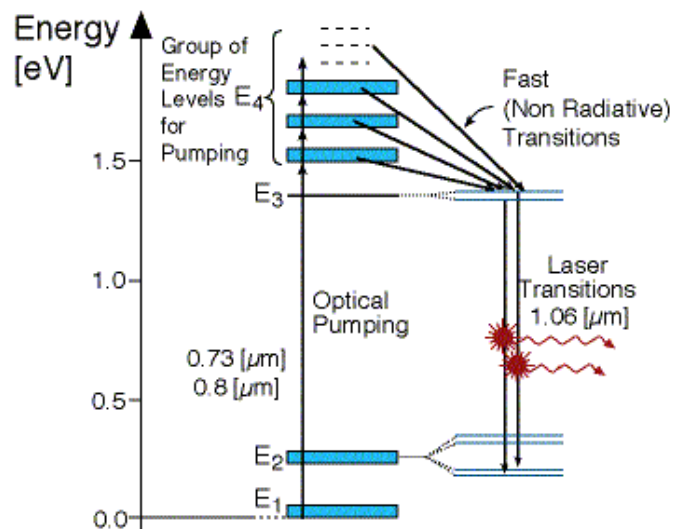
Le mot laser est l'acronyme de l'anglais pour : « Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation », ce qui se traduit par : « amplification de lumière par émission de rayonnements stimulés ».

Le laser est un appareillage pouvant engendrer un faisceau électromagnétique cohérent, c'est à dire un faisceau en concordance de phase, monochromatique (raie spectrale très fine) et unidirectionnel (de divergence très faible). Toutes ces caractéristiques font du laser un instrument d'une grande utilité dans de nombreuses applications dont nous parlerons plus tard.

Les éléments indispensables au montage d'une cavité sont deux miroirs et un amplificateur. Les deux miroirs qui se font face délimitent la cavité, l'amplificateur se trouvant entre ceux-ci.

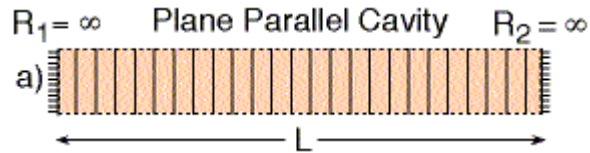
3.2 Le YAG : laser à 4 niveaux.

Dans le cas du YAG, on élève la population par pompage optique (impulsions flash) jusqu'au niveau E_4 (celui-ci est relativement instable et son temps de vie est court). Les électrons redescendent jusqu'au niveau E_3 en émettant de la chaleur. C'est la transition du niveau 3 au niveau 2 qui produira le rayonnement. Ensuite, chute du niveau 2 vers le niveau 1 en relâchant de la chaleur. (C'est pour cette raison qu'il nous faudra un système de refroidissement valable, comme expliqué plus bas.)



3.3 Les miroirs.

Les miroirs sont placés face à face et de manière à avoir leur centre sur le même axe, appelé axe optique. Ils permettent au faisceau de faire des allers-retours dans la cavité gagnant ainsi en intensité par leur parcours au travers du milieu actif. Les miroirs créent une cavité résonante. Une haute réflectivité des miroirs est essentielle pour un gain élevé en intensité.



Avantages : on utilise tout le volume de la cavité et le rayonnement ne se concentre pas en un point (ce qui pourrait endommager des éléments dans la cavité)

Désavantages : pertes d'énergie par diffraction. L'ensemble est aussi très sensible à l'alignement.

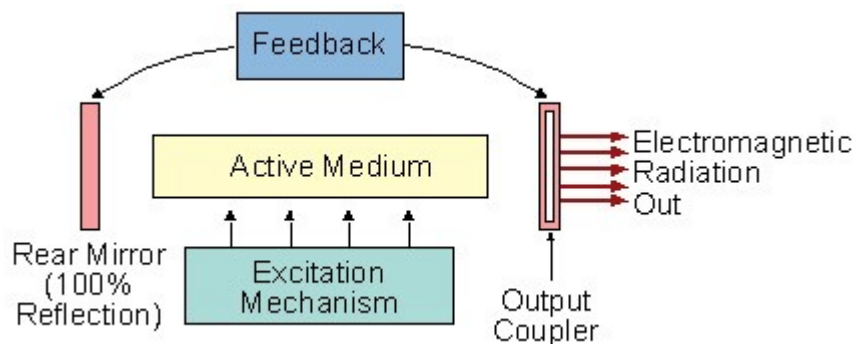
3.4 L'amplificateur : la tête YAG

L'amplificateur est constitué d'un milieu actif, d'une pompe et d'un système de refroidissement

Le milieu actif peut se trouver sous plusieurs formes ; gazeux, liquide ou solide. Dans ce montage il s'agit d'un barreau YAG (grenat d'aluminium et d'yttrium) dopés d'ions de néodymes qui présente de très bonnes qualités optiques et une bonne conductivité thermique. Les ions néodymes seront les responsables de l'amplification du faisceau. Leur concentration dans le barreau atteint 1% en masse. Ce sont ces ions qui permettent l'émission stimulée nécessaire à l'amplification du faisceau laser. Le faisceau le plus intense émis par un barreau de Nd : YAG se situe dans l'infrarouge avec une longueur d'onde de 1064nm.

