Lumière polarisée

L'objectif de ce TP est de produire, analyser et manipuler de la lumière polarisée. Pour cela nous commencerons par produire de la lumière polarisée puis nous la manipulerons à l'aide de lames à retard. Enfin, dans une dernière partie nous verrons comment déterminer l'état de polarisation d'une lumière inconnue.

. . . .

I) Lumière polarisée

1°) Rappels

i. une radiation

La lumière n'est qu'une onde électromagnétique $(\vec{E},\vec{B})$ se propageant dans des milieux plus ou moins transparents d'indice optique plus ou moins élevé. Ces ondes électromagnétiques, sauf cas très particulier, sont des ondes transverses.

Ainsi, en notant Oz la direction de propagation, une onde s'écrit $\vec{E}(z,t) = E_0\,\cos(\omega\,t - k\,z + \varphi)\,\vec{u}$ où $\vec{u}$ est la direction de polarisation.

ii. lumière naturelle

Les sources naturelles de lumière (donc PAS les laser) sont constituées d'un grand nombre de molécules réparties de manière désordonnée et émettant à des dates aléatoires des radiations. Autrement dit, entre les différents points sources, il n'y a aucune cohérence : les déphasages φ dépendent du point source et c'est ce qui limite les phénomènes d'interférence et de diffraction. Mais il n'y a pas non plus de cohérence entre les différentes direction de polarisation $\vec{u}$. Ainsi, parce que chaque train d'onde est polarisé de manière aléatoire (le plus souvent elliptique) la lumière naturelle est dite **non polarisée**.

Cette lumière non polarisée peut alors se représenter de deux façons :

➜ une superposition de deux ondes polarisées rectilignement selon deux directions perpendiculaires (Ox et Oy) :

$$\vec{E} = E_{0x}(t)\,\cos(\omega\,t - k\,z + \varphi_x(t))\,\vec{u}_x + E_{0y}(t)\,\cos(\omega\,t - k\,z + \varphi_y(t))\,\vec{u}_y$$

où $\varphi_x(t)$ et $\varphi_y(t)$ prennent des valeurs aléatoires suivant le train d'onde et où $\langle {E_{0x}}^2\rangle = \langle {E_{0y}}^2\rangle$ pour des raisons d'isotropie.

➜ une superposition de vibrations polarisée rectilignement dont la direction donnée par le vecteur $\vec{u}$ faisant un angle $\alpha(t)$ par rapport à un axe fixe (Ox par exemple) varie en fonction du train d'onde et en prenant toutes les directions possibles.

Dans la suite, nous utiliserons principalement le premier point de vue.

iii. états de polarisation d'une onde

Par convention, c'est le champ électrique qui définit l'état de polarisation d'une onde. Pour cela il faut exprimer ses composantes dans un plan transverse tel que le sens de propagation « sorte » de la représentation. Par exemple, avec une onde se dirigeant selon $+\vec{u}_z$:

$$\vec{E}(z,t) = \left|\begin{array}{l} E_{0x}\,\cos(\omega\,t - k\,z + \varphi_x) \\ E_{0y}\,\cos(\omega\,t - k\,z + \varphi_y) \end{array}\right.$$

¿? *Comment vérifier dans l'expression du champ que la lumière se dirige suivant $+\vec{u}_z$?*

¿? *Pourquoi n'avons-nous pas ici $E_{0x}(t)$ et $\varphi_x(t)$?*

Dans ces conditions, l'état de polarisation de l'onde correspond à la courbe paramétrée **à z fixé** $(E_x(t),E_y(t))$. Une onde peut donc être :

➜ rectiligne si $\Delta\varphi = \varphi_x - \varphi_y = 0$ ou π ;
➜ circulaire si $\Delta\varphi = \varphi_x - \varphi_y = \pm\dfrac{\pi}{2}$ **et** $E_{0x} = E_{0y}$;
➜ elliptique dans les autres cas.

iv. lumière polarisée

Une lumière est dite polarisée quand tous les trains d'onde sont polarisés de la même manière. Elle est alors *totalement polarisée*.

Lorsque de la lumière naturelle est superposée à de la lumière totalement polarisée, nous obtenons une lumière *partiellement polarisée*.

Dans la suite, sauf indication contraire, « lumière polarisée » fera référence à de la lumière **totalement** polarisée.

