

L'effet Pockels

Rapport du projet d'optique réalisé par

Vianney LATOUR, Jean-Yves MIGEON et Timothée
THEVENEUX-PELZER

Université Pierre et Marie Curie
L3-PC
Mai-Juin 2006

Table des Matières

Matériel à notre disposition

I] Cellule de Pockels

- 1) La biréfringence
- 2) L'effet Pockels

II] Etudes préliminaires et commentaires

- 1) Réglage de la cellule de Pockels
- 2) Réponse de la diode
- 3) Réponse de la cellule de Pockels en intensité
- 4) Polarisation de la lumière à la sortie de la cellule de Pockels

III] Confrontation expérience-théorie

IV] Modulation électro-optique

V] Multiplexage

VI] Autres applications

- 1) Transmission d'information par modulation d'intensité
- 2) Caractérisation de l'état de polarisation de la lumière – lame λ/n

Bibliographie

Annexes

Matériel à notre disposition:

- _ polariseurs, lentilles, diaphragme
- _ lame quart et demi onde
- _ oscilloscope de bande passante 20 Mhz
- _ laser rouge de longueur d'onde 633 nm et vert de longueur d'onde 543 nm
- _ générateur haute-tension et générateur basse fréquence
- _ photodiode
- _ cellule de Pockels transverse
- _ prisme
- _ disque tournant évidé
- _ amplificateur opérationnel et résistances
- _ baffle



Fig.1 : Cellule de Pockels



Fig.2 : Photodiode

I] Cellule de Pockels

Notre projet expérimental portait sur l'étude et ses applications d'une cellule Pockels. Donc dans un premier temps nous avons cherché à caractériser le fonctionnement d'une cellule Pockels de manière à pouvoir utiliser ses propriétés dans des applications. Nous avons donc tout d'abord cherché dans la littérature les phénomènes physiques qui régissent le fonctionnement d'une cellule Pockels. Il nous est apparu très rapidement que les notions de milieux anisotropes et de biréfringence contrôlée étaient des notions très importantes quant à la compréhension du fonctionnement d'une cellule de Pockels. Nous allons donc brièvement revenir dessus, étape nécessaire avant l'élaboration d'un montage permettant de caractériser le fonctionnement d'une cellule de Pockels.

1) La biréfringence

La biréfringence est une caractéristique des milieux linéaires anisotropes. Cette anisotropie est souvent due à la structure même du cristal, qui possède des axes privilégiés. L'existence de ces axes privilégiés va entraîner une différenciation des propriétés optiques du cristal suivant la direction de propagation. Ainsi l'existence d'une biréfringence va être caractérisée, pour des milieux uniaxes, par l'existence de deux indices de réfraction, différents selon la polarisation de la lumière. On les appelle indice ordinaire (n_o) et indice extraordinaire (n_e).



Fig.3 : Texte vu à travers un cristal biréfringent

Ainsi sur l'exemple ci-dessus on lit un texte vu au travers d'un milieu biréfringent. On observe une duplication des lettres conséquence de la propagation de la lumière selon les deux axes principaux du milieu. Nous n'avons ici aucun moyen de savoir lequel des deux axes est celui ordinaire ou extraordinaire. Ces indices n'étant pas égaux, ils vont entraîner des déphasages entre les différentes polarisations de la lumière qui vont traverser le cristal: des interférences d'ondes lumineuses sont possibles.

2) L'effet Pockels

Dans un matériau, la biréfringence peut être naturelle ou provoquée. Une biréfringence naturelle est due à l'anisotropie naturelle du cristal principalement. Mais elle peut aussi être provoquée par l'application d'une contrainte sur le cristal. Cette contrainte peut-être d'origine mécanique comme lors de la torsion d'un plastique ou alors électrique par l'application d'un champ électrique dans le cristal. La dernière méthode est plus précise, l'opérateur contrôlant de manière optimale l'apparition de l'anisotropie dans le cristal. Cette anisotropie est due aux déformations électroniques et/ou structurelles apparaissant dans le cristal.

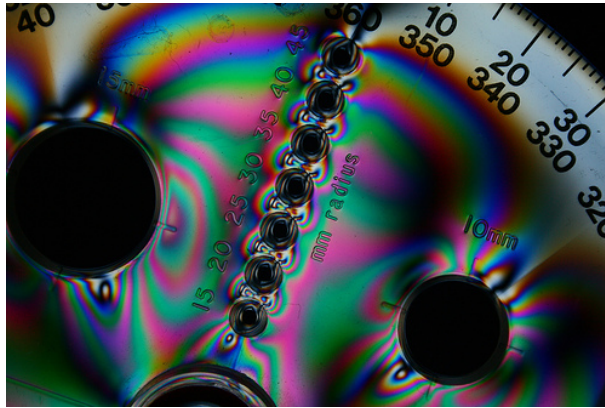


Fig.4 : Rapporteur en plastique tordu

La photo ci-dessus est l'apparition d'une anisotropie par torsion d'un plastique. Cette anisotropie se caractérise ici par une irisation de la lumière aux travers du milieu du aux interférences provoquées par l'apparition de déphasage de l'onde dans le milieu.

Ainsi on peut maintenant définir l'effet Pockels. On soumet un cristal électro-optique à un champ électrique par application d'une tension aux bornes des électrodes du cristal. On provoque une biréfringence dans le cristal. Cette biréfringence est contrôlée de manière précise car proportionnelle au champ électrique appliqué. La différence contrôlée ($n_o - n_e$) va entraîner un déphasage entre les deux vibrations se propageant dans le milieu selon l'axe ordinaire et extraordinaire. Ce déphasage a pour conséquence parfois des interférences au sortir du cristal.

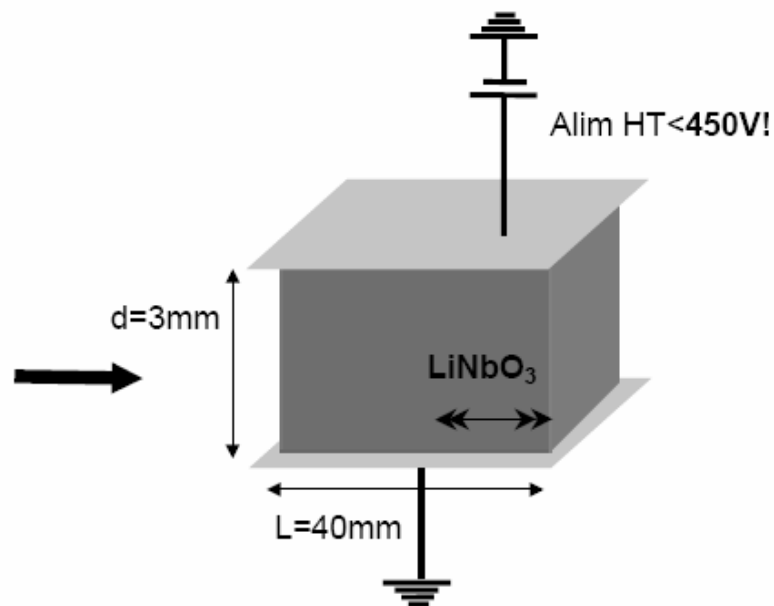


Fig.5 : Schéma d'une cellule de Pockels transverse

Nous avons travaillé avec un cristal de LiNbO_3 . L'effet Pockels est transverse car le champ appliqué aux électrodes est perpendiculaire à l'axe optique du cristal, l'axe de propagation de la lumière à travers le cristal. Ainsi les électrodes se trouvent être parallèles à l'axe optique du cristal. Lors de toutes les manipulations que nous effectuerons par la suite l'axe optique de la cellule est confondu avec l'axe du banc optique.

