

TRAVAIL PRATIQUE No. 6:

Polarisation

1 But de l'expérience

L'objectif de cette manipulation est de

1. comprendre les phénomènes de bases associés à la polarisation de la lumière,
2. effectuer des mesures de différents états de polarisation de la lumière
3. manipuler la polarisation et créer des états de polarisation circulaire et elliptique,
4. comprendre comment on peut analyser une polarisation inconnue.



2. Matériel et instrumentation

- | | |
|---|---|
| <ul style="list-style-type: none">• Rail pour montage optique et divers supports• Source (LED blanche, lentille)• Radiomètre et lentille concentratrice | <ul style="list-style-type: none">• Divers polariseurs (polaroïds) réglable en angle• 2 lames $\frac{1}{4}$ d'onde réglable en angle• 1 lame $\frac{1}{2}$ onde réglable en angle |
|---|---|

3. Procédure

1. Faites l'inventaire de tout le matériel mis à disposition.
2. Monter la source, ajuster la position du radiomètre, ajuster la position de la lentille devant la source et celle de la grande lentille (devant le radiomètre) pour maximiser le gain du radiomètre.
3. Poser un premier **polariseur** devant la source.
 - Vérifier si l'intensité mesurée est indépendante de l'angle du polariseur. Quelle conclusion en tire-t-on sur l'état de polarisation de la source ?
 - Noter la diminution d'intensité. En effet, on doit constater que les polariseurs à disposition filtrent à priori une partie de l'intensité lumineuse et provoquent une atténuation d'environ 20 à 40% (selon les types et éléments à disposition – ancien ou récent) **en plus** de la diminution d'intensité due à la sélection de la polarisation rectiligne.
 - Evaluer donc et noter pour chaque polariseur à disposition cette atténuation non-associée à la fonction de polarisation.
4. Poser un deuxième polariseur, à la suite du premier, qu'on appellera **analyseur**.
 - Vérifier la loi de Malus et en particulier l'extinction quand l'angle est à 90° par rapport au polariseur. Enregistrer les résultats sous la forme d'un tableau (Excel ou Matlab) en fonction de l'angle de l'analyseur (avec des pas de 10 ou 15°) et les présenter sous la forme d'un **diagramme polaire sur 360°** .
 - Décrire la mesure, le rapport entre maximum et minimum mesurable, comparer avec un calcul utilisant la loi de Malus en tenant compte aussi de l'atténuation "naturelle" des polariseurs à disposition, et inclure dans les considérations le rapport signal/bruit (est-ce que la lumière ambiante affecte trop la mesure ? Si c'est le cas il conviendra de la répéter dans les meilleures conditions possibles).
5. Laisser l'analyseur à 90° par rapport au polariseur: vérifier que l'extinction est (quasiment) totale. Insérer un autre (troisième) polariseur **devant l'analyseur** (donc entre les deux polariseurs montés précédemment). Vérifier que pour selon l'angle de ce polariseur **intermédiaire** l'extinction n'a plus lieu et que de la lumière arrive au radiomètre. Mesurer cette intensité en fonction de l'**angle** du polariseur intermédiaire.
 - Ensuite, durant l'analyse et l'interprétation, comparer la variation de l'intensité avec un calcul utilisant la loi de Malus. Ici aussi, tenir compte de l'atténuation "naturelle" des polariseurs à disposition.
6. Régler l'angle du premier polariseur à 0° . Enlever le polariseur intermédiaire et insérer à sa place la lame $\frac{1}{2}$ -onde. Une lame $\frac{1}{2}$ -onde transforme une polarisation rectiligne en une autre polarisation rectiligne, symétrique par rapport à l'axe rapide de la lame (ici à 0°).
 - Vérifiez, en notant quelques cas, que si l'axe optique (rapide) de la lame fait un angle α par rapport à la polarisation entrante, la polarisation transmise fait 2α par rapport à la direction originelle.
 - Vérifier cet effet avec l'analyseur et, ensuite, le justifier par la théorie. Attendez-vous à que les mesures ne correspondent pas exactement au cas théorique d'une lame demi-onde. En effet comme la lumière n'est pas monochromatique la lame (dont la longueur

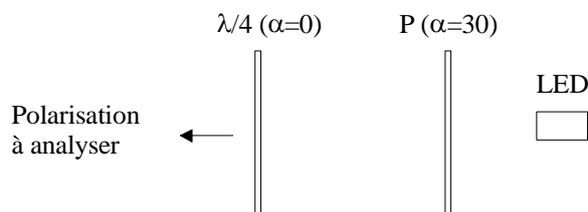
d'onde de référence est d'environ 560 nm) ne causera pas un retard de phase constant et égal à toute la lumière blanche qui la traverse.

