

# Effet Pockels – modulation électro-optique



## ● Rappels théoriques

- Biréfringence
- Effet Pockels
- Caractéristiques attendues
- Courbes théoriques

## ● Protocole expérimental – Mesures

- Matériel
- Montages
- Etude de la cellule Pockels

## ● Exploitations de l'effet Pockels

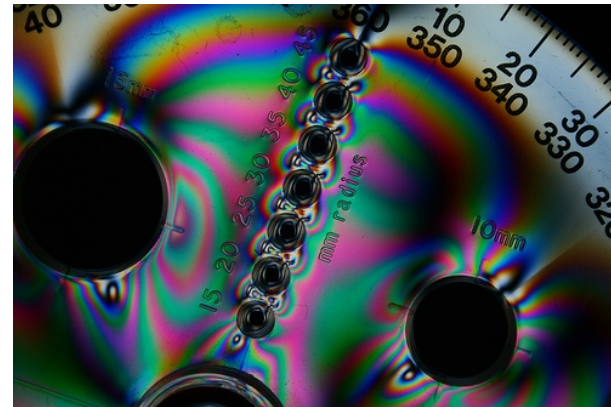
- Modulation et transmission de signal
- Multiplexage
- Conclusions

# I. Rappels – Biréfringence

La biréfringence est une caractéristique de milieux linéaires anisotropes. Cette anisotropie est souvent due à la structure même du cristal, qui possède des axes privilégiés.

=> les propriétés optiques vont être différentes suivant la direction de propagation.

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 ( $n_e$ ).

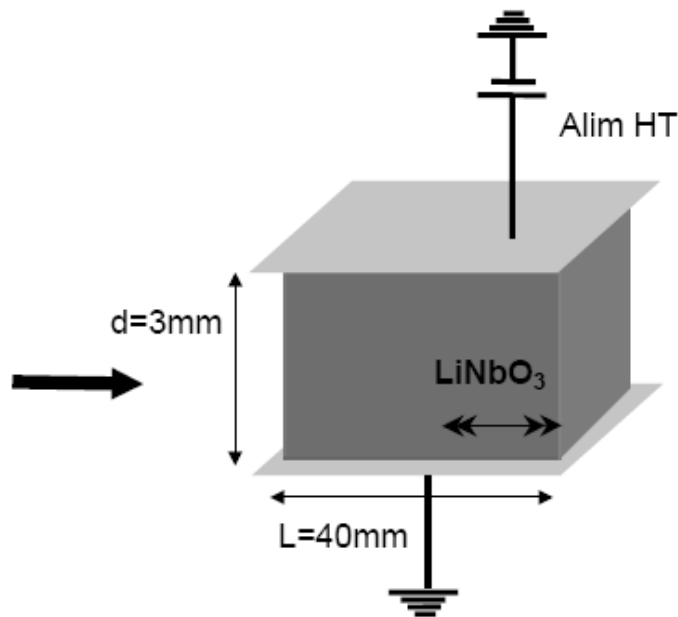


Ces indices n'étant pas égaux, ils vont entraîner des déphasages entre les différentes polarisations de la lumière qui vont traverser le cristal: interférences d'ondes lumineuses possibles.

# I. Rappels – Effet Pockels

Dans un matériau, la biréfringence peut être naturelle ou provoquée.

- Naturelle: anisotropie de cristaux, principalement.
- Provoquée: application d'un champ électrique ou d'une contrainte mécanique entraînant l'apparition d'une anisotropie (déformations électroniques et/ou structurelles).



## Effet Pockels:

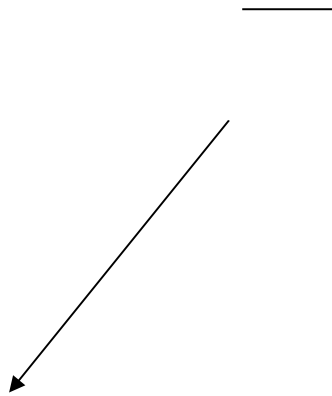
- biréfringence provoquée,
- cristal électro-optique soumis à un champ électrique (tension aux bornes d'électrodes).

La biréfringence ( $n_o - n_e$ ) est proportionnelle au champ électrique appliqué.

- => déphasage entre les deux vibrations
- => interférences possibles

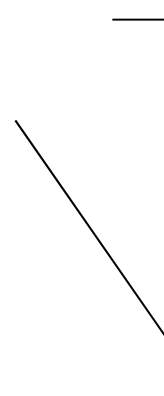
# I. Rappels – Caractéristiques attendues

La théorie nous apporte diverses informations sur les caractéristiques attendues d'une cellule de Pockels, suivant les conditions sous lesquelles on l'utilise: polariseurs et analyseurs croisés.