II] Etudes préliminaires et commentaires

1) Réglage de la cellule de Pockels

La première manipulation que nous avons effectuée concernait le réglage de la cellule de Pockels. En effet l'étude et l'utilisation de la cellule de Pockels se fait avec un polariseur et un analyseur à 45° degrés des lignes neutres de la cellule (cf. Fig.6). De plus tout au long du projet nous avons travaillé avec un polariseur et un analyseur croisés. Il s'agit donc dans un premier temps de caractériser les lignes neutres de la cellule. Pour cela on fait rentrer une lumière polarisée rectilignement dans la cellule. On règle la cellule préalablement de manière à ce que l'axe optique et l'axe de propagation du laser soient parallèles. Ensuite on fait tourner simultanément polariseur et analyseur jusqu'à obtenir l'extinction de la lumière au sortir de l'analyseur. On a ainsi caractérisé une ligne neutre du cristal. En effet si on se trouve sur une ligne neutre du cristal l'onde polarisée rectilignement est transmise sans modification et rencontre l'analyseur à 90° degrés d'où l'observation d'une extinction. Nous n'avons pas observé une extinction mais un minimum d'intensité. En effet même sans l'application de champ électrique le cristal possède une anisotropie. Une fois ce minimum caractérisé on tourne l'analyseur et le polariseur de 45° degrés et la cellule de Pockels se trouve être réglée sur le banc optique.

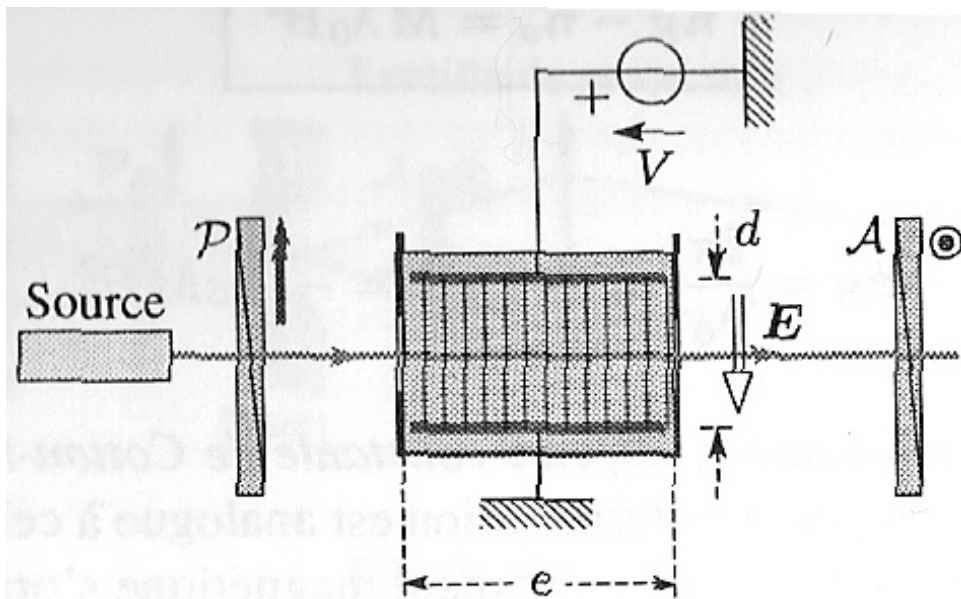


Fig.6 : Schéma du montage de la cellule de Pockels avec polariseur et analyseur.
P est ici le polariseur et A l'analyseur. Leurs axes sont à 90° l'un de l'autre

Remarque : pour connaître les axes de tous les polariseurs du montage nous avons utilisé l'angle de Brewster plus fiable que les encoches fournis par le constructeur. On sait qu'un diélectrique observé sous l'angle de Brewster par réflexion ne réfléchit que la composante orthogonale au plan d'incidence de la lumière incidente. Ainsi connaissant la polarisation de la lumière après réflexion sur une table nous pouvons identifier l'axe de polarisation de nos polariseurs.

2) Réponse de la diode

Une fois la cellule de Pockels réglée on a étudié la réponse en intensité transmise de la cellule en fonction de la tension continue appliquée à la cellule. Pour cela on a tout d'abord cherché à

connaître la réponse de la photodiode en fonction de la puissance reçue par l'émetteur. En effet on cherche à caractériser la réponse en puissance de la photodiode. Si il subsistait un phénomène de saturation pour les fortes puissances cela entraînerait une détérioration des mesures. De plus une des applications fondamentales de la cellule de Pockels comme nous le verrons par la suite est la transmission d'information par modulation électro-optique. Il est donc essentiel de se situer dans la plage de réponse linéaire de la photodiode.