En conséquence la polarisation résultante sera légèrement elliptique, comme peut être vérifié en remarquant que l'extinction n'est pas totale à 90° de l'angle 2α .

- Pour comprendre l'action de la lame et la transformation d'une polarisation rectiligne en elliptique, il est utile de se rappeler qu'une polarisation rectiligne peut toujours comme la somme vectorielle de deux polarisations, dont une sera plus affectée que l'autre d'un retard de phase par la lame. L'effet de ce retard de phase est bien visualisé dans l'applet:

http://webphysics.davidson.edu/physlet_resources/dav_optics/Examples/polarization.html

7. Enlever la lame $\frac{1}{2}$ -onde. Régler l'angle du premier polariseur à 0° . Insérer à sa suite une lame $\frac{1}{4}$ -onde réglable, qui doit produire une polarisation elliptique en fonction de l'angle de son axe rapide par rapport à celui du polariseur. Vérifier cela avec un angle de votre choix.
8. Régler ensuite l'angle de la lame $\frac{1}{4}$ -onde afin d'obtenir, en principe, une polarisation circulaire.
 - Vérifier cet effet avec l'analyseur: l'intensité doit être sensiblement la même dans toutes les directions.
 - Poser une deuxième lame $\frac{1}{4}$ -onde après la première. Montrer qu'on peut ainsi obtenir à nouveau une polarisation rectiligne.
9. **Analyse d'une polarisation inconnue.** Strictement selon les conclusions du point 3 ci-haut, on pouvait déduire que notre source de lumière était soit non-polarisée, soit à polarisation circulaire.
 - Démontrer donc rigoureusement, en suivant les procédures illustrées dans l'annexe A, que notre source de départ (la LED) est effectivement non-polarisée.
10. Créer une source à polarisation elliptique (que l'on supposera inconnue) en réglant le polariseur sur un angle *approximatif* entre 20° et 30° sur la verticale et en plaçant juste après la polariseur une lame $\frac{1}{4}$ -onde à 0° :



- Démontrer, en suivant les procédures illustrées dans les annexes A et B, que notre source ainsi construite (qui est donc formée par la LED, le polariseur et la lame $\frac{1}{4}$ -onde) est effectivement polarisée elliptiquement.
 - Ensuite en déterminer les axes de l'ellipse et le sens de rotation.
12. A la fin, rangez svp tout les composants utilisés et **remettez tout le matériel de la manip dans l'état avant son début.**

4. Rapport

Le rapport doit inclure :

- La description de toutes les configurations testées: sources, position et angle des polariseurs et lames de retard, etc., avec les schémas, photos à l'appui bienvenues.
- Toutes les vérifications, ajustements, analyses, calculs effectués pour **répondre aux questions posées**. Dans beaucoup de cas les résultats de mesure il conviendra de présenter les résultats par des diagrammes polaires sur 360 degrés.
- Vos conclusions et suggestions.

5. Distribution du travail

Ce TP sera généralement réalisé en équipe de 2 ou 3 personnes.

Chaque groupe est évidemment libre de s'organiser: si le groupe est constitué de 3 personnes on suggère que :

- au moins une personne se dédie déjà durant la manip aux calculs théoriques de support et compréhension des résultats trouvés;
- au moins une personne vérifie que toute la procédure est entièrement et bien suivie et prene des notes sur les configurations d'essais et des croquis exhaustifs durant la manip;
- au moins une personne soigne particulièrement le montage et les mesures, prene des photos, etc..