La pompe sert justement à rendre le milieu actif. Elle peut être électrique, chimique ou optique. Le pompage d'un barreau Nd : YAG se fait à l'aide d'une lampe flash. Lorsque l'efficacité du pompage est suffisante pour exciter les ions Nd^{3+} et compenser les quelconques pertes, un faisceau laser sort de la cavité. La pompe peut être un élément déterminant pour favoriser l'émission de certaines longueurs d'onde.

Enfin un système de refroidissement (circulation d'eau ici, pour le YAG) doit être mis en place pour évacuer la chaleur du barreau. Car seul 5% de l'énergie fournie par la lampe flash seront convertis en rayonnements. Les 95% restant se dissipent sous forme de chaleur.



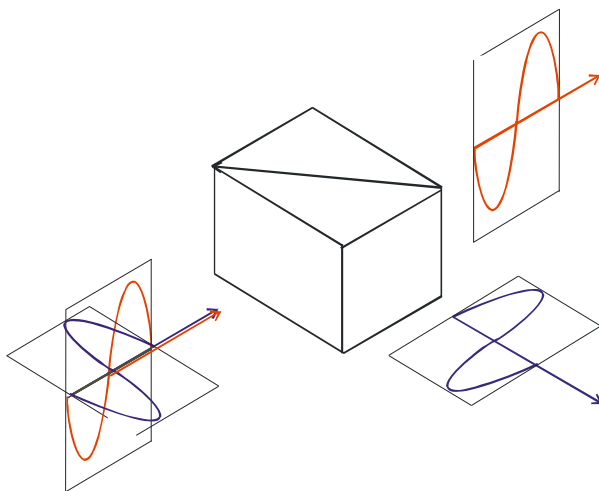
4. Laser en mode déclenché

Pour le moment notre laser fonctionnait en mode relaxé, nous n'en tirons pas un bon profit. Pour remédier à cela, nous ajouterons deux nouveaux éléments.

Le mode déclenché rend possible l'obtention d'un faisceau d'intensité beaucoup plus grande. Pour ce faire, il suffit d'empêcher la cavité d'osciller pendant un certain temps, temps nécessaire à charger au maximum le barreau (de l'ordre de $150\mu\text{s}$). Ensuite ouvrir la cavité (laisser l'oscillation possible) très rapidement. Ainsi le gain d'énergie par passage est très élevé, le barreau transfère rapidement son énergie au faisceau optique générant une impulsion plus brève mais beaucoup plus intense.

Etant donné que de fortes impulsions nous serons indispensables, il nous faut dès lors mettre en place un dispositif adapté dans la cavité.

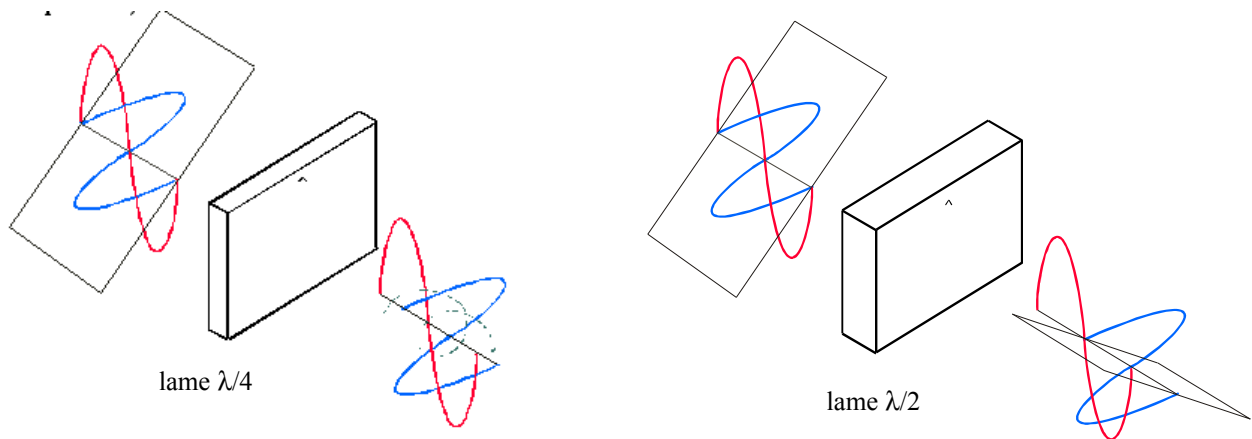
Le premier élément à insérer est un polariseur qui n'autorisera qu'une seule polarisation de la lumière à osciller dans la cavité. Jusqu'à présent toutes les polarisations perpendiculaires à l'axe optique étaient possibles. Toutes ces polarisations peuvent être décomposées en combinaisons linéaires de deux polarisations perpendiculaires entre elles. Avec un polariseur Glan constitué de deux prismes accolés.