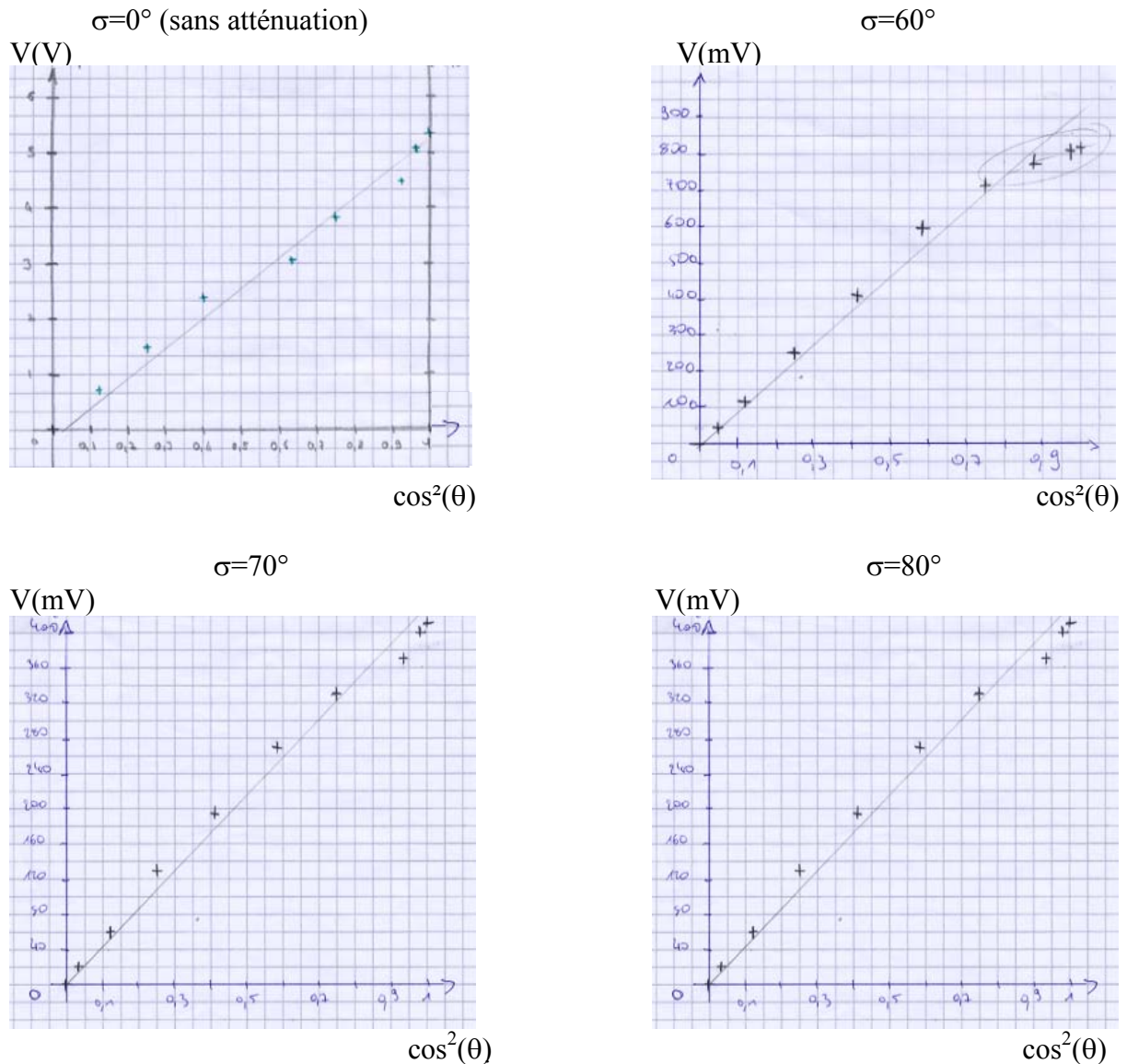


Fig.7: Tension aux bornes de la photodiode en fonction de $\cos^2(\theta)$ où θ est l'angle polariseur-analyseur, pour différentes valeurs de l'angle polariseur-atténuateur (σ)

Pour moduler la puissance reçue par la photodiode nous avons utilisé un atténuateur à la sortie du montage. En effet on c'est que l'intensité transmise par une onde lumineuse au travers de deux polariseurs formant un angle θ quelconque est donnée par la loi de Malus.

$$I = I_0 \cdot \cos^2(\theta)$$

Ainsi en plaçant un troisième polariseur on est capable de moduler la puissance reçue par la photodiode. On se rend compte que sans atténuation la réponse en puissance de la photodiode est loin d'être linéaire. Pour un angle de 60° degrés il y a l'apparition d'un phénomène de saturation (partie de la courbe entourée). Lorsqu'on se place à des angles de compris entre 70° degrés et 80° degrés la réponse de la photodiode semble bien linéaire (cf. Fig.7). Il faut de toute manière établir un compromis entre une puissance détectable par la photodiode et une réponse linéaire. Par la suite certain montage, comme l'utilisation de lame quart d'onde, diminueront de manière significative la lumière transmise et l'utilisation de l'atténuateur ne sera plus nécessaire.

3) Réponse de la cellule de Pockels en intensité

Une fois cette précaution prise on a donc pu se lancer dans l'étude de la réponse en intensité de la cellule de Pockels en fonction de la tension appliquée à ces bornes. Pour cela on a utilisé un générateur de haute tension allant de -400V à $+400\text{V}$. On a travaillé en visualisant la tension au sortir de la photodiode directement proportionnelle à l'intensité reçue par la photodiode car on se place dans le régime linéaire de cette dernière. On obtient donc la courbe ci-dessous.

Evolution de la tension aux bornes de la photodiode en fonction de la tension appliquée à la cellule de Pockels