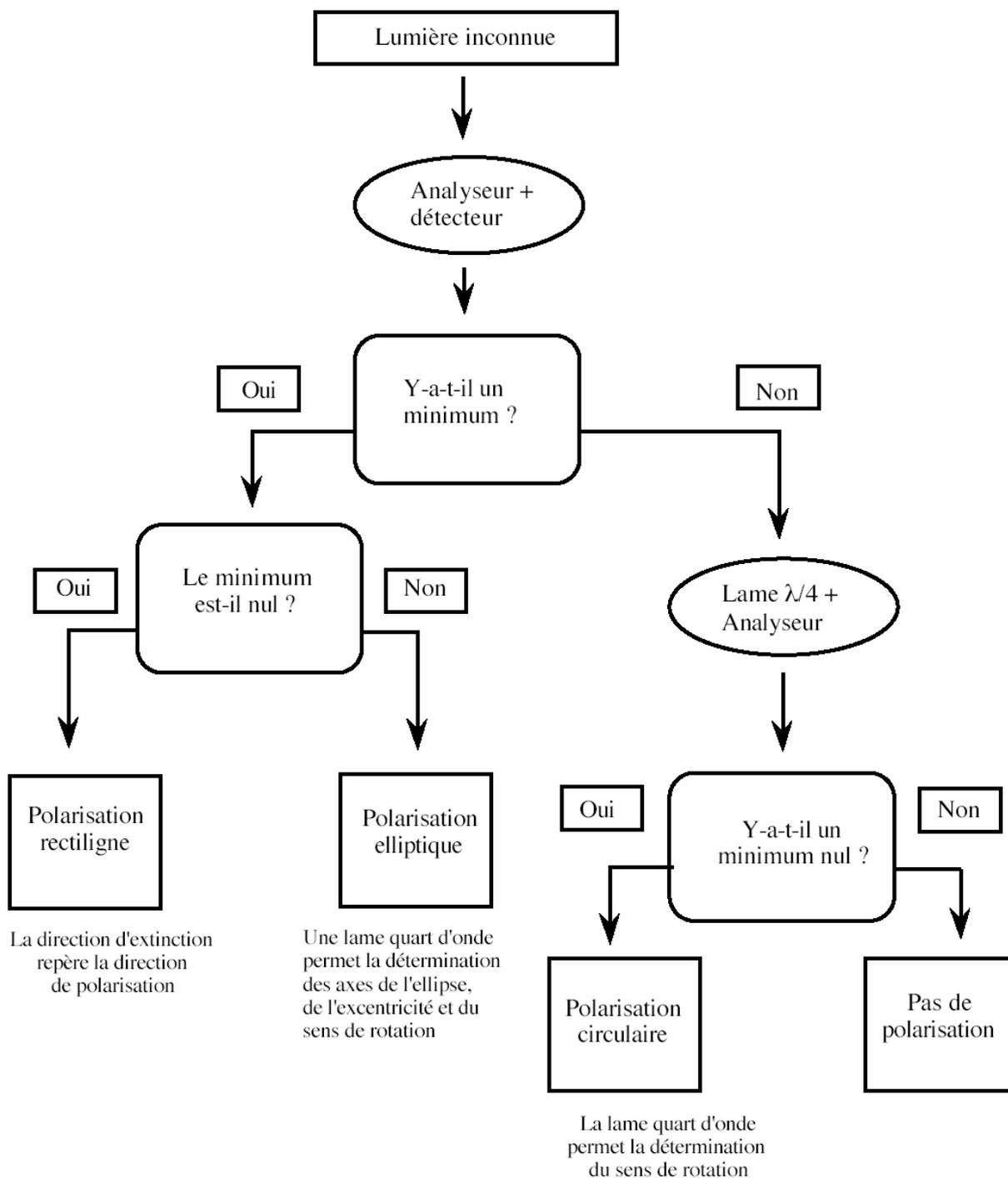
Le rapport peut être rédigé en se partageant le travail mais il devra être revu et corrigé avant livraison par tous les membres.

Il est en tout cas primordial que **tous les membres de l'équipe maîtrisent tous les aspects**, à la fois pratique et théoriques, de la manip.

On rappelle que les tests de contrôle continu ainsi que l'examen final d'optique incluront des questions en rapport avec les TP effectués.

