

Table des matières

1	Objectifs et messages de l'expérience	1
2	Utilisation dans un montage	1
3	Quelle(s) grandeur(s) va-t-on mesurer ?	1
4	Éléments théoriques de l'expérience	1
5	Schéma de l'expérience et protocole à mettre en œuvre	2
5.1	Schéma de l'expérience.	2
5.2	Protocole pour la mesure d'ellipticité	2
5.3	Protocole pour la mesure de biréfringence.	3
6	Résultats obtenus et traitement des incertitudes	3
7	Analyse critique des résultats et interprétation	3
8	Subtilités de l'expérience et astuces	3
9	Bibliographie utile pour l'expérience	3

1 Objectifs et messages de l'expérience

- ▷ Analyse d'une lumière polarisée
- ▷ Utilisation de lames à retard
- ▷ Méthode de la lame quart d'onde

2 Utilisation dans un montage

- ▷ MP 27 : Polarisation des ondes électromagnétiques.

3 Quelle(s) grandeur(s) va-t-on mesurer ?

- ▷ L'ellipticité d'une polarisation elliptique
- ▷ Biréfringence d'une lame inconnue

4 Éléments théoriques de l'expérience

Lorsqu'une onde passe à travers une lame biréfringente, elle acquiert un déphasage entre les deux axes neutres de la lame valant $\phi = \frac{2\pi\Delta ne}{\lambda}$, avec e l'épaisseur de la lame et Δn la biréfringence de la lame.

Ce déphasage dépend de l'épaisseur de la lame et de la longueur d'onde. Ceci permet donc de tailler des lames imposant un déphasage $\phi = \pi/2$ (lame quart d'onde) ou un déphasage de $\phi = \pi$ (lame demi onde) pour une longueur d'onde donnée.

L'utilisation de ces lames, conjointement à des polariseurs, permet ainsi d'obtenir toute sorte d'ondes polarisées. En particulier, la lame quart d'onde permet de passer d'une polarisation rectiligne à une polarisation elliptique (ou dans un cas particulier circulaire) d'ellipticité connue, et permet l'analyse de la polarisation d'une onde inconnue.

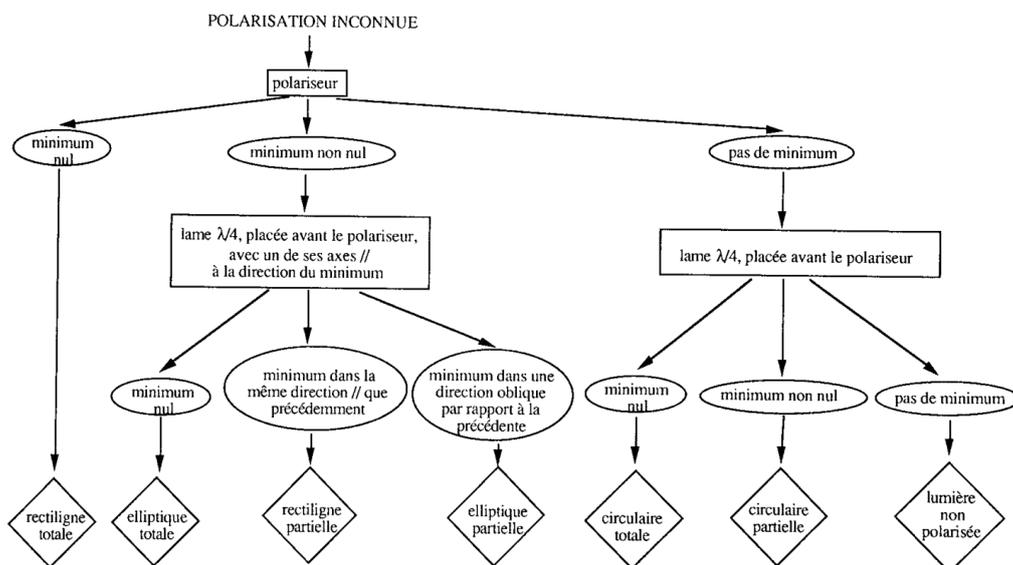


Fig. 1 – Protocole complet d'analyse d'une lumière. Les carrés symbolisent un élément ajouté sur le trajet de la lumière. Les ellipses symbolisent les observations. Les losanges symbolisent la conclusion sur le type de polarisation.