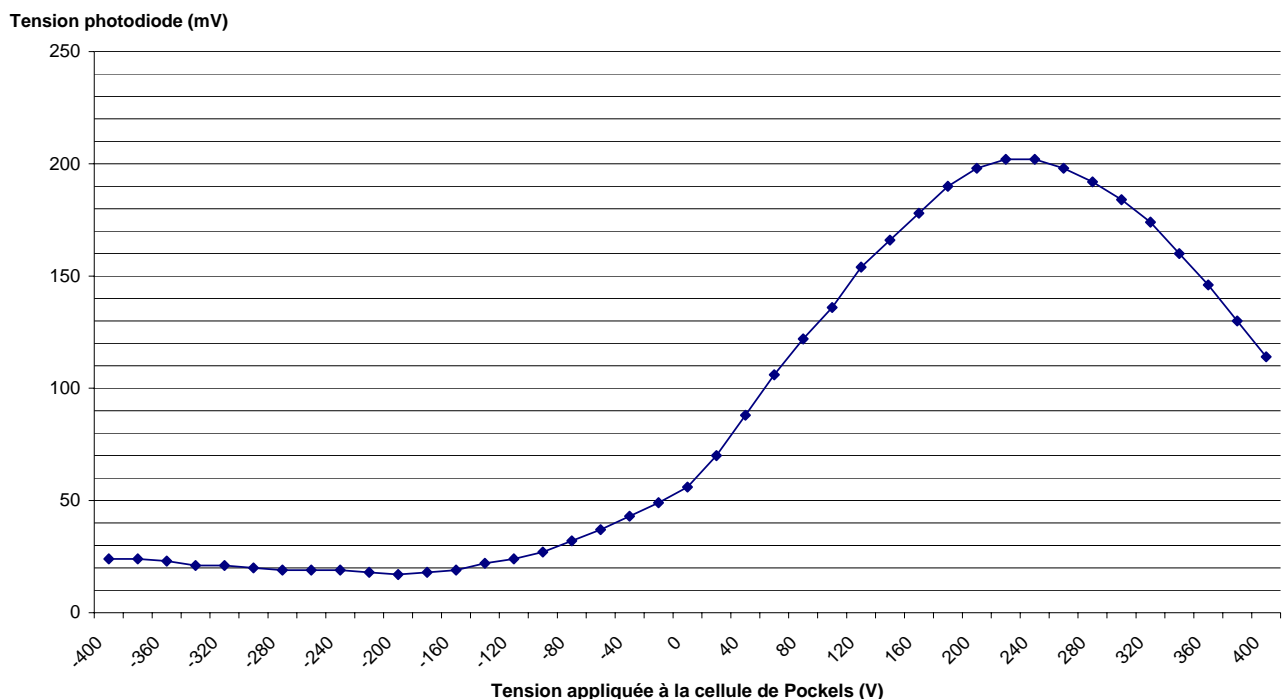


Fig.8

L'analyse de cette courbe sera approfondie dans la partie suivante mais malgré tout on peut déjà se rendre compte de plusieurs phénomènes importants. Tout d'abord la réponse en intensité de la cellule de Pockels semble sinusoïdale. Elle passe à une valeur maximale pour une tension qui se nomme par convention V_π . De plus on remarque une dissymétrie notable entre les tensions positives et les tensions négatives. D'autres phénomènes agissent donc dans la cellule qui influence la biréfringence du milieu. Enfin pour une tension nulle on constate

que l'intensité reçue par la photodiode est non nulle. Ce phénomène avait été observé lors du réglage de la cellule de Pockels. L'absence de transmission de l'onde lumineuse est quasiment obtenue pour une tension négative de l'ordre de -100V. On s'arrête quelques instants sur ce phénomène.

Tout d'abord il y a transmission de l'onde lumineuse pour une tension nulle car le cristal utilisé n'est pas totalement anisotrope. En effet même si on parle de biréfringence provoquée il faut tout de même que le milieu soit un minimum anisotrope naturellement pour que ce phénomène soit amplifié par la suite avec l'application de la contrainte électrique. Mais malgré tout lors de l'application d'une tension négative on devrait pouvoir observer l'extinction du signal. Une tension négative permet de contrebalancer l'anisotropie naturelle du cristal qui se comporterait alors comme un milieu neutre. Mais lorsqu'on visualise de manière attentive le faisceau pour le minimum d'intensité on se rend compte que le centre du faisceau est effectivement éteint mais tout autour une lumière parasite subsiste. Cette lumière parasite est due aux multiples réflexions qui ont lieu lors de la transmission de l'onde lumineuse dans le cristal, phénomène lié aux impuretés présentes dans le cristal, mais aussi aux interfaces avec le milieu extérieur. On peut s'en affranchir en réduisant le diamètre de l'onde lumineuse grâce à un diaphragme.

4) Polarisation de la lumière à la sortie de la cellule de Pockels

La seconde caractéristique est la modification de l'état de polarisation de la lumière au sortir de la cellule. En effet lors de la traversée du cristal il s'établit un déphasage entre les deux vibrations issues de l'onde lumineuse incidente projetée sur les deux axes ordinaire et extraordinaire. Ce déphasage entraîne une modification de l'état de polarisation de la lumière. Pour étudier la modification de l'état de polarisation de lumière on effectue le montage suivant.

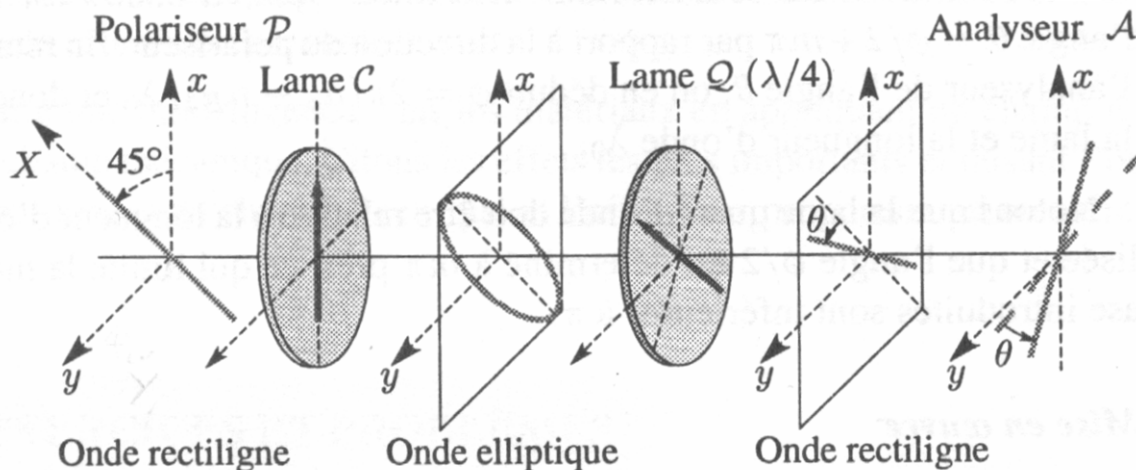


Fig.9 : Schéma de montage pour l'étude de la polarisation à la sortie de la cellule de Pockels. La lame C représente la cellule de Pockels

Par rapport au montage précédent on insère une lame quart d'onde entre le cristal et l'analyseur. Cette lame permet de transformer l'onde elliptique obtenue au sortir du cristal en onde rectiligne. Cette fois-ci on ne travaille plus avec polariseur et analyseur croisés. On cherche à éteindre le signal grâce à l'analyseur et on mesure l'angle que fait ce dernier avec le polariseur. Ainsi de l'angle on remonte au déphasage entre les deux ondes et donc à l'état de

polarisation de la lumière. Les mesures effectuées permettent de relier la tension appliquée à l'état de polarisation selon la courbe ci-dessous.