2°) Produire de la lumière polarisée

i. polarisation par lame cristalline anisotrope

Une première manière pour polariser une vibration lumineuse consiste à utiliser des lames minces fabriquées dans des matériaux anisotropes. Dans ce cas, la susceptibilité diélectrique est représentée par une matrice 3×3 pour laquelle il existe une base orthonormée directe $(\vec{u}_X,\vec{u}_Y,\vec{u}_Z)$ dans laquelle est est diagonale :

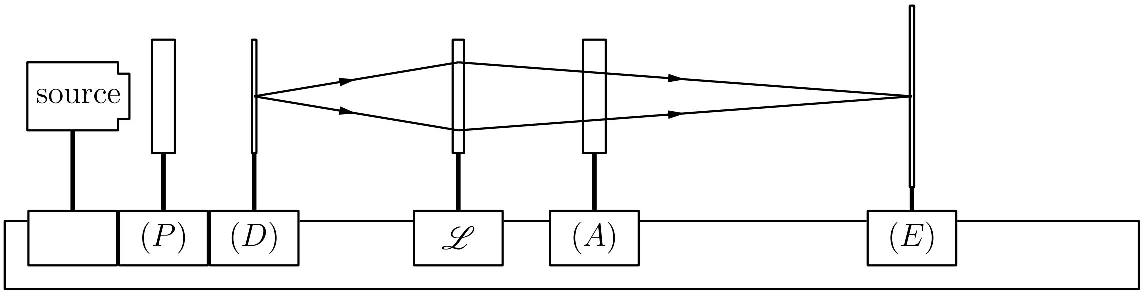
$$[\underline{\chi_{\rm e}}] = \begin{pmatrix} \underline{\chi_X} & 0 & 0 \\ 0 & \underline{\chi_Y} & 0 \\ 0 & 0 & \underline{\chi_Z} \end{pmatrix}$$

Une lame mince est taillée de telle sorte que ses faces soient parallèles au plan XOY. Nous confondrons alors, dans la suite, les axes Ox relatif à l'onde et OX relatifs à la lame. Dans ces conditions, la vibration de l'onde suivant Ox n'a pas la même vitesse de phase que celle vibrant suivant Oy. La première « voit » l'indice $\underline{n_x} = n'_x + \mathrm{i}\, n''_x$ et la deuxième « voit » $\underline{n_y} = n'_y + \mathrm{i}\, n''_y$.

Certains matériaux dits *dichroïques* sont tels que $n''_y \gg n''_x$. Elles absorbent donc beaucoup plus suivant une direction que suivant l'autre. Si l'épaisseur de la lame est suffisante, nous pouvons alors considérer qu'en sortie de celle-ci il ne reste plus qu'une seule composante. La lumière est alors totalement polarisée rectilignement. C'est la méthode que nous utiliserons en TP pour produire de la lumière polarisée.

¿? *Où avons-nous déjà rencontré un phénomène non isotrope ?*

➜ Faites le montage ci-dessous où (P) est le polariseur, (D) un diaphragme, $\mathscr{L}$ une lentille, (A) un autre polariseur (appelé « analyseur ») et (E) l'écran.



➜ Faites l'image du diaphragme sur l'écran.
➜ Tournez le polariseur et / ou l'analyseur et constatez que si leurs axes sont orthogonaux, la quantité de lumière les traversant est très petite.

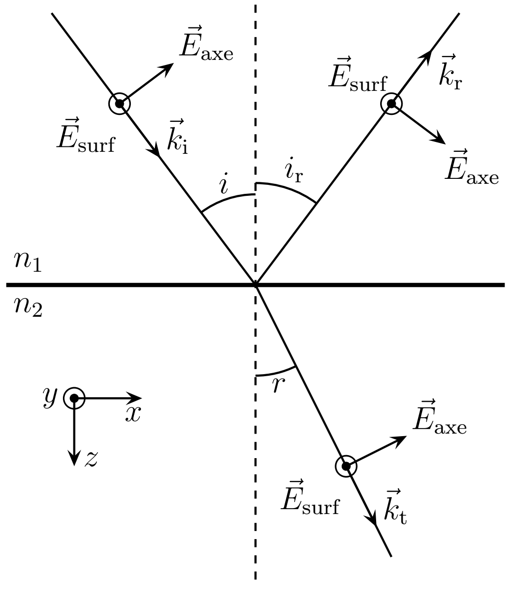
Dans le cas où un matériau anisotrope n'est pas taillé parallèlement à ses axes propres, il se passe des phénomènes un peu plus complexes et notamment l'existence d'une *double réfraction* dont l'une n'obéit pas vraiment à la loi de Snell – Descartes, ce qui est parfois un inconvénient. L'avantage est que les deux rayons ainsi séparés sont polarisés suivant deux axes orthogonaux. Nous n'utiliserons pas cette méthode pour polariser de la lumière dans ce TP mais vous pourrez vérifier l'état de polarisation de la lumière traversant le cristal de spath disponible.