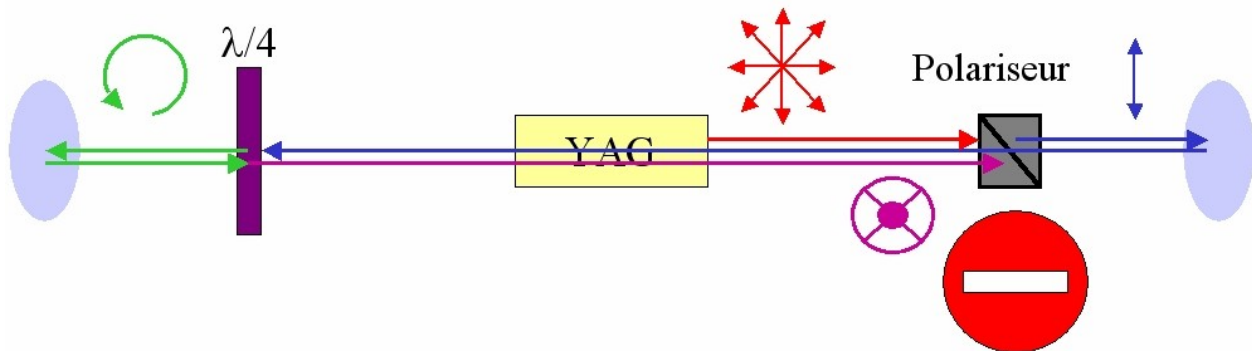
Les polarisations parallèles à la face interne du polariseur sont réfléchies en dehors de la cavité et, contrairement à ces dernières, les polarisations parallèles au plan d'incidence avec la face interne passent au travers de ce dispositif sans changement (hormis un petit décalage dû à la réfraction). Si seul cet élément est ajouté, la cavité pourra continuer à laser.

En second lieu viendra s'ajouter une lame quart-onde. Son rôle retarder l'une des deux composantes (la verticale ou l'horizontale) de $\lambda/4$. Dans son trajet d'aller-retour le faisceau y passera deux fois, ce qui revient à une lame demi-onde ($\lambda/2$). Une lame demi-onde a la propriété particulière de biréfringence, c'est à dire qu'elle possède plusieurs indice (deux en fait) de réfraction qui varient selon la polarisation de l'onde qui la traverse. Sachant que la vitesse de propagation de la lumière dans un matériau est fonction de l'indice de réfraction du milieu traversé, on voit que le faisceau diminuera de vitesse en fonction de sa polarisation. Dès lors si on considère un matériau qui a la propriété d'avoir un certain indice de réfraction et un second différent pour des

polarisations perpendiculaires entre elles, alors il est imaginable d'y faire passer un faisceau qui se décompose selon ces mêmes polarisations. Les indices de réfraction étant différents, les deux composantes n'auront pas les mêmes vitesses et donc n'arriveront pas à la sortie de la lame au même instant, il y aura un déphasage qui sera fonction de la longueur de la lame. Donc pour une lame demi-onde, par exemple, le déphasage à la sortie sera d'une demi longueur d'onde, si de plus les deux composantes sont de mêmes intensités le plan de polarisation tournera de 90° autour de l'axe optique.

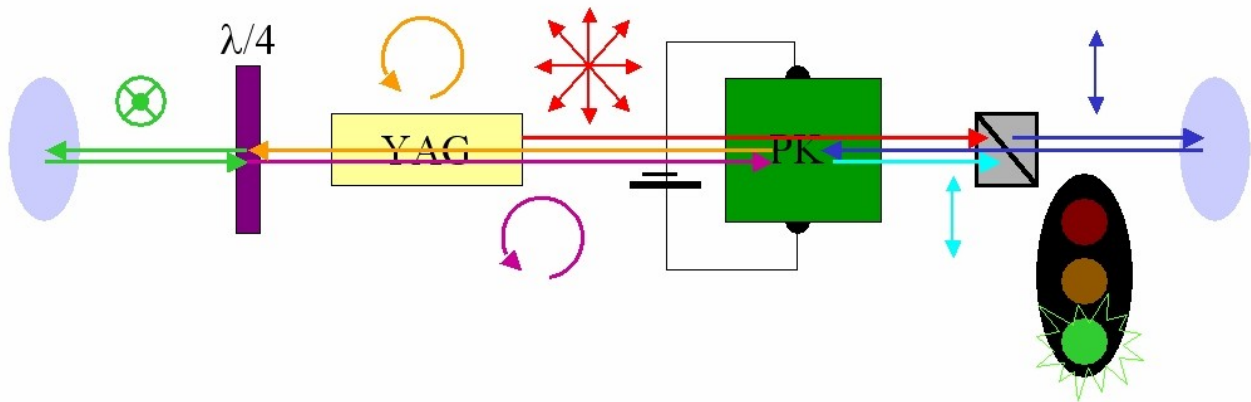
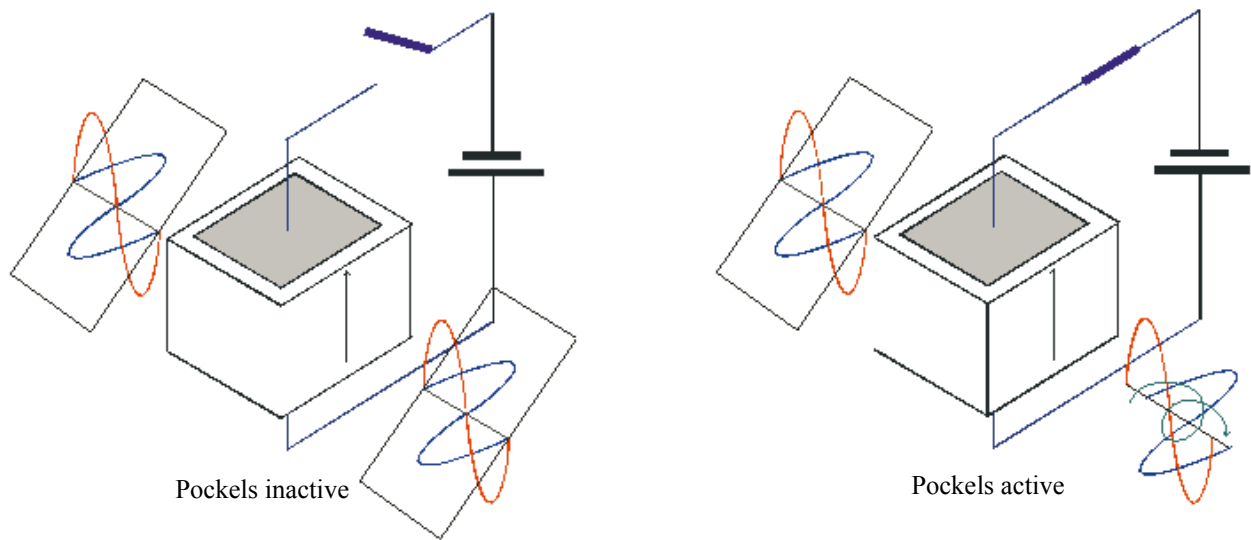