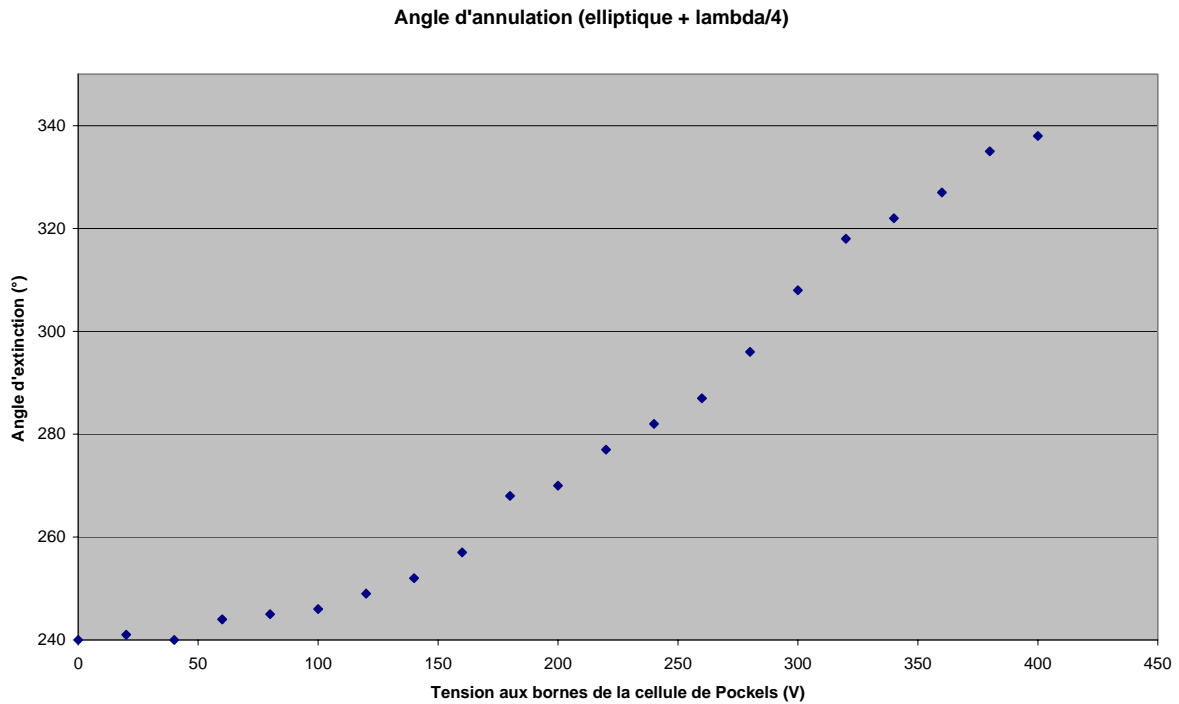


Fig.10 : Angle d'extinction de la lumière après la $\lambda/4$

Une première analyse succincte de la courbe semble indiquer une loi linéaire pour les fortes tensions et l'apparition de phénomène parasite à faible tension. Ces phénomènes sont sûrement de même acabit que ceux rencontrés lors de l'étude de la réponse en intensité de la cellule. Avant de se lancer dans une étude plus approfondie des courbes on se rend compte d'une duplicité d'utilisation de la cellule de Pockels. Soit on joue sur des paramètres de polarisation pour par exemple créer des lames à retard de λ/n contrôlée, soit on joue sur des paramètres d'intensité pour effectuer par exemple une modulation électro-optique. C'est cette dernière paramétrisation qui sera étudiée dans une partie ultérieure.

III] Confrontation expérience-théorie

Ce projet expérimental n'a pas pour but d'exposer la théorie sous-tenant les phénomènes physiques régissant les caractéristiques de la cellule de Pockels. Ainsi on ne rentrera pas en détails dans les calculs menant aux formules ci-dessous. On obtient donc après quelques calculs simples, pour le déphasage ϕ entre l'onde ordinaire et l'onde extraordinaire introduit par la cellule de Pockels, et pour l'intensité I après l'analyseur :

$$\phi = \pi \frac{V \cdot e}{V_{\pi} \cdot d} \qquad I \propto \sin^2 \left(\pi \frac{V}{V_{\pi}} \right)$$

On se rend compte dans un premier temps que la loi régissant la modulation de l'intensité lumineuse est une loi sinusoïdale. Sa période dépend de caractéristiques intrinsèques du cristal comme sa largeur e et sa longueur d mais aussi de V_{π} , tenant compte de la longueur d'onde d'étude en autres. De même l'état de polarisation de la lumière au sortir de la Pockels est une loi linéaire. Si on ne se fie qu'aux calculs on obtient une courbe théorie suivante.

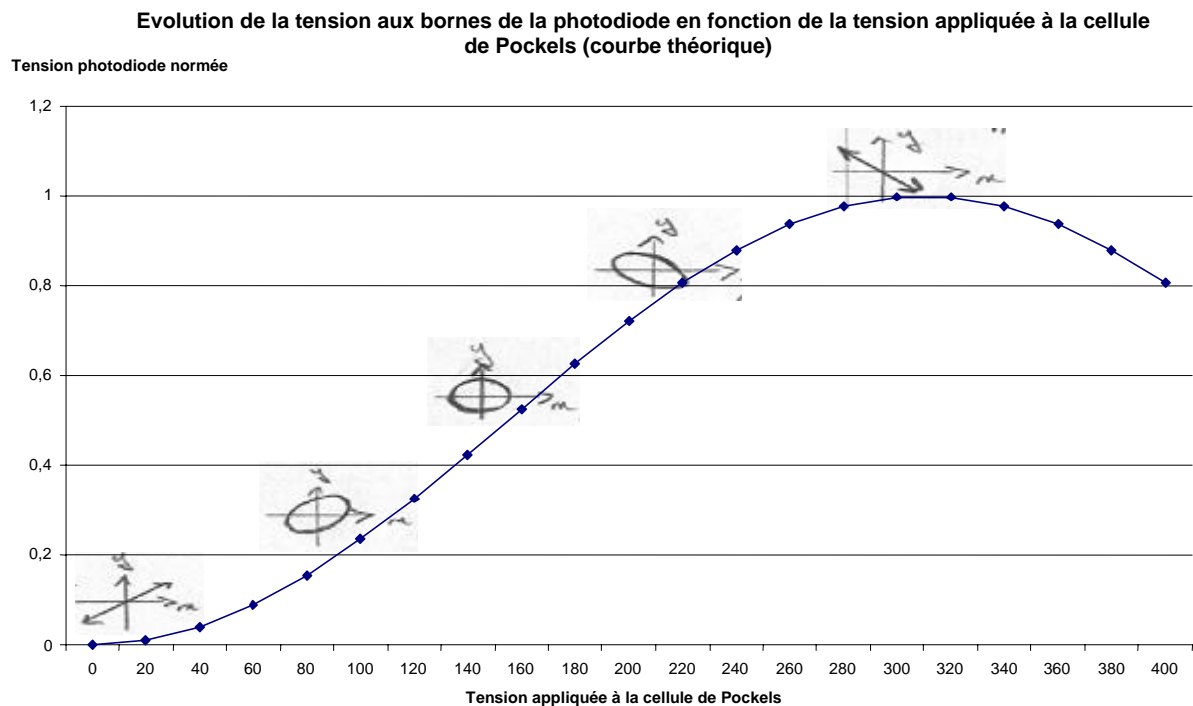


Fig.11

Les états de polarisation des lumières spécifiées sur la courbe permettent ainsi de définir la tension $V_{\pi/2}$. Pour cette tension le cristal se comporte comme une lame quart d'onde et l'intensité lumineuse transmise vaut la moitié de celle incidente. De même la tension V_{π} se définit par une lame demi onde et une intensité transmise maximale.