Annexe A

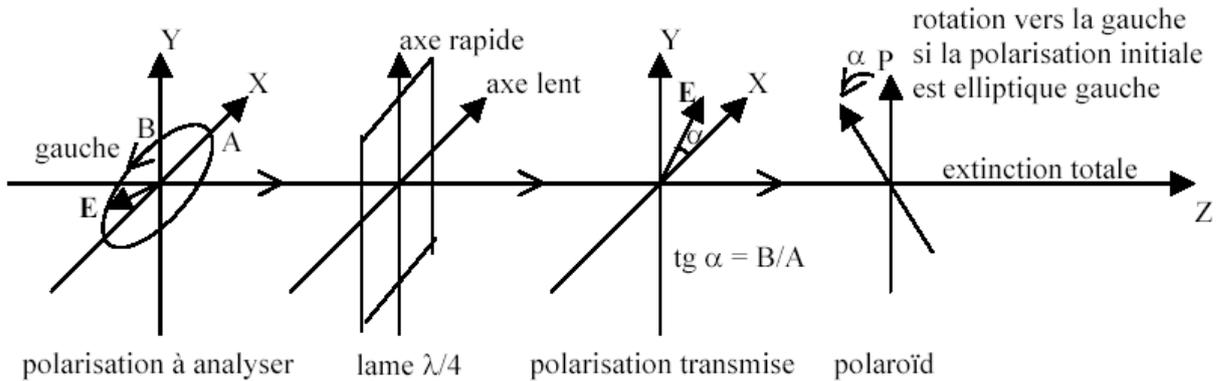
Analyse d'une polarisation inconnue



Annexe B

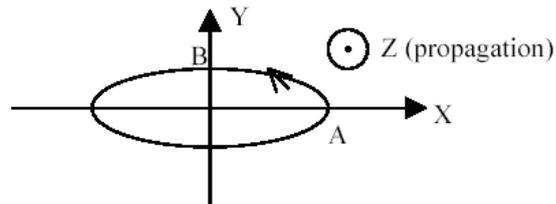
Analyse d'une polarisation elliptique par la méthode de la lame $\lambda/4$

Schéma du montage :



Hypothèse : Polarisation incidente elliptique gauche, de degré d'ellipticité B/A ($B < A$), X = grand axe, Y = petit axe :

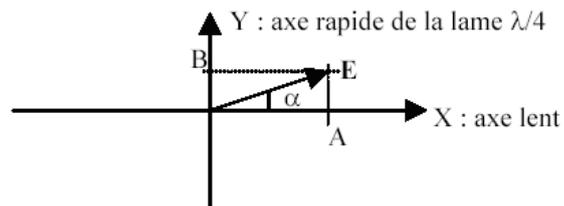
$$\begin{cases} E_x = A \cos \omega t \\ E_y = B \sin \omega t \end{cases}$$



- 1) On repère le petit axe (Y) avec un polaroïd P : $P // Y$
- 2) On remplace le polaroïd par une lame $\lambda/4$ telle que son axe rapide est $// Y$, petit axe de l'ellipse. La composante Y du champ transmis par la lame est alors avancée de $\pi/2$ par rapport à la composante E_x :

$$\begin{cases} E_x = A \cos \omega t \\ E_y = B \sin (\omega t + \pi/2) = B \cos \omega t. \end{cases}$$

La polarisation transmise par la lame $\lambda/4$ est donc rectiligne.



En d'autres mots, une onde entrante elliptique dont les axes de l'ellipse coïncident avec les axes de la lame donne une onde sortante rectiligne.

- 3) On remet le polaroïd P (orienté dans la direction Y, comme la lame) derrière la lame $\lambda/4$.
En tournant P d'un angle $\alpha (< \pi/2)$ on obtient l'extinction totale de la lumière transmise.

Ceci montre sans ambiguïté que la polarisation initiale était bien elliptique totale. La mesure de α donne le degré d'ellipticité $\text{tg } \alpha = B/A$.

Le sens de rotation du polaroïd donne le sens de rotation de la polarisation elliptique initiale. En pratique le sens de rotation de l'ellipse correspond au sens de rotation de l'analyseur pour retrouver le minimum d'extinction une fois que la lame $\lambda/4$ a été insérée. (voir la figure à la page suivante)