Remarques : Avec ces deux éléments la cavité ne peut plus osciller. En effet, si l'on prend le faisceau venant du polariseur, disons que sa polarisation soit verticale, et qu'il fait un aller-retour par la lame quart-onde, la polarisation a tourné de 90° ce qui empêchera un second passage par le polariseur.



Et finalement, l'élément le plus important, pour obtenir un mode déclenché, qui a la capacité d'ouvrir la cavité le moment venu où le barreau a un stock maximum d'énergie : « la cellule de Pockels ». Une cellule de Pockels a la propriété remarquable d'être biréfringente, tout comme la lame quart-onde, mais ce qui les différencie c'est que la biréfringence de la cellule est modifiée par un champ électrique auquel elle est soumise. Pour créer ce champ on applique une différence de potentiel sur deux cotés opposés du cristal, longitudinalement ou transversalement. Dans notre montage, le

cristal dans la cellule est un cristal de KTP, sur lequel il faut un champ électrique transversal (perpendiculaire à la direction de propagation) de la lumière. Le champ a été réglé de manière à former une lame quart-onde. Donc lorsque la tension est appliquée sur la cellule, elle joue le rôle d'une lame quart-onde et donc redresse en quelque sorte l'effet de la première lame quart-onde (en réalité le plan de polarisation tournera de 180° , on retrouve bien le même plan) et le faisceau peut repasser par le polariseur. Ce qui nous donne en sortie une impulsion énorme mais très brève.



Et c'est ainsi que s'achève le montage de la première cavité. Mais ce n'est pas tout, avant de se diriger vers l'oscillateur paramétrique optique (OPO), le signal sortant de la première cavité n'est pas assez de puissance : il faut le faire passer dans une deuxième cavité pour qu'il soit encore amplifié. Néanmoins le montage pour le mode déclenché n'est plus à refaire.

Le faisceau sortant est amené dans une deuxième cavité plus simple (seulement un amplificateur et une lame quart d'onde). Dans cette cavité, il y a de nouveau un cristal YAG mais il n'y a plus qu'un miroir ; cette cavité n'est pas en résonance. Il y a aussi un polariseur plan (ou lame de Brewster) et une lame quart-

onde. À la sortie de la première cavité le faisceau est doublement réfléchi pour se propager selon l'axe optique de l'amplificateur qui est suivi du miroir. Avant le passage dans l'amplificateur le faisceau passe à travers le polariseur plan qui est à 45° par rapport à l'axe optique mais placé de manière à laisser entrer le faisceau de la première cavité, c'est à dire que la polarisation du signal doit être parallèle au plan d'incidence avec la lame de Brewster. Derrière se trouve la lame quart-onde qui fera revenir le faisceau, après un simple aller-retour, vers le polariseur plan avec une polarisation tournée de 90° et c'est ainsi que le faisceau se réfléchit pour sortir de la deuxième cavité ayant pris l'énergie du premier et du second amplificateur. Enfin l'amplification est suffisante pour se diriger vers l'OPO.