On peut maintenant se lancer dans une comparaison des deux courbes. Pour la modulation lumineuse de la lumière et des tensions positives l'allure générale de la courbe expérimentale est bien sinusoïdale. Mais pour une tension nulle la transmission n'est pas elle-même nulle pour les raisons que nous avons déjà développées précédemment. Par contre pour des tensions négatives on se rend compte que la réponse expérimentale n'est pas sinusoïdale. Il y a l'apparition d'un phénomène de dérive. En effet nous travaillons à des tensions positives très importantes et le cristal a peut-être été soumis à des contraintes irréversibles. En tout cas cette dérive n'apparaît que pour les tensions négatives ce qui nous permet de définir une plage de linéarité pour des tensions s'échelonnant de 60V à 120V. On a choisit ultérieurement un point de fonctionnement pour le montage de modulation électro-optique de 80V coïncidant avec $V_{\pi/2}$.

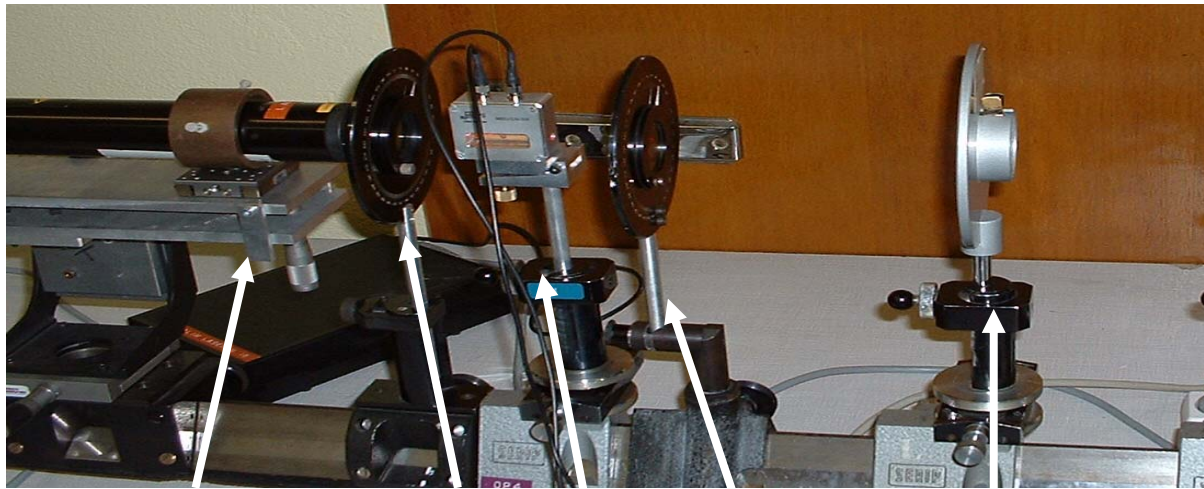
Pour l'état de polarisation de la lumière on retrouve bien une loi linéaire pour les fortes tensions. Aux faibles tensions la loi n'est plus vérifiée à cause de phénomène parasite comme la biréfringence résiduelle. Si on part d'une polarisation rectiligne on évolue vers une polarisation elliptique dont le grand axe et le petit axe s'inversent linéairement par augmentation de la tension appliquée à la cellule. A $V_{\pi/2}$ on retrouve une polarisation circulaire et à V_{π} on inverse la polarisation rectiligne incidente. Cette évolution de la polarisation de la lumière en fonction de la tension ne sera pas développée lors de ce projet mais elle permet de créer des lames à λ/n .

Ensuite nous avons placé une lame quart d'onde entre le polariseur et l'entrée de la cellule de Pockels. En effet lors du réglage de la cellule on s'est rendu compte qu'un moindre écart d'angle entre la cellule et les polariseur analyseur croisés à 45° degrés altérerait toutes les propriétés de la cellule. En intercalant cette lame quart d'onde on transforme l'onde incidente polarisée rectilignement en onde polarisée circulairement. L'onde lumineuse va donc se trouver moyennée lors de son passage dans le cristal rendant une imprécision de réglage de la cellule de Pockels moins dramatique. Nous avons observé ce phénomène car l'intensité lumineuse se trouve augmenter de manière significative – cellule de Pockels dérégulée – lorsque la lame quart d'onde est introduite.

Mais un des autres avantages, même le plus important est la possibilité de réduire la tension d'offset appliquée au cristal. En effet si on étudie la réponse en intensité du montage en fonction de la tension appliquée on se rend compte que pour travailler en régime linéaire il faut se placer à $V_{\pi/2}$. Or pour cette tension, la cellule de Pockels agit comme une lame quart d'onde. Donc si on place une lame quart d'onde avant la cellule de Pockels il n'est plus nécessaire d'appliquer une tension d'offset. Bien évidemment cela est théorique car il existe toujours une biréfringence parasite au tension nulle qui perturbe la réponse du système. Mais tout de même cela peut permettre d'améliorer la bande passante, le générateur étant plus performant aux basses tensions, mais aussi l'intensité globale transmise. Ce phénomène n'a été que brièvement étudié lors de notre projet et nous n'avons pu établir de tableau de valeurs. Mais l'aspect qualitatif a tout de même été visualisé.

IV] Modulation électro-optique

Pour effectuer cette modulation nous avons réalisé le montage suivant :



Laser He-Ne 633 nm polariseur Pockels analyseur atténuateur
0° 45° 90° $\cos^2(a)$

Fig.12 : Schéma du montage pour la modulation électro-optique

Le réglage le plus difficile (hormis celui de la cellule de Pockels) était l'alignement de tous les composants optiques du banc. Une fois ce dernier réglage effectué nous avons pu transmettre de nombreux signaux électriques. Pour cela on disposait d'un générateur de fréquence à haute tension. On choisit une tension d'offset qui nous permet de se situer dans la zone de linéarité de la cellule de Pockels. A cette tension d'offset on rajoute un signal sinusoïdal de fréquence variable. Cela va nous permettre de définir la bande passante de notre montage. On fait varier la fréquence du signal entre 100 Hz et 1 Mhz. En effet à basse fréquence le signal visualisé sur l'oscilloscope est trop bruité pour être analysé et aux hautes fréquences on est limité par les capacités du générateur. En tout cas sur cette plage de fréquence étudiée on obtient la courbe de gain suivante :