ii. polarisation par réflexion vitreuse

Considérons une onde électromagnétique arrivant à la surface de séparation de deux milieux d'indice n_1 et n_2. Le champ électrique incident peut être décomposé en deux : une composante $\vec{E}_{\text{axe}}$ dans le plan d'incidence et $\vec{E}_{\text{surf}}$ parallèle à l'interface (et normale au plan d'indidence.)

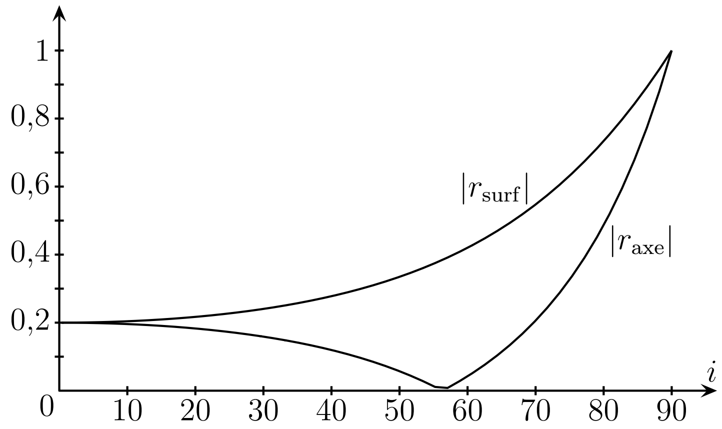
Nous pouvons alors montrer, en utilisant les relations de passage que :

$$r_{\text{axe}} = \frac{E_{\text{r,axe}}}{E_{\text{i,axe}}} = \frac{\tan(r-i)}{\tan(r+i)} \qquad \text{et} \qquad r_{\text{surf}} = \frac{E_{\text{r,surf}}}{E_{\text{i,surf}}} = \frac{\sin(r-i)}{\sin(r+i)}$$



Les courbes représentatives de $|r_{\text{surf}}|$ et $|r_{\text{axe}}|$ sont représentées ci-dessou dans le cas $n_1 = n_{\text{air}} = 1$ et $n_2 = n_{\text{verre}} = 1{,}5$.

Nous pouvons constater que nous avons toujours $|r_{\text{surf}}| > |r_{\text{axe}}|$ et qu'il existe même un angle d'incidence tel que $r_{\text{axe}} = 0$. Il s'agit de l'angle tel que $r + i = \dfrac{\pi}{2}$. C'est l'angle de Brewster.



➜ En observant un reflet sur un morceau de verre à travers un polariseur, constatez que son intensité varie sensiblement lorsque vous faites tourner l'axe du polariseur.
➜ Repérez l'axe passant du polariseur.

iii. polarisation par diffusion

En considérant un milieu LHI diffusant la lumière, les dipôles excités par la radiation incidente vont osciller dans la direction de $\vec{E}$. Ainsi dans une direction d'observation orthogonale à la direction incidente, la lumière sera polarisée rectilignement (au moins partiellement) car les dipôles ne rayonnent pas dans leur direction axiale.

➜ Si le temps le permet, observez le ciel bleu dans une direction orthogonale aux rayons lumineux arrivant sur vous directement du soleil et constatez que leur polarisation est verticale.
➜ Vérifiez par la même occasion que l'axe passant du polariseur est bien celui repéré juste avant.

iv. polariseur ou analyseur ?

Le vocabulaire « polariseur » ou « analyseur », sous-entend tout d'abord « polariseur rectiligne » et « analyseur rectiligne ». Si ce n'est pas le cas, les polariseurs sont alors appelés « polariseur *circulaire droit* » par exemple.

La différence entre polariseur et analyseur n'est que fonctionnelle car il s'agit du **même** dispositif (une lame dichroïque la plupart du temps) :

➜ le polariseur est mis en amont du montage de telle sorte que la lumière qui en sort et qui est utilisée est polarisée rectilignement.