On peut parler alors de la fluence du laser :

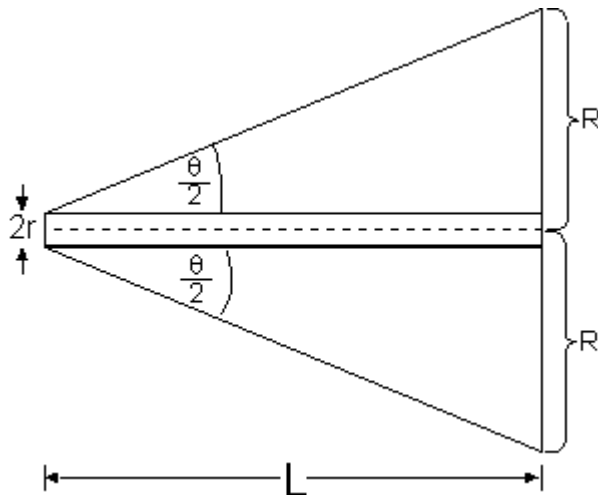
$$I = \frac{P}{\Delta s}$$

Il s'agit de la puissance qu'il délivre divisée par la taille du spot en cm². La fluence s'exprime donc en W/cm². Il est important de garder à l'esprit que c'est la fluence et non la puissance qui est capitale. En effet, la puissance peut paraître faible. Mais elle agit sur une toute petite surface !

5. OPO et cristaux doubleurs

5.1 Taille du spot et télescope

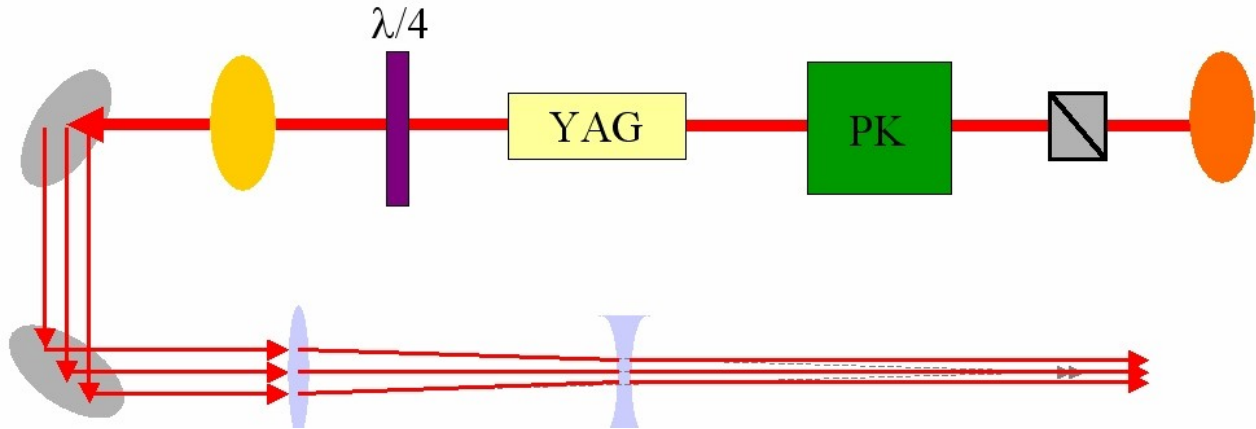
On peut mesurer la taille d'un spot laser par de simples relations de trigonométrie :



2R est le diamètre du spot à une distance L, et 2r est la taille du spot à sa source.

$$\tan\left(\frac{\Theta}{2}\right) = \frac{R-r}{L} \approx \frac{\Theta}{2}$$

On peut remarquer que la taille du spot s'agrandit avec la distance. A ce stade du montage, il est donc nécessaire de concentrer le rayon, et ceci sans perdre de puissance. On placera donc sur son trajet une lentille convergente, suivie d'une lentille divergente : c'est le montage classique du télescope.



5.2 Cristaux non linéaires

Qu'est-ce qu'un cristal non linéaire ? Pour répondre à cette question, nous devons d'abord définir le vecteur polarisation :

$$\vec{P}(\vec{R}) = \epsilon_0 \vec{\chi}^{(1)} \vec{E}(\vec{R})$$

où ϵ est la permittivité du vide, χ la susceptibilité du matériau et E , le champ électrique. En clair, lorsqu'un matériau diélectrique est soumis à un champ électrique, ses molécules se polarisent et forment une série de petits dipôles. Si ce champ électrique est faible, la polarisation lui est proportionnelle et χ détermine l'indice de réfraction du matériau :

$$n = \sqrt{1 + \chi^{(1)}}$$

Lorsque le champ électrique devient plus fort, on doit considérer des termes d'ordres supérieurs :

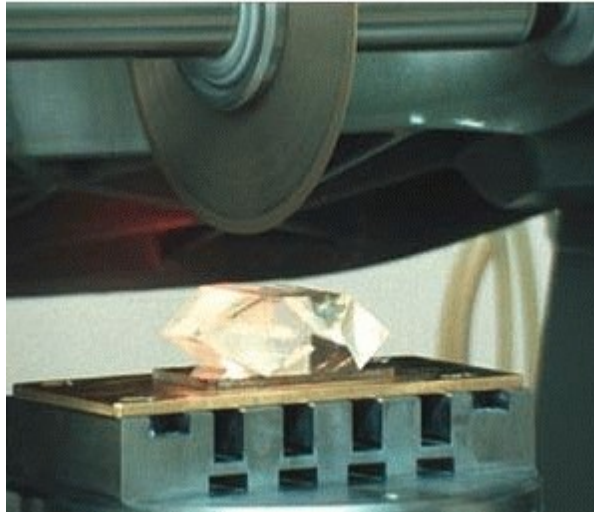
$$\vec{P} = \vec{\chi}^{(1)} \vec{E} + \vec{\chi}^{(2)} \vec{E}\vec{E} + \vec{\chi}^{(3)} \vec{E}\vec{E}\vec{E} + \dots$$

La réémission d'onde est due aux dipôles dont l'amplitude ne reproduit pas parfaitement la sinusoïde du champ électrique qui l'a générée. Et donc, l'onde réémise sera distordue et comportera des fréquences différentes de l'originale.