- paramètres de polarisation

=> lame à retard  $\lambda/n$  contrôlée

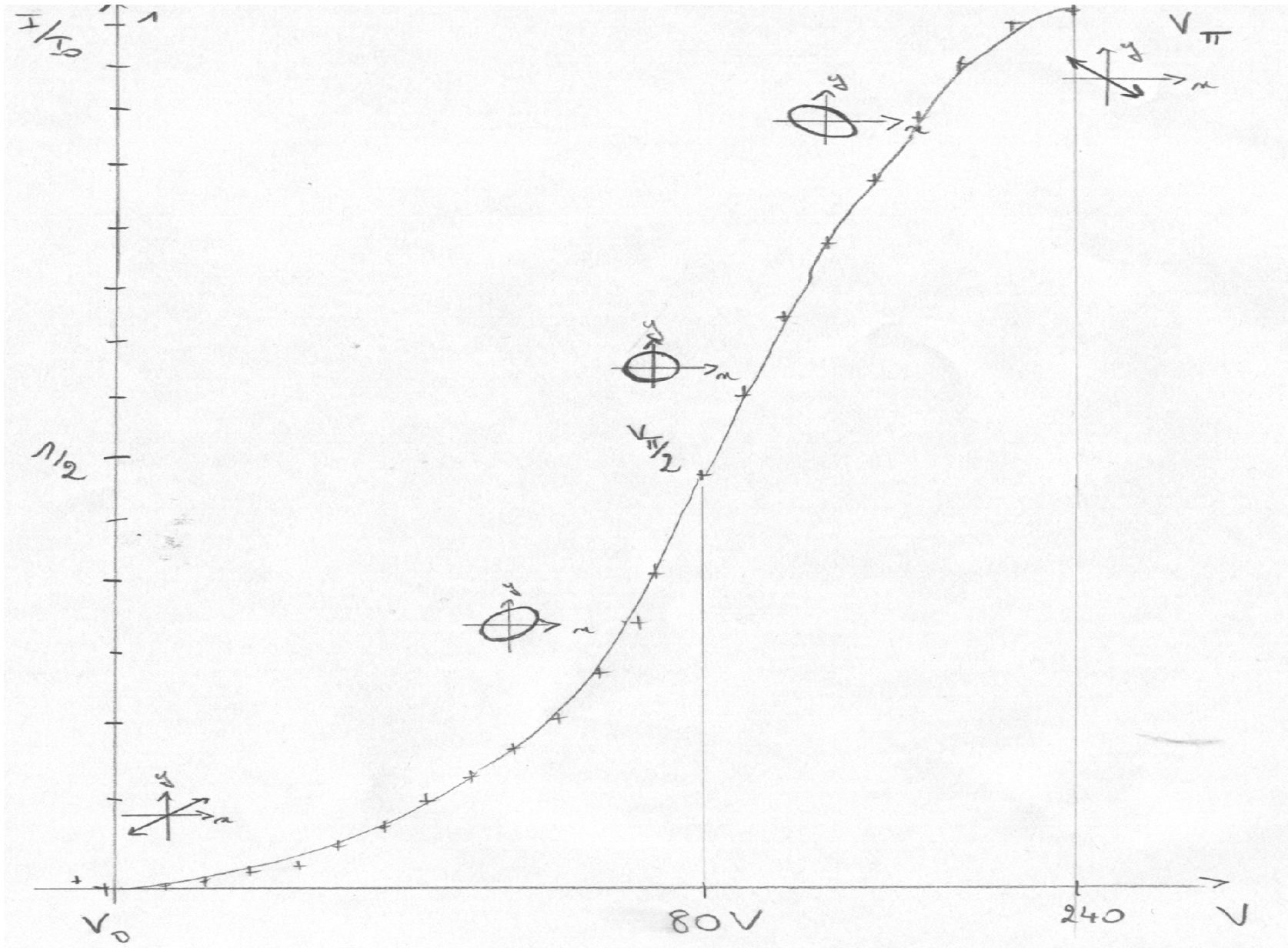


- paramètres d'intensité

=> modulation électro-optique

L'effet Pockels peut être étudié de différentes manières, suivant que l'on s'intéresse à la polarisation de la lumière, ou à son intensité.

# I. Courbe théorique polarisation / intensité



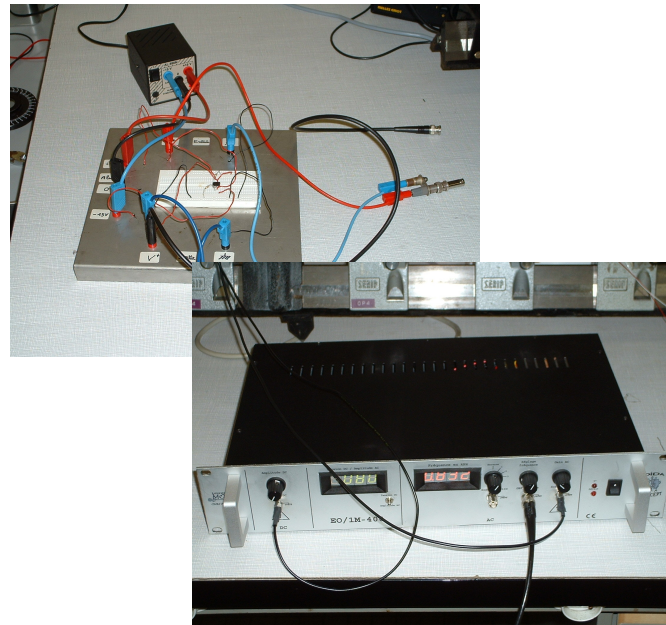
## II. Protocole expérimental – Matériel

Afin d'effectuer toutes les mesures nécessaires à l'exploitation de notre cellule de Pockels, divers appareils et outils ont été mis à notre disposition, ainsi que leurs caractéristiques techniques.