➜ l'analyseur est mis en aval du montage de manière à déterminer si la lumière qui sort est polarisée rectilignement et dans quelle direction.

Quand les axes passant des polariseurs et analyseurs sont orthogonaux, les polariseurs et analyseurs sont dits *croisés*.

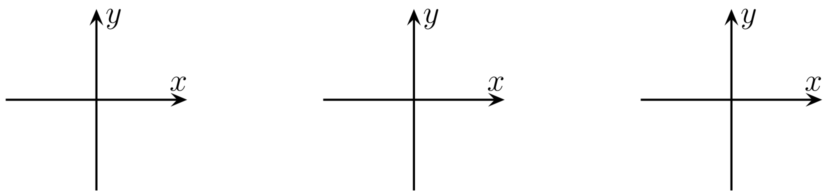
II) Manipuler de la lumière polarisée

1°) Loi de Malus

Installons sur un banc d'optique une source, un polariseur, un analyseur (c'est-à-dire un autre polariseur !) dont l'axe passant forme un angle α avec l'analyseur et un photodecteur.

➙ Dans la schématisation ci-dessous, retrouvez l'état de polarisation de la lumière juste après chaque élément et déduisez-en l'intensité correspondante.

source ⟶ polariseur axe $\vec{u}_x$ ⟶ analyseur axe $\vec{u}$ ⟶ photodiode



$I =$ $I =$ $I =$

¿? *Quelle est alors la relation entre l'intensité recçue par la photodiode et l'angle α entre les deux polariseurs ?*

2°) Lame à retard

i. présentation

Une lame à retard est fait d'un matériau biréfringent (donc anisotrope) taillé orthogonalement à un de ses axes principaux et dont l'absorbtion est relativement faible. Les indices optiques vus par les radiations sont donc différents suivant l'axe de polarisation. Nous allons considérer dans la suite que les axes principaux, appellés axes *neutres* de la lame sont les axes Ox et Oy. Notons n_x (resp n_y) l'indice optique de la radiation polarisée suivant $\vec{u}_x$ (resp. $\vec{u}_y$).

Appelons axe rapide l'axe dont l'indice est le plus faible. En supposant $n_x > n_y$, il s'agit de l'axe Oy. L'axe Ox est donc l'axe lent : la radiation polarisée suivant $\vec{u}_x$ avance plus lentement.

ii. influence sur l'onde lumineuse

Le champ électrique s'écrit, dans la base $(\vec{u}_x,\vec{u}_y,\vec{u}_z)$:

➜ avant la lame : $\vec{E} = \left| \begin{array}{l} E_{0x}\, \cos(\omega\, t - k_0\, z) \\ E_{0y}\, \cos(\omega\, t - k_0\, z + \varphi) \\ 0 \end{array} \right.$ où $k_0 = \dfrac{\omega}{c} = \dfrac{2\,\pi}{\lambda_0}$

➜ dans la lame : $\vec{E} = \left| \begin{array}{l} E_{0x}\,\cos(\omega\,t - n_x\,k_0\,z) \\ E_{0y}\,\cos(\omega\,t - n_y\,k_0\,z + \varphi) \\ 0 \end{array} \right.$

➜ à la sortie de la lame : $\vec{E} = \left| \begin{array}{l} E_{0x}\,\cos(\omega\,t - n_x\,k_0\,e) \\ E_{0y}\,\cos(\omega\,t - n_y\,k_0\,e + \varphi) \\ 0 \end{array} \right.$

➜ après la lame : $\vec{E} = \left| \begin{array}{l} E_{0x}\,\cos(\omega\,t - k_0\,(z-e) - n_x\,k_0\,e) \\ E_{0y}\,\cos(\omega\,t - k_0\,(z-e) + \varphi - n_y\,k_0\,e) \\ 0 \end{array} \right.$

Nous constatons alors que la radiation qui est passé par l'axe rapide ($\vec{u}_y$) a pris une **avance** de phase :

$$\Delta\varphi = n_x\,k_0\,e - n_y\,k_0\,e = \frac{2\,\pi}{\lambda_0}\,(n_x - n_y)\,e$$

ce qui correspond à une différence de marche $\delta = (n_x - n_y)\,e$

3°) Lame demi-onde

i. kesako ?