Un cristal non linéaire est un matériau qui, soumis à un champ électrique fort, peut «produire» des champs de fréquences différentes. Evidemment, le champ électrique qui agit ici est celui de la lumière produite par le laser.

En pratique, on utilise un cristal LiNbO_3 . Ce cristal est synthétique : il est obtenu à partir d'un germe, qui soumis à une température élevée peut « grossir » et fournir ainsi la matière première pour le cristal.

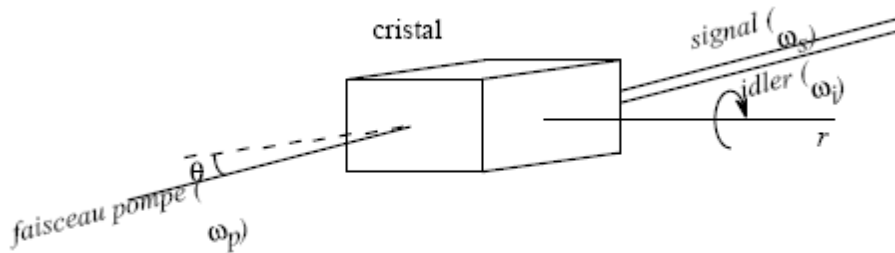
Ci-dessous : gros bloc de KTP (un autre cristal non linéaire).



5.3 Oscillateur paramétrique optique (OPO)

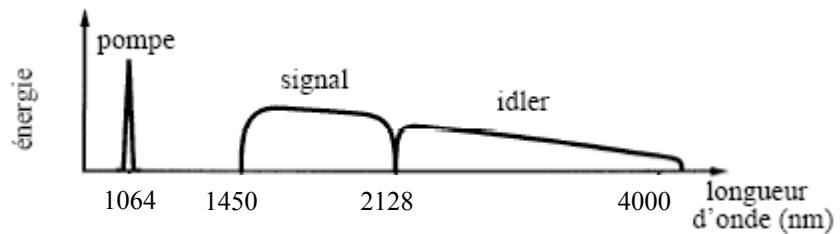
Le but de ce montage est de pouvoir disposer d'un faisceau accordable dans le domaine de l'infrarouge.

Après le télescope, le faisceau incident frappe le cristal et on récupère 2 faisceaux sortants (l'idler et le signal) :

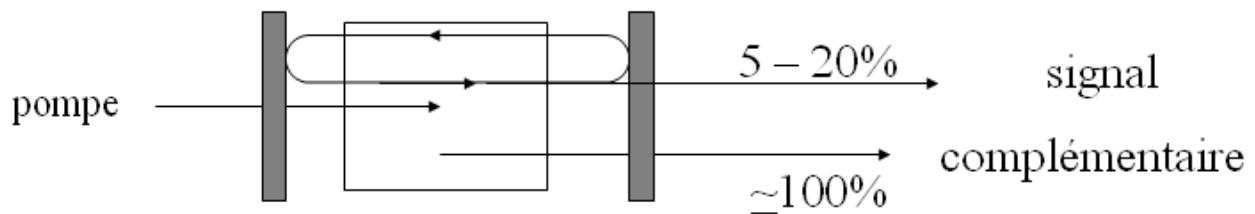


où θ est l'angle entre l'onde incidente et l'axe du cristal. Pour faire varier les longueurs d'onde des signaux sortants, il suffit de faire tourner le cristal autour de l'axe r. On modifie ainsi les indices de réfractions et donc aussi les longueurs d'onde. Bien entendu, par conservation de l'énergie ($E=h\nu$), on a :

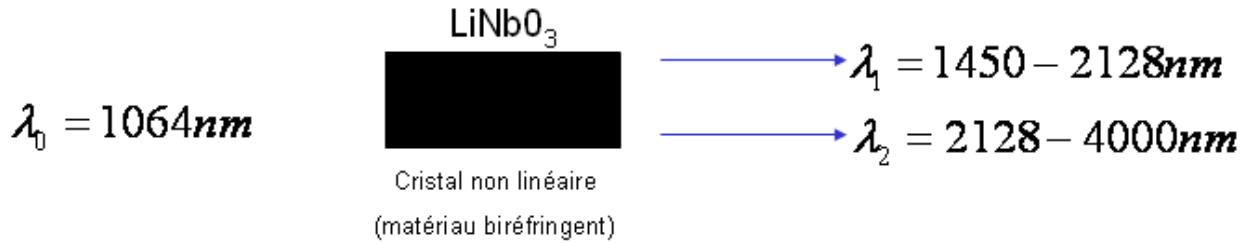
$$\nu_p = \nu_s + \nu_i$$



Ci-dessous : schéma d'une cavité OPO (avec 2 miroirs plans)



Le premier miroir laisse passer le faisceau pompe et le faisceau complémentaire qui nous intéresse ; tandis que le signal oscille dans la cavité.