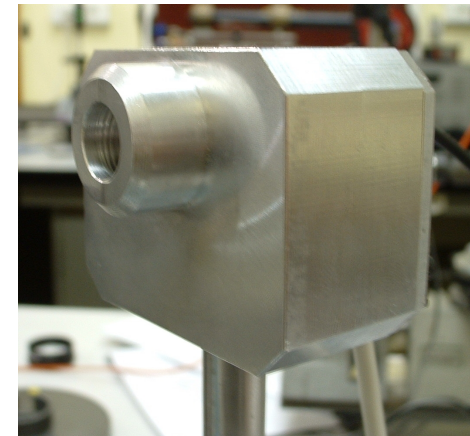
La bonne connaissance des divers éléments du montage est importante afin d'avoir une étude cohérente: respect de la linéarité, phénomènes de saturation, bande passante:



cellule de Pockels

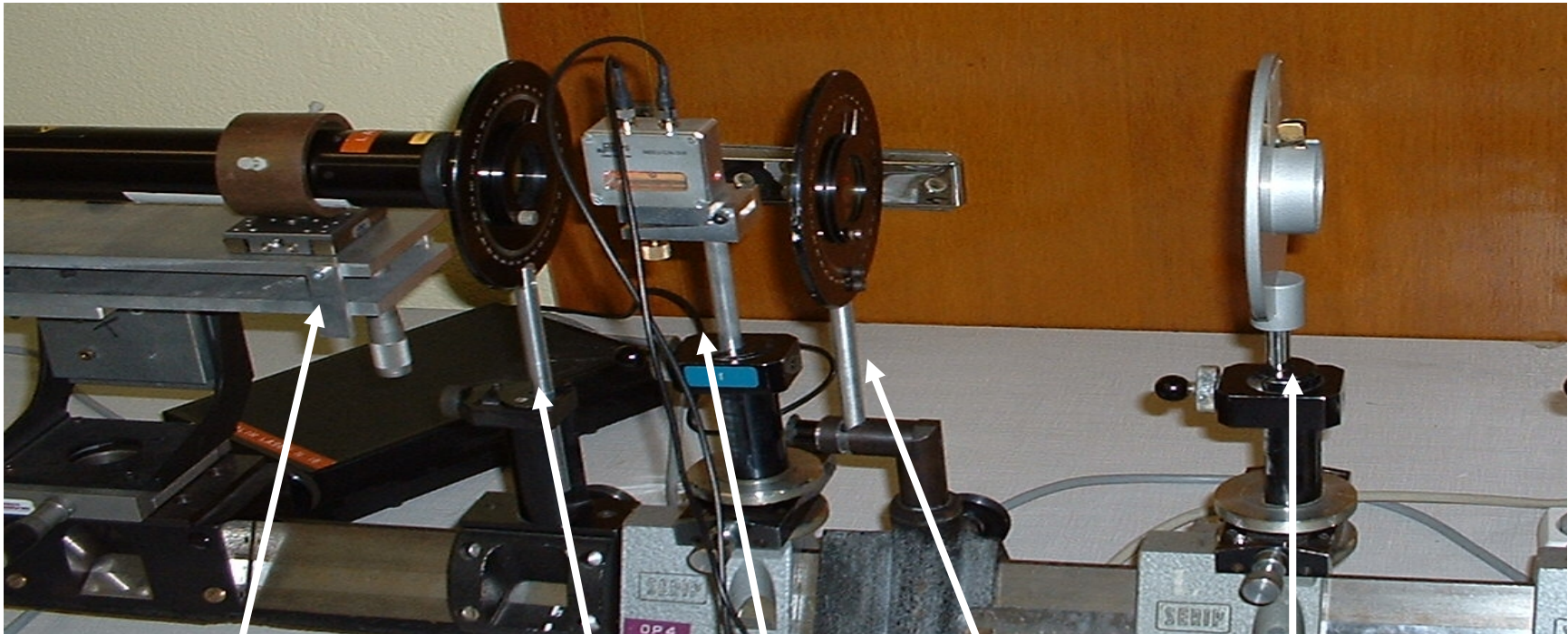


générateurs, ampli ops



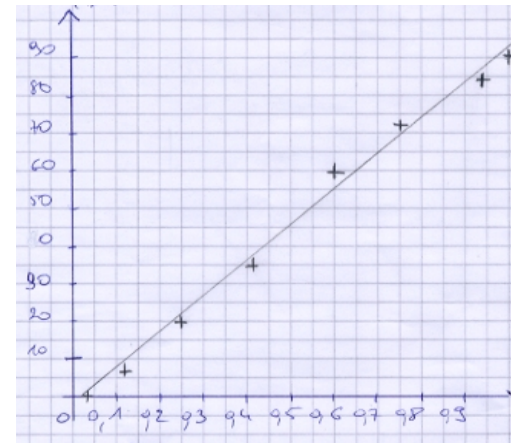
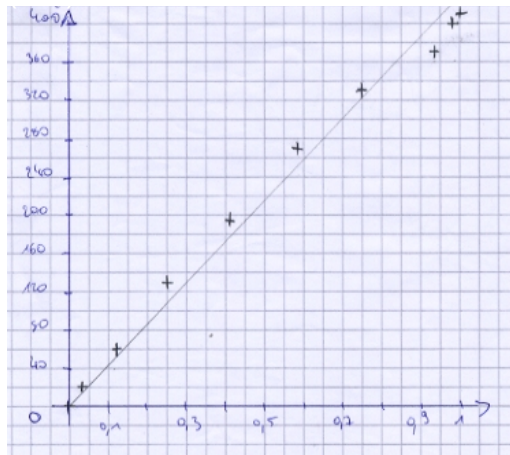
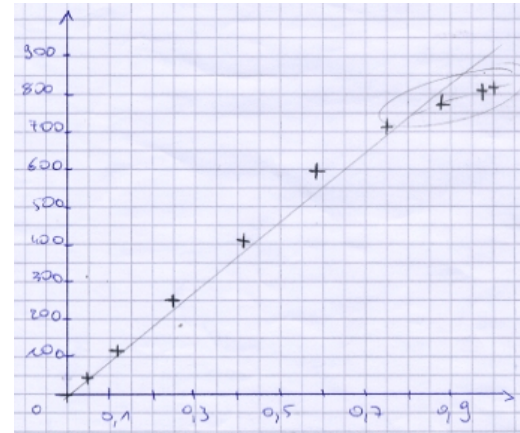