C'est une lame à retard taillée de telle sorte que $\Delta\varphi = \pi$. La différence de marche correspondante est $\dfrac{\lambda_0}{2}$, d'où le nom.

La définition même d'une lame demi-onde dépendant de l'indice et l'indice dépendant de la longueur d'onde, **une lame demi-onde n'est demi-onde que pour une radiation donnée.** Elle doit donc être utilisée en lumière monochromatique.

ii. effet sur une lumière polarisée rectilignement

Considérons une OPPM polarisée rectilignement selon une direction faisant un angle α avec l'axe lent de la lame (axe Ox).

➜ avant la lame : $\vec{E} = \left| \begin{array}{l} E_0\,\cos\alpha\,\cos(\omega\,t - k_0\,z) \\ E_0\,\sin\alpha\,\cos(\omega\,t - k_0\,z) \\ 0 \end{array} \right.$

➜ après la lame : $\vec{E} = \left| \begin{array}{l} E_0\,\cos\alpha\,\cos(\omega\,t - k_0\,z) \\ E_0\,\sin\alpha\,\cos(\omega\,t - k_0\,z + \pi) \\ 0 \end{array} \right. = \left| \begin{array}{l} E_0\,\cos\alpha\,\cos(\omega\,t - k_0\,z) \\ -E_0\,\sin\alpha\,\cos(\omega\,t - k_0\,z) \\ 0 \end{array} \right.$

Après la lame, l'onde est polarisée rectilignement selon une direction symétrique de la direction de polarisation de l'onde avant la lame par rapport aux lignes neutres de la lame.

iii. effet sur une lumière polarisée elliptiquement

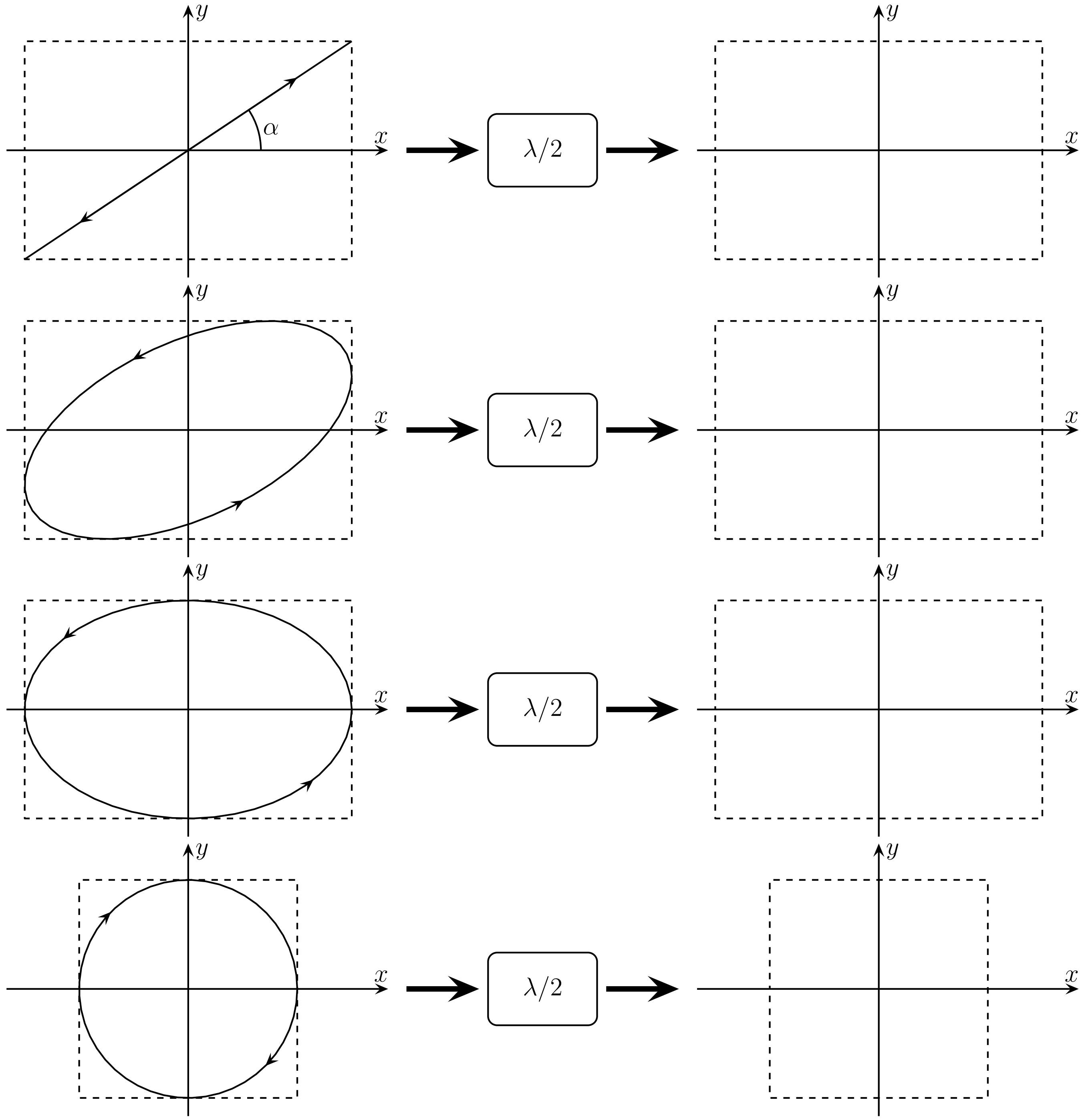
Considérons une OPPM polarisée elliptiquement.