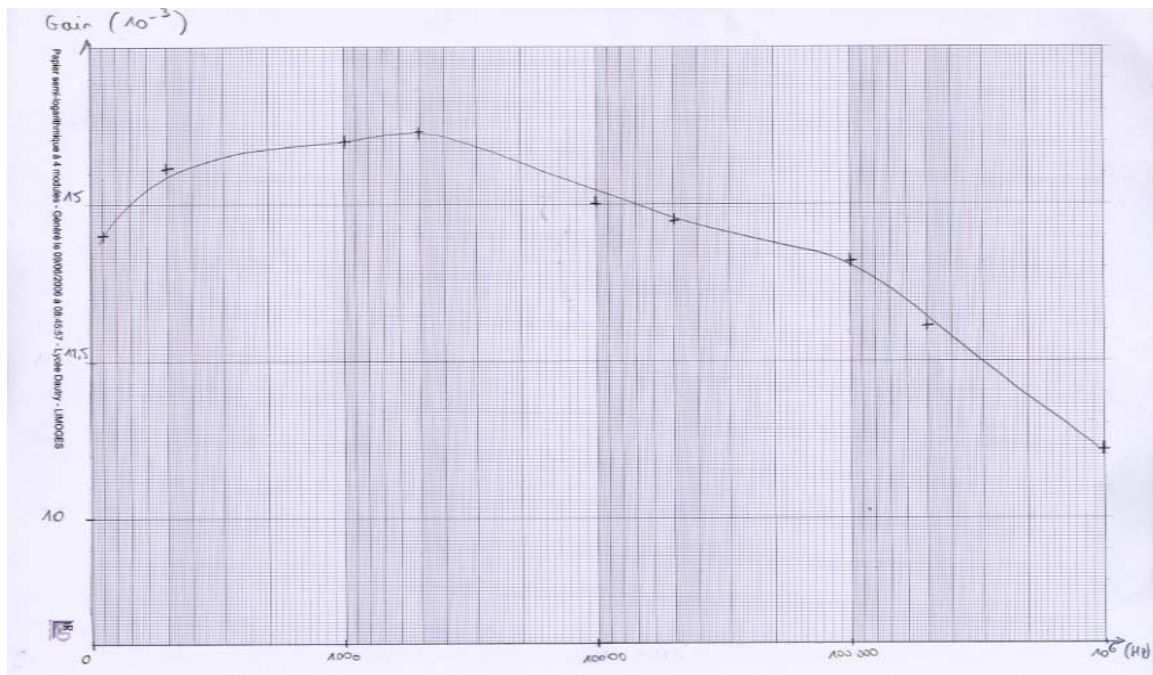


Fig.13 : Courbe de gain de l'ensemble du montage

On se rend compte qu'à haute fréquence la courbe de gain diminue de façon significative. Or si l'on considère uniquement la bande passante de la cellule de Pockels, étant donné que la porteuse est constituée d'une onde lumineuse, la bande passante devrait être de l'ordre du téra hertz. Alors pourquoi cette chute notable au alentour du méga hertz ? Une explication simple peut être avancée si l'on considère la chaîne complète que nous avons utilisée pour cette modulation. En effet de nombreux composants électroniques doivent être pris en considération. Tout d'abord l'oscilloscope. Il ne peut à lui seul expliquer cette détérioration car sa bande passante est de l'ordre de 20 Mhz. L'élément limitant est donc vraisemblablement le générateur de haute tension. En effet à ces fréquences, si l'on regarde sa fiche technique son gain chute brutalement pour une valeur de tension offset de l'ordre de la centaine de volt. Comme c'est l'élément limitant qui impose sa bande passante on observe bien une chute du gain pour des fréquences de l'ordre du méga hertz.

Après étude de la courbe de gain on se rend compte qu'il existe un palier assez large pour des fréquences allant d'une centaine de hertz au méga hertz. Cela nous rassure car nous allons essentiellement transporté du son dont la gamme de fréquence coïncide avec le palier de gain de la chaîne de transmission. Ainsi le signal sonore transmis ne sera pas détérioré par la transmission. Pour une transmission parfaite il faut que le gain de l'ensemble des fréquences soit identique. C'est ce que nous avons cherché à vérifier en transmettant un signal sonore provenant d'un lecteur mp3.

Pour ce genre de transmission un nouveau problème a émergé. Ces appareils utilisent des piles pour leur alimentation ce qui leur permet de ne sortir des tensions que de l'ordre du milli volt. Même sans atténuateur le signal récupéré par la baffle se trouvé inaudible. Il nous a donc fallut intercaler un amplificateur entre le signal en sortie de la photodiode et l'entrée de la baffle. Pour un signal sortant directement du générateur un gain de la chaîne amplificatrice de 10 suffisait. Pour un signal sortant d'un lecteur mp3 il nous a fallut atteindre des gains de

l'ordre de la cinquantaine sans pour autant atteindre la saturation. La photo suivante est un exemple de montage permettant l'amplification d'un signal électrique par utilisation d'un amplificateur opérationnel et d'un rapport de résistance adéquat.

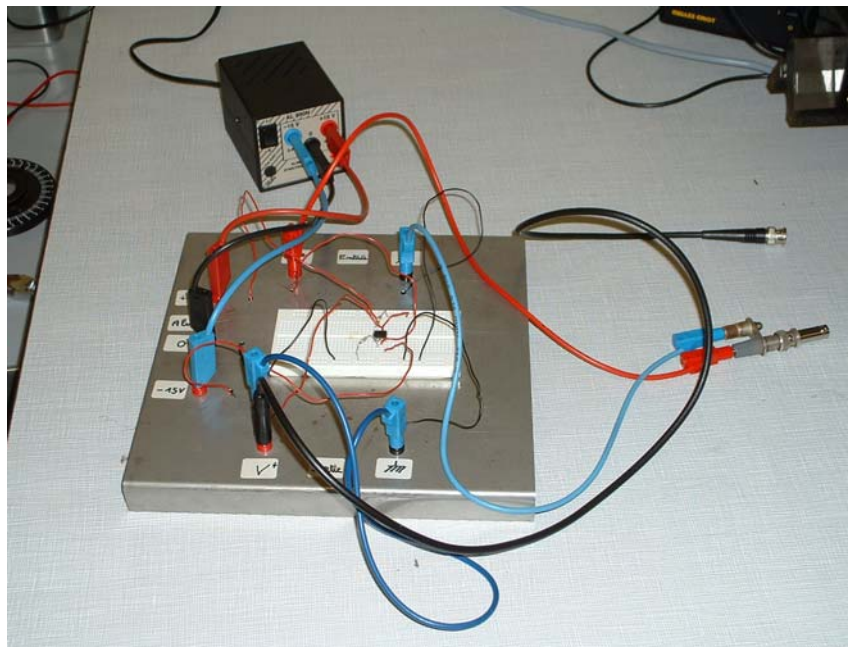


Fig.14 : Montage électronique de l'amplificateur opérationnel

V] Multiplexage

Le principe du multiplexage est d'envoyer plusieurs informations sur un même support physique. Ici il s'agit d'une fibre optique qui va nous permettre de transmettre deux porteuses différentes. Pour cela nous disposons de deux lasers, un laser rouge et un laser vert. Le premier est modulé de manière électronique grâce à la cellule de pockels, le second de manière mécanique, un disque troué tournant s'intercalant sur le trajet du laser de manière périodique. Ce montage plus lourd que les précédents comporte aussi deux lentilles à faible focale qui permettent de concentrer les lasers sur les deux entrées de la fibre optique. Cette partie du montage a été très longue à monter car il s'agit de concentrer de manière optimale les lasers pour obtenir en sortie un signal correct. Une fois les deux signaux récupérés ils sont mélangés dans la fibre et transmis sur cette même fibre. Le multiplexage est ainsi effectué, deux informations différentes transmises par deux porteuses de fréquence différentes sont acheminées sur une même fibre. On obtient donc le montage suivant :



Laser polariseur Pockels analyseur lentille fibres optiques

Fig.15 : Montage pour le multiplexage.