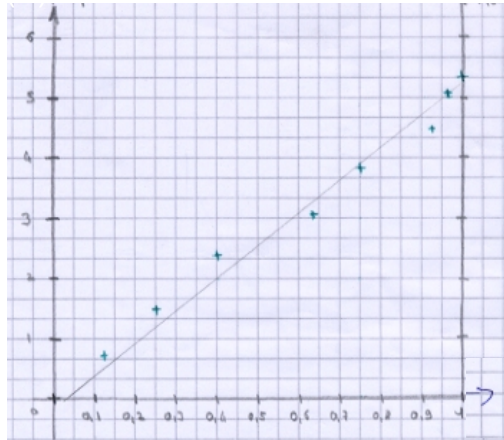
photodiode

## II. Protocole expérimental – Montage 1



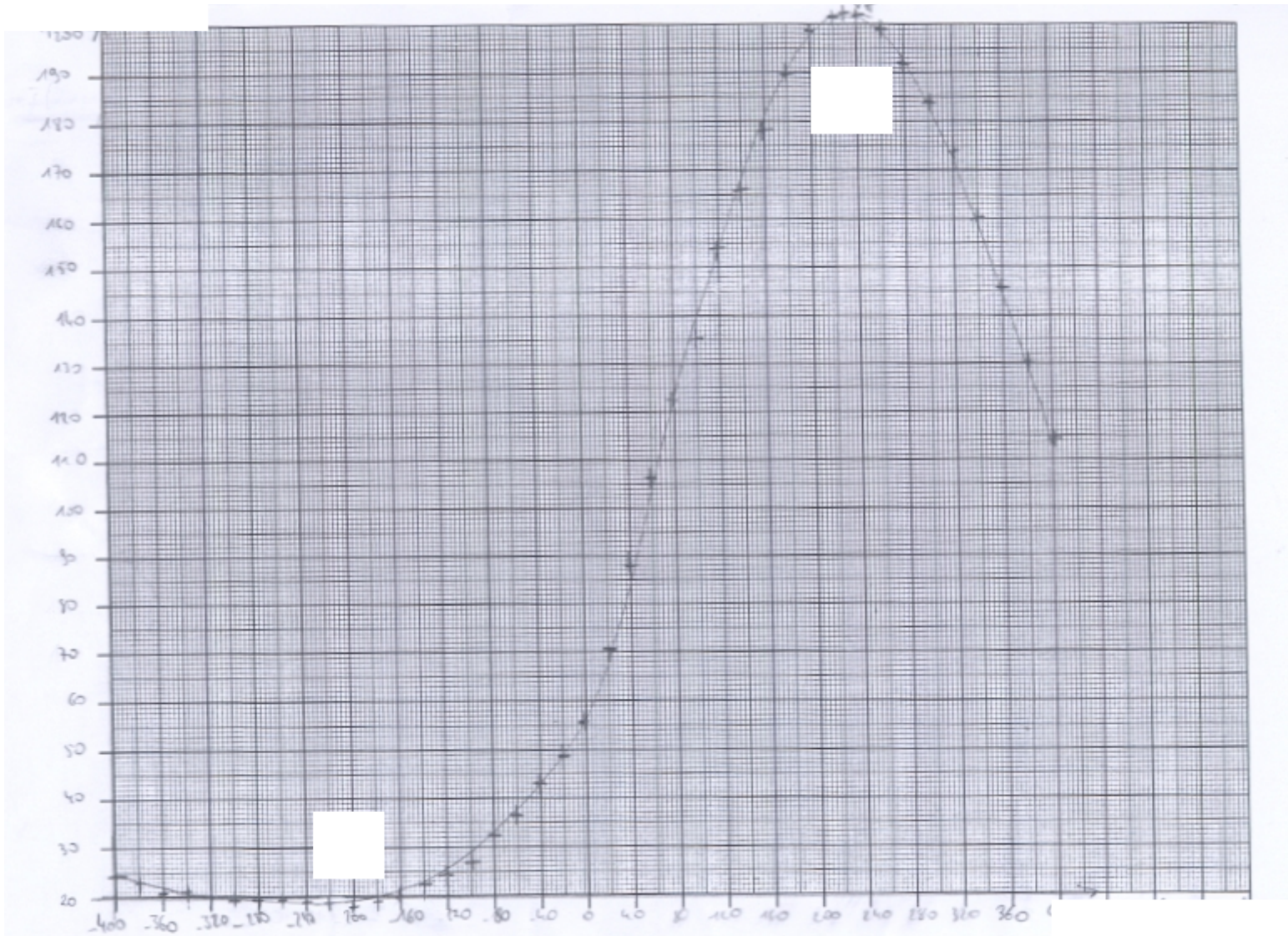
- Réglages de la cellule de Pockels, avec axes principaux à  $45^\circ$  des polariseurs E/S .
- Traçé des courbes tension / intensité de la photodiode, pour différentes atténuations,
- Traçé de la courbe intensité / tension de la cellule de Pockels.