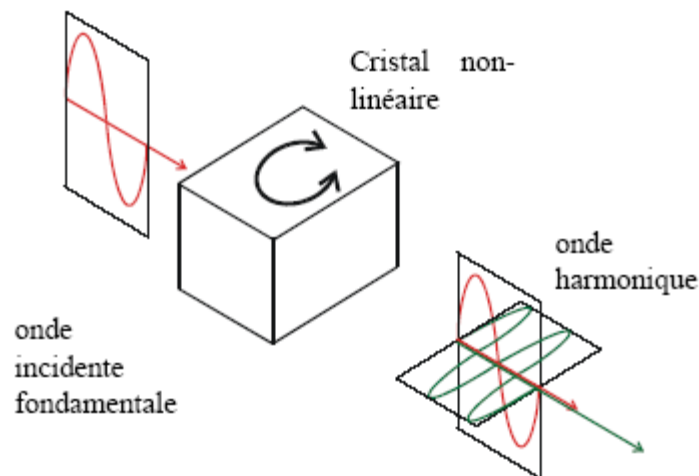


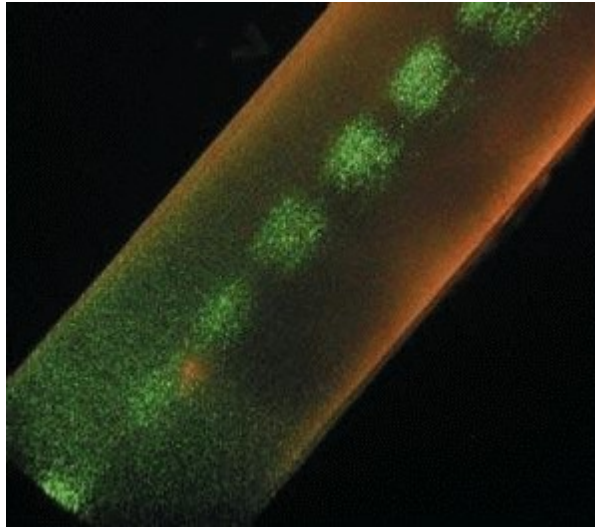
Pour que l'efficacité soit optimum, il est nécessaire que les 3 faisceaux soient en concordance de phase. On peut utiliser la biréfringence du cristal pour que cette condition soit satisfaite.

Après le passage dans la cavité, on utilise un miroir séparateur qui possèdera une haute transmission (HT) pour certaines longueur d'onde et une haute réflectance pour d'autres.

5.4 Autre exemple non linéaire : doublage de fréquence

Le but est de doubler la fréquence de l'onde initiale ω . C'est le processus de génération du second harmonique le SHG (Seconde Harmonic Generation). Le champ électrique initial fournit son énergie au champ de polarisation, qui la fournit ensuite au champ électrique sortant ; la polarisation fournit une onde $\omega_f = 2\omega_i$ (par conservation de l'énergie ; en théorie il y a peu de pertes par absorption de l'onde par le cristal). Pour que le transfert d'énergie soit optimal, il est nécessaire que l'onde initiale et l'onde finale soient en phase. On peut ajuster ce paramètre en faisant tourner le cristal (donc modifier un de ses indices de réfractions, et par là, la vitesse de l'onde dans le milieu..). On utilise ce procédé afin de rendre le rayon laser se situant dans l'infrarouge ($\lambda = 1604$ nm) visible : en doublant la fréquence on tombe en plein dans le visible : 512nm, correspond au vert. Ce qui nous facilite la tâche pour aligner la cavité OPO.





Exemple de doublage de fréquence pour arriver jusqu'au vert.

6. Applications

L'utilisation première d'un oscillateur paramétrique optique se trouve dans les laboratoires de chimie où l'on tente de déterminer les types de liaisons dans une molécule, ceci par spectroscopie moléculaire. En effet, une molécule absorbe partiellement un rayonnement magnétique d'une longueur d'onde bien déterminée, en fonction de sa structure. En faisant varier cette longueur d'onde, on peut analyser le spectre et observer lesquelles ont été absorbées par la molécule étudiée et ensuite en déduire ses principales fonctions chimiques.

Via cette technique d'analyse, on peut également distinguer avec une grande efficacité les composés gazeux polluants dans des milieux parfois assez difficilement accessibles - tels que la sortie d'un moteur par exemple - où auparavant il était impossible d'accéder. Cela, grâce à sa grande potentialité de miniaturisation.

De par sa rapidité à analyser le milieu, cette technique permet d'étudier les molécules instables n'ayant qu'un faible temps de vie. On les connaît encore mal car les techniques nécessitaient un temps de disposition de la molécule assez conséquent. Or, de par leur grande réactivité chimique, elles interviennent comme une étape intermédiaire des réactions. Ce type de molécule est présent dans des milieux comme les flammes, les plasmas, les décharges électriques, les comètes, les milieux interstellaires,...