5 Schéma de l'expérience et protocole à mettre en œuvre

5.1 Schéma de l'expérience

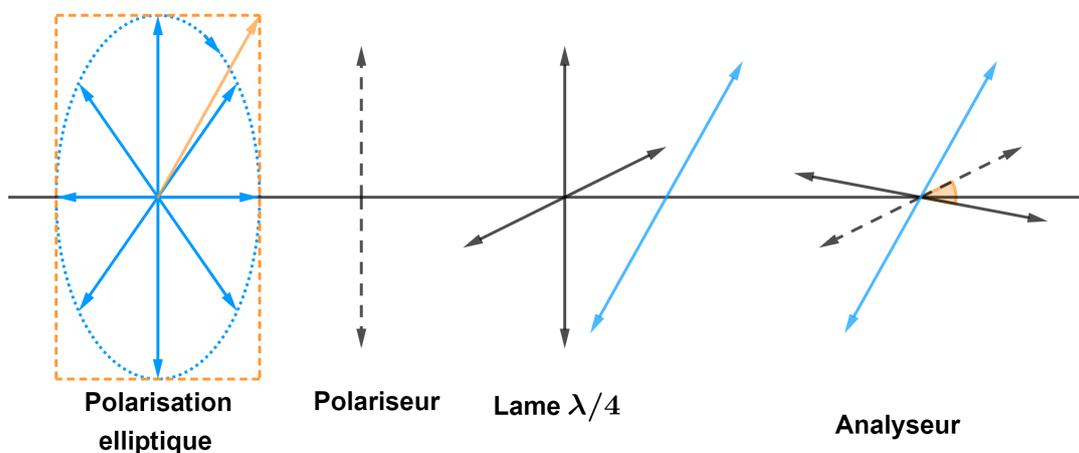


Fig. 2 – Schéma simplifié de l'expérience d'analyse d'ellipticité.

5.2 Protocole pour la mesure d'ellipticité

- ▷ Créer une lumière elliptique (polariseur suivi d'une lame quart d'onde tournée d'un angle α)
- ▷ Placer sur la banc après la lumière elliptique l'analyseur et chercher le minimum d'intensité (correspondant au petit axe de l'ellipse).
- ▷ Placer le polariseur croisé avec l'analyseur (il se trouve selon le grand axe de l'ellipse).
- ▷ Placer une lame quart d'onde entre le polariseur et l'analyseur et chercher ses lignes neutres. S'il est indiqué sur la lame, placer l'axe lent selon l'axe du polariseur (selon le grand axe de l'ellipse).
- ▷ Retirer le polariseur. L'extinction disparaît alors.
- ▷ Tourner l'analyseur d'un angle α inférieur à $\pi/2$ pour retrouver l'extinction. Cet angle correspond à l'ellipticité de la polarisation.

Si la lame quart d'onde a été placée avec son axe lent selon le grand axe de l'ellipse, le signe de l'angle permet de distinguer une polarisation elliptique droite et gauche.

5.3 Protocole pour la mesure de biréfringence

- ▷ Placer polariseur et analyseur croisés sur le banc optique
- ▷ Placer la lame inconnue entre le polariseur et l'analyseur et chercher ses axes neutres en retrouvant l'extinction
- ▷ Placer la lame quart d'onde entre la lame inconnue et l'analyseur et chercher ses lignes neutres en retrouvant l'extinction
- ▷ Tourner la lame inconnue de 45° , l'extinction disparaît alors.
- ▷ Tourner l'analyseur d'un angle α inférieur à $\pi/2$. Le déphasage entre les deux polarisations introduite par la lame inconnue vaut $\phi = 2k\pi \pm 2\alpha = \frac{4\pi\Delta n}{\lambda}$. On trouve donc que la biréfringence de la lame vaut
$$\Delta n = \frac{\lambda}{4\pi e}(k\pi \pm 2\alpha).$$

6 Résultats obtenus et traitement des incertitudes

- ▷ L'incertitude sur l'angle est estimée par les graduations de l'analyseur.
- ▷ L'incertitude sur la biréfringence est donnée par
$$u(\Delta n) = \Delta n \sqrt{\left(\frac{u(\theta)}{\theta}\right)^2 + \left(\frac{u(\lambda)}{\lambda}\right)^2 + \left(\frac{u(e)}{e}\right)^2}.$$

7 Analyse critique des résultats et interprétation

- ▷ L'application de la méthode de la lame quart d'onde sur une polarisation elliptique d'ellipticité connue est bien pour montrer la méthode, mais il serait plus judicieux de le faire pour une lame inconnue (de quartz par exemple) et de remonter à la biréfringence de la lame pour pouvoir comparer la mesure à des valeurs tabulées).

8 Subtilités de l'expérience et astuces

- ▷ En théorie, les lames à retard sont calibrées pour une longueur d'onde donnée (parfois deux). Il faut donc se placer en lumière monochromatique, à la longueur d'onde indiquée sur la lame. En pratique, l'indice optique varie peu avec la longueur d'onde pour ces lames, il est donc possible de se placer à une longueur d'onde proche de celle indiquée, sans avoir besoin d'être exactement à cette longueur d'onde. → Il faut donc utiliser un laser et une lame adaptée, ou une lampe QI/spectrale avec un filtre (interférenciel de préférence).
- ▷ Si les graduations sont plus précises sur l'un des deux polariseurs, l'utiliser comme analyseur car c'est sur ce dernier que sont lus les angles.

9 Bibliographie utile pour l'expérience

- ▷ Énoncé de TP de l'ENS Paris-Saclay : Propriétés de polarisation de la lumière, ellipsométrie.
<https://enspsp.gitlab.io/pensps-static/formations/premiereannee/doctelechargeables/10Ellipsometrie.pdf>