# II. Protocole expérimental – Photodiode

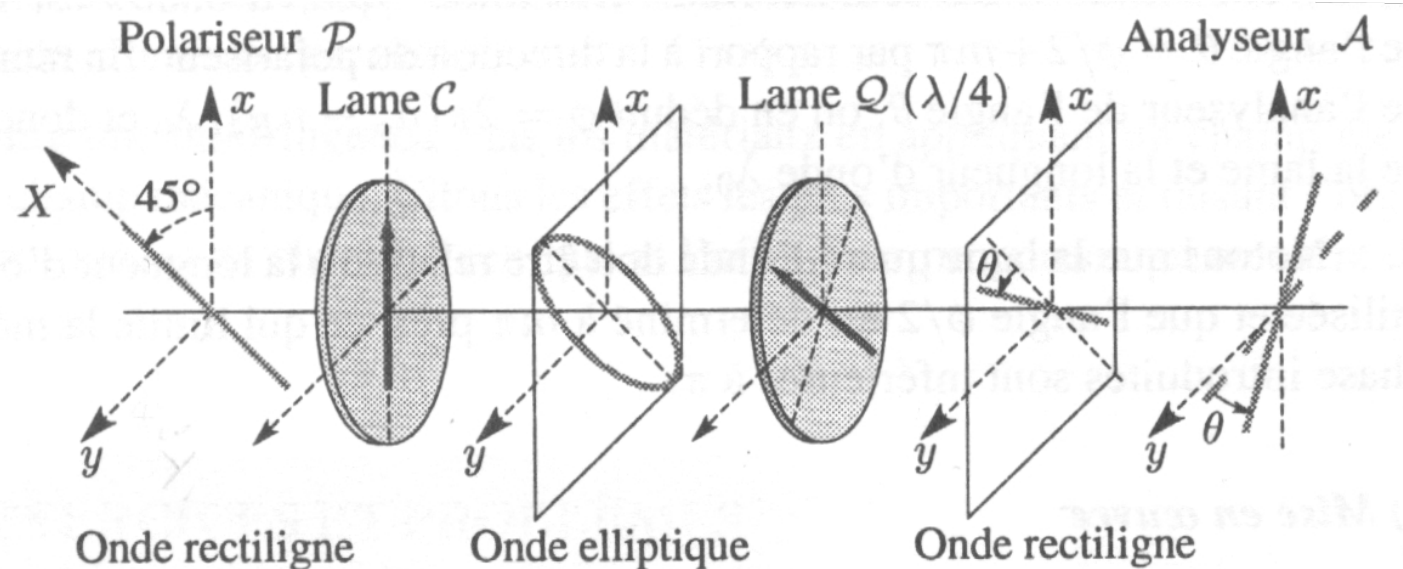




## II. Protocole expérimental – Pockels



## II. Protocole expérimental – Montage 2

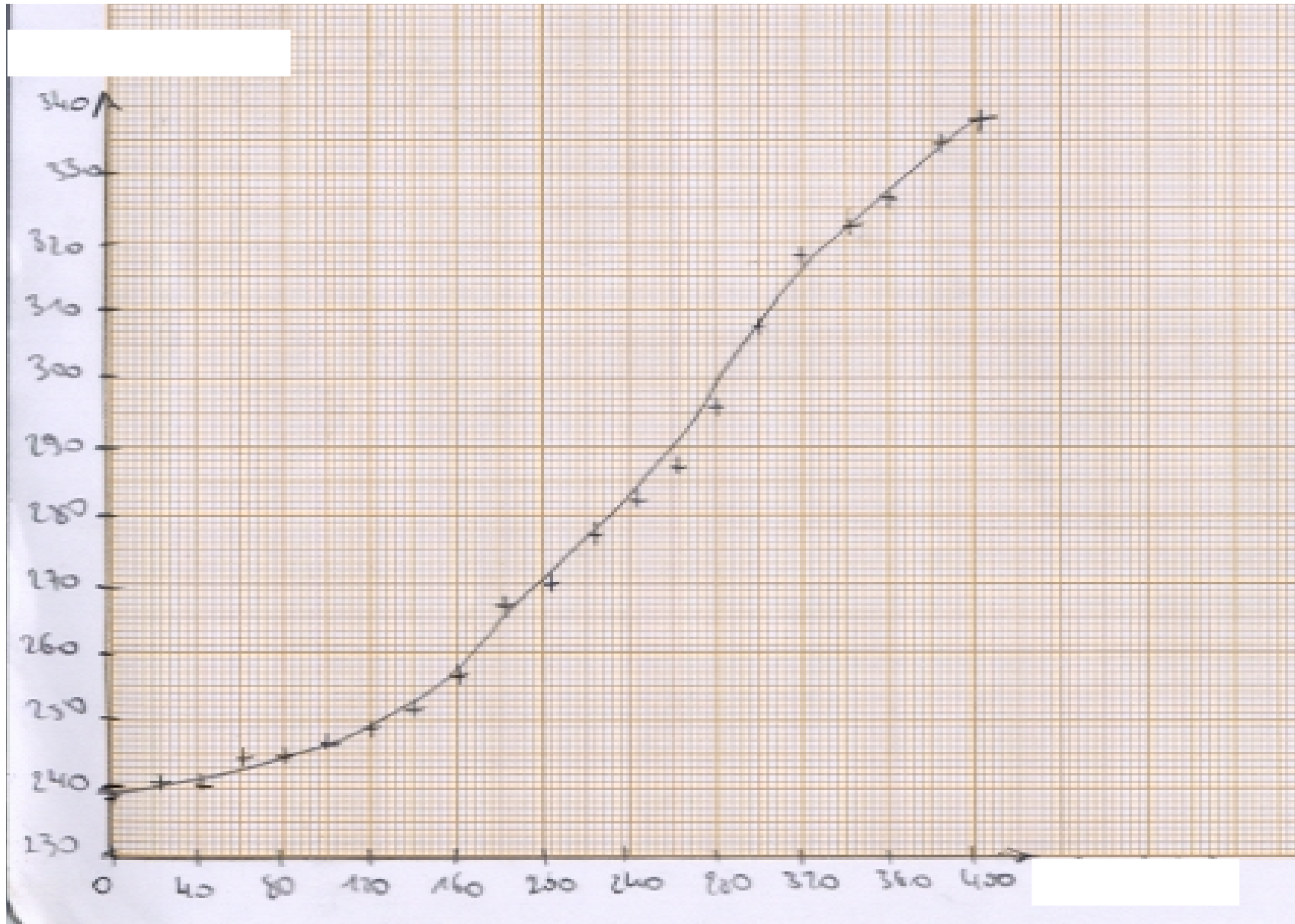


L'ensemble polariseur – Pockels – analyseur reste inchangé. A la sortie de la Pockels, on