Les applications des lasers (simples) sont encore plus vastes. On les retrouve dans les domaines tels que la médecine, les télécommunications, les industries, l'armée...

En effet, dans le cadre de la médecine de détruire des cellules bien précises sans nécessiter d'opération chirurgicale. Cet avantage prend tout son essor lorsqu'il s'agit de débloquent des artères ou de détruire des tumeurs bénignes. Il suffit de choisir le laser dont la longueur d'onde est celle qu'absorbe la cellule à détruire et de l'orienter dessus.

On peut également activer des médicaments grâce à la lumière des lasers. Ce principe, encore au stade expérimental, permet de traiter les cellules cancéreuses. Un composé chimique inoffensif est injecté au patient. Lorsque cette substance est en présence de lumière d'une certaine longueur d'onde, des réactions chimiques qui la transforment en médicament puissant sont induites, détruisant ainsi la cellule.

Encore, il est possible de réaliser des mammographies laser, sans danger (comparé à la méthode des rayons X) et indolore (le sein n'a pas besoin d'être comprimé), en détectant les anomalies des tissus.

Mais aussi, les lasers sont d'excellents altimètres. Equipés dans un véhicule, il est possible de calculer le temps nécessaire à un rayon émis pour se réfléchir sur le sol et revenir à sa source. En divisant ce temps par 2 et en le multipliant par la vitesse de la lumière, on connaît l'altitude. Toujours grâce au même principe, des miroirs ont été déposés sur la Lune lors d'expéditions passées. On y en a envoyé un rayon qui a ensuite été réfléchi, en mesurant le temps nécessaire à l'aller et retour, on a pu déterminer la distance Terre-Lune avec une précision encore jamais égalée.

De plus, ce principe permet de transformer un laser en contrôleur de vitesse ! En calculant les différences de distance sur un intervalle de temps donné, la vitesse d'un véhicule peut être connue facilement et ce, de manière plus précise et plus ciblée que les détecteurs radars actuels.

On retrouve encore les lasers dans les magasins dont les articles sont pourvus de codes barres. La tranche de rayon émis est soit absorbée, soit renvoyée en fonction de la couleur noire ou blanche du code barre. Ce signal renvoyé est alors interprété comme un signal binaire et permet à la machine de référencer le produit.

Il existe encore d'autres techniques ayant recours aux lasers comme par exemple la reconnaissance de terrain : en détectant les rayons renvoyés dans toutes les directions et en calculant les distances, les lasers permettent de faire un relevé de terrain précis ; ce qui constitue un intérêt majeur pour la robotique et pour le domaine militaire en outre.

Dans le domaine industriel maintenant, c'est la puissance des lasers et leur capacité à percer les matériaux les plus résistants, leur capacité à découper avec une précision inégalable pour les composants microélectroniques, ou leur capacité à échauffer les matériaux pour opérer des soudures qui est exploitée.

Le laser permet également de lire l'information contenue sur les disques (audio, CD-ROM, DVD,...) par la directivité de son faisceau, en transformant le signal récupéré en signal binaire.

En raison de sa fréquence élevée, le rayonnement laser est capable de transporter 1000 fois plus de canaux de télévision que les micro-ondes utilisées. Cette technique est donc fortement envisagée pour les satellites de communication à venir. De plus, grâce à de sa directivité, un signal laser peut parcourir une très grande distance sans qu'il y ait dégradation des informations.

Dans le même domaine, les impulsions lasers dans les fibres optiques ont tendance à remplacer impulsions électriques dans les fils de cuivre.

Enfin, les lasers permettent de confiner la matière et d'induire des réactions de fusion nucléaire mais celles-ci sont encore très difficilement contrôlables...

7. Sources

7.1 Sources bibliographiques

- ° Physique -- Eugene Hecht – éd. De Boeck Universite
- ° Physique 6e option de base -- Y. Verbist ; A. Bribosia ; P. MAterne
L. Nachtergaele ; M. Vanderperren – éd. De Boeck
- ° Solid state laser engineering -- W. Koechner – éd. Springer

7.2 Sources internet

- ° <http://www.optics.org/>
- ° <http://www.e-scio.net/ondes/>
- ° http://www.ppm.u-psud.fr/chapitre2/molecules_instables.html
- ° <http://www.sciences.univ-nantes.fr/physique/>
- ° <http://wps.prenhall.com/wps/media/objects/476/488316/>
- ° <http://www.futura-sciences.com/sinformer/n/news5508.php>
- ° <http://www.phys.ksu.edu/perg/vqm/laserweb/>
- ° <http://www.fsg.ulaval.ca/opus/physique534/optique/laser01.shtml>
- ° <http://www.bioinformatics.org/oeil-couleur/dossier/lumiere.html>

7.3 Sources fundp

- ° Physique générale, électricité, 2. Courants continus, magnétisme (1^{ère} partie), R. SPORKEN, 2001
- ° Explications, feuillets et documents informatiques fournis par le LASMOS et plus particulièrement par le Dr A. PEREMANS

Rapport réalisé par :

Brichart Baptiste (1^{ère} bac)
Depret Thomas (1^{ère} bac)
Heuskin Anne-Catherine (1^{ère} bac)
Languy Fabian (2nd candi)