La modulation mécanique du laser vert (à droite de ce montage) n'est pas représentée.

Une fois le multiplexage effectué il s'agit de récupérer une des deux informations transmises par l'une des deux porteuses. Etant donné que ce multiplexage est un multiplexage fréquentiel nous avons d'abord pensé à utiliser un filtre interférentiel. Mais n'en n'ayant pas à notre disposition nous avons décidé d'utiliser un prisme. En effet on sait que l'angle de déviation d'un prisme dépend de la longueur d'onde de l'onde incidente. Ainsi le laser vert et rouge se trouvent séparés au sortir du prisme. Leurs longueurs d'onde assez espacées permettent une nette séparation. Pour récupérer le signal après le prisme on utilise de nouveau une lentille pour reconcentrer l'onde lumineuse sur la photodiode. Ainsi on a pu récupérer, après amplification, le signal délivré par le générateur. Par contre pour un signal sortant d'un lecteur mp3 l'atténuation dû à toutes les pertes accumulées pendant la traversée du montage rendait impossible toute visualisation même après amplification. Pour l'autre signal la fréquence très faible, par branchement sur une baffle, donnait un son très grave et diffus.

VI] Autres applications

1) Transmission d'information par modulation d'intensité

L'effet Pockels est un phénomène à constante caractéristique temporelle extrêmement courte, de l'ordre de la picoseconde (10^{-12} s). Cela nous fait une bande passante de l'ordre du Téraherz (10^{12} Hz), bien au-delà des capacités des appareils électroniques classiques, dont la bande passante dépasse rarement le Gigahertz.

Cette bande passante importante est couramment utilisée dans la transmission de signaux. Grâce au multiplexage, il est possible de faire passer une quantité d'information bien plus grande qu'en utilisant des moyens classiques, comme des fils de cuivre ou des câbles coaxiaux.

La conversion du signal électrique en signal optique se fait au travers de cellules de Pockels ou de diodes laser contrôlées en tension, dont le flux lumineux est ensuite transmis à une fibre optique. La porteuse étant de fréquence très élevée (dans le visible, elle est de 10^{15} Hertz), elle pourra être modulée par des signaux de très grande fréquence. C'est un atout majeur, surtout quand on le compare aux signaux modulés pour de la transmission radio, à la bande passante bien plus faible.

L'atténuation en fonction de la distance parcourue est aussi plus faible pour de hautes fréquences dans une fibre optique que dans un conducteur électrique classique. Il est possible de couvrir de plus longues distances sans nécessiter de répéteurs ou d'amplificateurs.

L'effet Pockels est donc couramment utilisé dans les interfaces traitement - transmission de l'information. Grâce au multiplexage, il est alors possible de faire passer plusieurs ondes lumineuses de fréquence de porteuse différente, et donc ainsi accroître encore plus le débit d'information possible dans la fibre optique.

2) Caractérisation de l'état de polarisation de la lumière – lame λ/n

L'effet Pockels nous permettant de jouer sur la différence entre les indices ordinaires et extraordinaires au travers de la tension appliquée à ses bornes, le déphasage induit par la variation d'indice nous permet de construire une lame λ/n , à déphasage contrôlé.

Ce contrôle présente deux avantages :

- construction d'une onde de polarisation voulue à partir de n'importe quel état de polarisation incident (non aléatoire),
- étudier une onde de polarisation (non aléatoire) inconnue.

Le deuxième point s'apparente à une analyse de polarisation comme l'on pourrait en faire à l'aide d'une lame $\lambda/4$. Au lieu de jouer sur un angle d'extinction, on joue ici sur la tension appliquée à la cellule de Pockels ; on peut ainsi corriger ou modifier le déphasage entre les deux composantes d'une onde lumineuse polarisée.

Bibliographie

_ Optique : fondements et applications (chapitre 32) *J.-P. PEREZ, Dunod, 2001*

Liens internet :

- _ <http://home.earthlink.net/~jimlux/hv/eo.htm>
- _ http://www.rp-photonics.com/pockels_effect.html
- _ <http://frzsun.physik.uni-freiburg.de:8080/~bamberg/fpI/faraday-pockels.pdf>
- _ http://www.aegep.phy.ulaval.ca/oldhtdocs/accueil/chin/14_chcellulePockels.pdf
- _ <http://www.diracdeltaco.uk/science/source/p/o/pockels%20cell/source.html>

Annexe 1 : tableau de valeur de la courbe d'intensité

V(V)	Vdiode(mV)
-400	24
-380	24
-360	23
-340	21
-320	21
-300	20
-280	19
-260	19
-240	19
-220	18
-200	17
-180	18
-160	19
-140	22
-120	24
-100	27
-80	32
-60	37
-40	43
-20	49
0	56
20	70
40	88
60	106
80	122
100	136
120	154
140	166
160	178
180	190
200	198
220	202
240	202
260	198
280	192
300	184

320	174
340	160
360	146
380	130
400	114

Annexe 2 : tableau de valeurs de la courbe de la polarisation

V(V)	Angle extinction(°)
0	240
20	241
40	240
60	244
80	245
100	246
120	249
140	252
160	257
180	268
200	270
220	277
240	282
260	287
280	296
300	308
320	318
340	322
360	327
380	335
400	338

Annexe 3 : tableaux des valeurs des courbes de la diode (loi de Malus)

Angle de l'atténuateur	0°	60°	70°	80°	
Angle(°)	cos2	V(V)	V(mV)	V(mV)	
0	1	5,32	820	410	92
10	0,96984631	5,08	810	400	91
20	0,88302222	4,48	770	370	84
30	0,75	3,8	710	330	72
40	0,58682409	3,04	580	270	60
50	0,41317591	2,44	410	190	35
60	0,25	1,48	250	130	13
70	0,11697778	0,68	120	60	6
80	0,03015369	0,323	40	20	0
90	0	0,04	0	0	0