rajoute une lame  $\lambda/4$ , orientée suivant les axes du polariseur / analyseur.

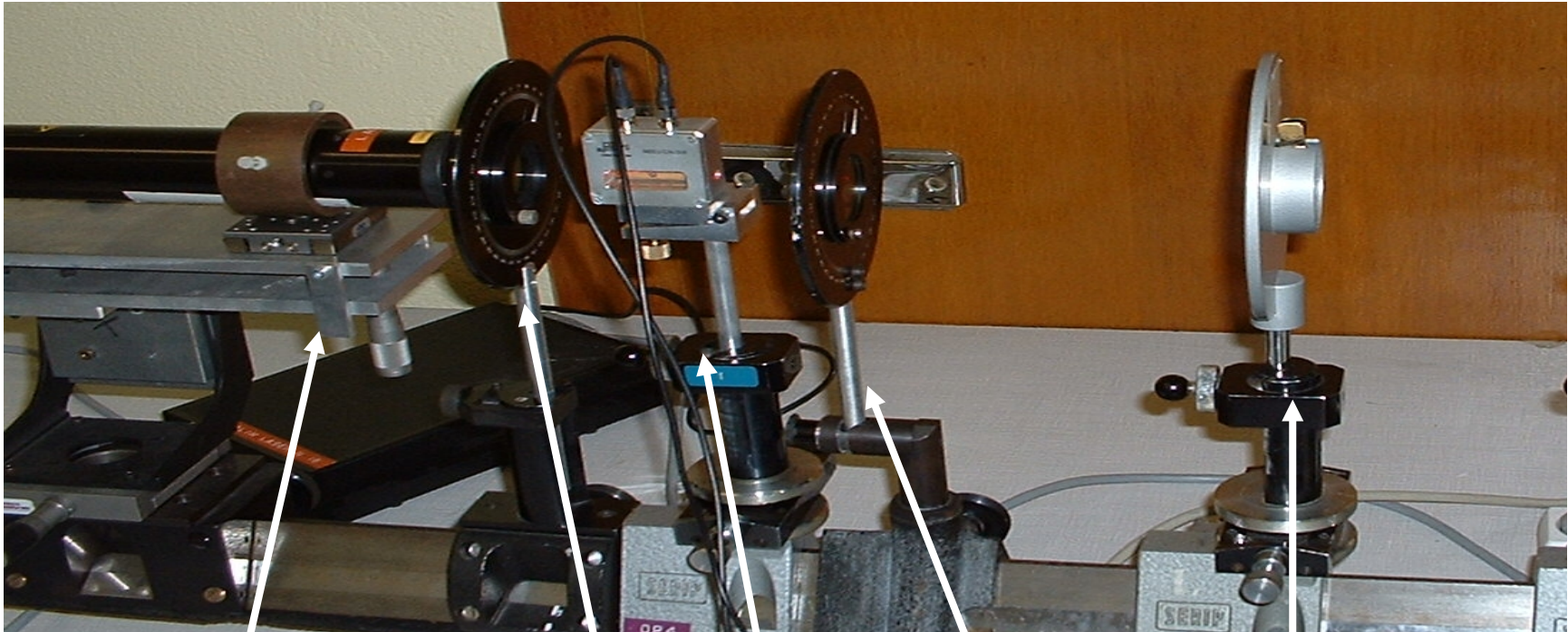
=> polarisation elliptique devient rectiligne, incliné d'un angle  $\theta$  par rapport au polariseur. L'angle est relié au déphasage entre les ondes ordinaire et extraordinaire.

A l'aide d'un troisième atténuateur, on cherche à éteindre cette vibration (à  $\pi$  près). Le déphasage étant proportionnel à la tension appliquée, on devrait obtenir une droite.

## II. Protocole expérimental – Pockels



## II. Protocole expérimental – Transmission signal

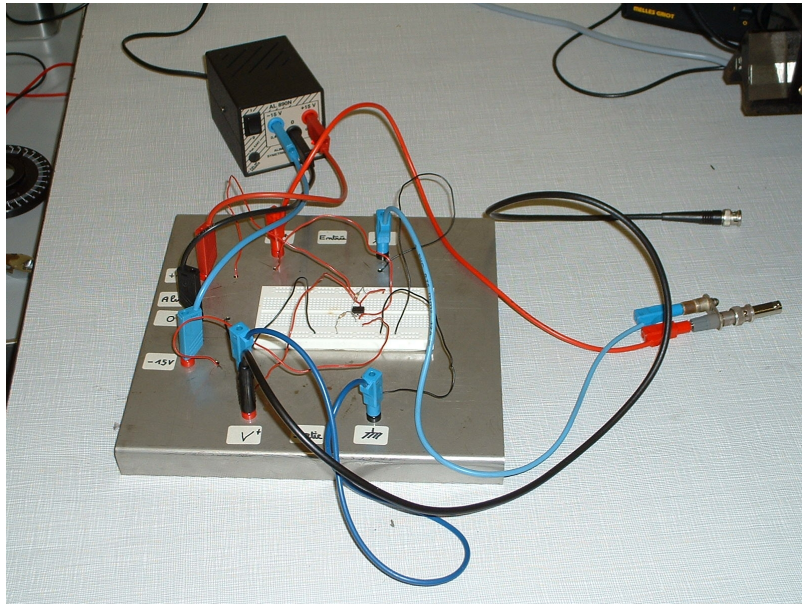


Le principe reste identique aux précédents montages, à savoir, les mesures des variations d'une intensité lumineuse. Cependant, il faut régler le montage de telle sorte que la transmission du signal soit optimale (bruit, bande passante).

On choisit un point de fonctionnement tel que l'ensemble du montage ait une réponse linéaire: évite la déformation du signal (80V). Le GBF (ou le générateur de sons) est branché sur l'alimentation HT.

# III. Amplification, filtrage

Deux facteurs se sont révélés importants lors de l'optimisation du montage:

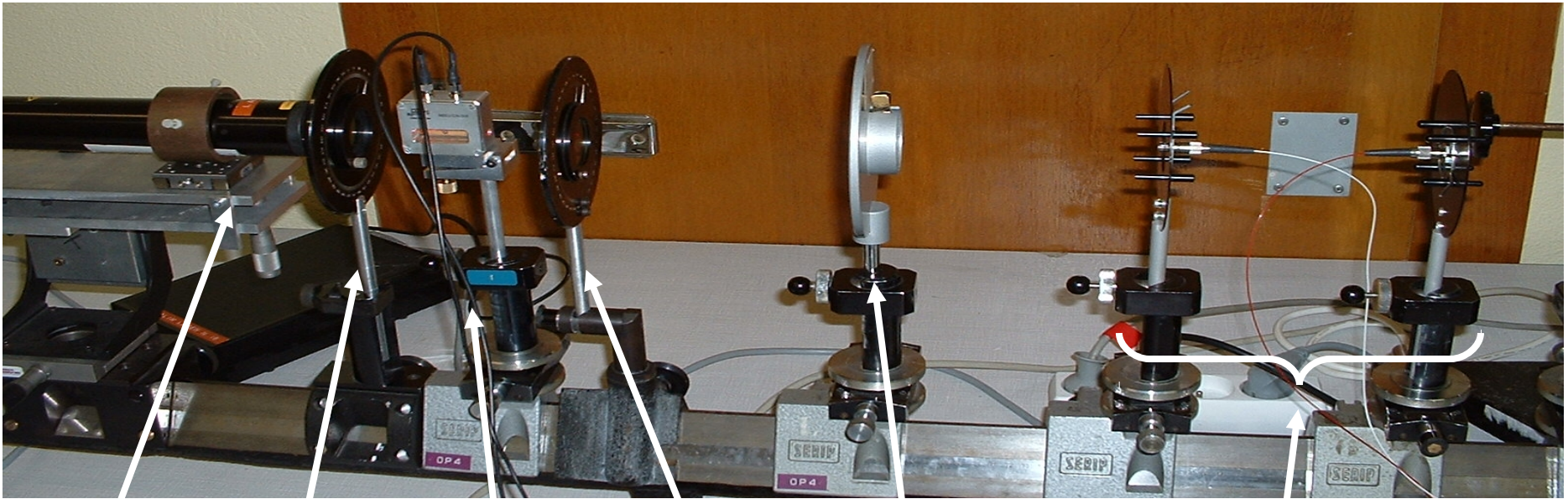


- l'**amplification** du signal de sortie, la tension délivrée étant trop faible pour un haut parleur. L'ampli op fournissait un gain de 13,5 .

- le **filtrage** du signal: réflexions parasites entre les divers éléments du montage; un diaphragme a du être utilisé afin de supprimer ces perturbations au niveau de la mesure de la photodiode.

/!\ Suivant la fréquence du signal mise en entrée du générateur HT, son gain n'était pas constant: légère déformation du signal, va jouer un rôle dans le critère de bande passante.

### III. Exploitation de la cellule de Pockels - 1

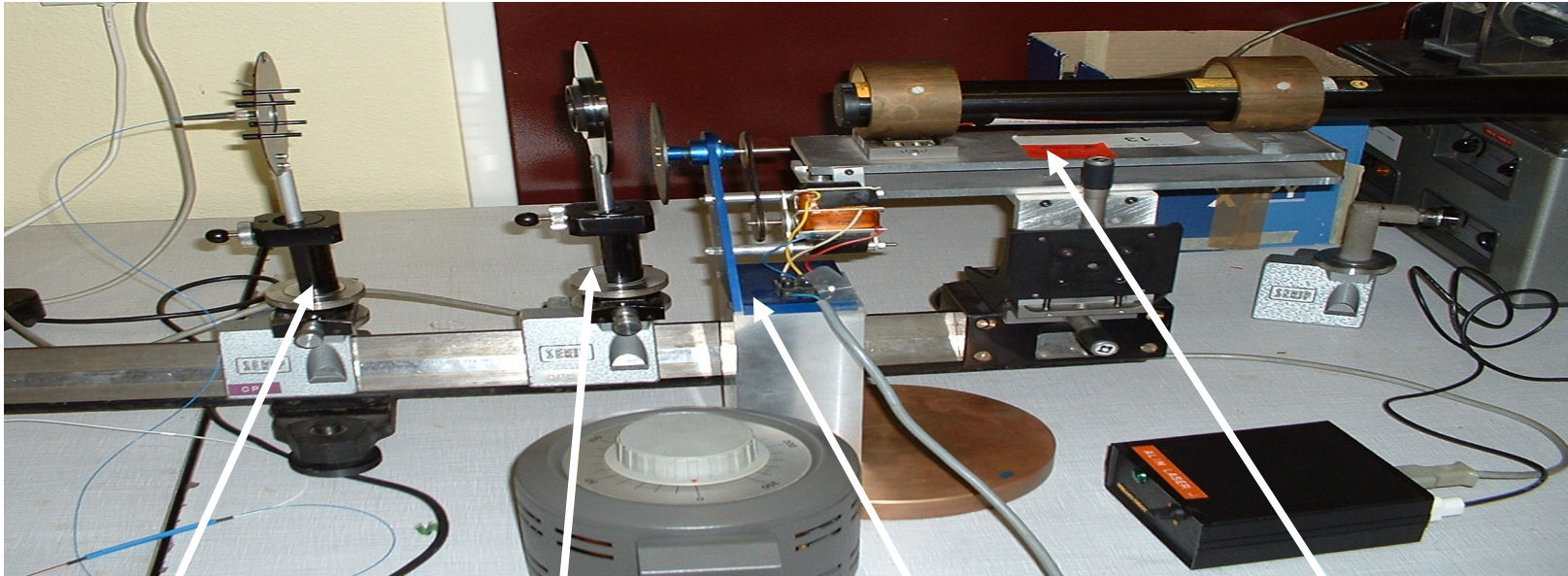


Le montage précédent est conservé, mais cette fois, nous souhaitons réaliser un multiplexage du signal transmis. On va mélanger deux ondes lumineuses de fréquence différentes portant chacune une information, grâce à une fibre optique.

Le laser rouge (633 nm), portera le signal associé au son (GBF).

Le laser vert (543 nm), sera modulé mécaniquement, par un disque tournant.

### III. Exploitation de la cellule de Pockels - 2



Les deux vibrations lumineuses sont mélangés lors de la fusion des deux fibres optiques. Le signal est donc transmis dans le même milieu, et porte chacun une information distincte: c'est un multiplexage.

A la sortie de la fibre, les deux ondes sont séparées par un prisme. Suivant sa longueur d'onde, la lumière sera différemment déviée: on récupère le signal par la photodiode, l'atténuateur n'étant pas nécessaire ici (faible intensité lumineuse).

La tension fournie par la photodiode est amplifiée, avec un gain de 50. Suivant la couleur observé, on obtient le signal du BGF, ou des "tops" réguliers, très graves, de la modulation mécanique.

## III. Conclusion

Comme on peut le constater, l'effet Pockels permet de jouer sur différentes caractéristiques d'une vibration lumineuse, sa polarisation et son intensité, de manière contrôlée.

Son temps de réponse très court, de l'ordre de la picoseconde, offre une bande passante théorique de l'ordre du Téra-Hertz, bien au delà des capacités des appareils électriques actuels. Ce sont ces appareils qui se retrouvent être les facteurs limitants lors de la transmission du signal.