➜ avant la lame : $\vec{E} = \left| \begin{array}{l} E_{0x} \cos(\omega t - k_0 z) \\ E_{0y} \cos(\omega t - k_0 z + \varphi) \\ 0 \end{array} \right.$

➜ après la lame : $\vec{E} = \left| \begin{array}{l} E_{0x} \cos(\omega t - k_0 z) \\ E_{0y} \cos(\omega t - k_0 z + \varphi + \pi) \\ 0 \end{array} \right. = \left| \begin{array}{l} E_{0x} \cos(\omega t - k_0 z) \\ -E_{0y} \cos(\omega t - k_0 z + \varphi) \\ 0 \end{array} \right.$

Après la lame, l'onde est toujours polarisée elliptiquement, avec la même ellipticité mais de sens différent.

iv. résumé



4°) Lame quart-onde

i. kesako ?

C'est une lame à retard taillée de telle sorte que $\Delta\varphi = \dfrac{\pi}{2}$. La différence de marche correspondante est $\dfrac{\lambda_0}{4}$, d'où le nom.

La définition même d'une lame quart-onde dépendant de l'indice et l'indice dépendant de la longueur d'onde, **une lame quart-onde n'est quart-onde que pour une radiation donnée.** Elle doit donc être utilisée en lumière monochromatique.

ii. effet sur une lumière polarisée rectilignement

Considérons une OPPM polarisée rectilignement selon une direction faisant un angle α avec l'axe lent de la lame (axe Ox).

➜ avant la lame : $\vec{E} = \left| \begin{array}{l} E_0\,\cos\alpha\,\cos(\omega\,t - k_0\,z) \\ E_0\,\sin\alpha\,\cos(\omega\,t - k_0\,z) \\ 0 \end{array} \right.$

➜ après la lame : $\vec{E} = \left| \begin{array}{l} E_0\,\cos\alpha, \cos(\omega\,t - k_0\,z) \\ E_0\,\sin\alpha\,\cos(\omega\,t - k_0\,z + \pi/2) \\ 0 \end{array} \right. = \left| \begin{array}{l} E_0\,\cos\alpha, \cos(\omega\,t - k_0\,z) \\ -E_0\,\sin\alpha\,\sin(\omega\,t - k_0\,z) \\ 0 \end{array} \right.$

Après la lame quart-onde, une onde initialement polarisée rectilignement devient polarisée elliptiquement, ses axes étant les lignes neutres de la lame. Elle est polarisée circulairement si $\alpha = \pm\dfrac{\pi}{4}$.

Si $\alpha = 0$ ou $\alpha = \pi/2$, la lame est sans effet.

iii. effet sur une lumière polarisée elliptiquement

Considérons une OPPM polarisée elliptiquement.

➜ avant la lame : $\vec{E} = \left| \begin{array}{l} E_{0x}\,\cos(\omega\,t - k_0\,z) \\ E_{0y}\,\cos(\omega\,t - k_0\,z + \varphi) \\ 0 \end{array} \right.$

➜ après la lame : $\vec{E} = \left| \begin{array}{l} E_{0x}\,\cos(\omega\,t - k_0\,z) \\ E_{0y}\,\cos(\omega\,t - k_0\,z + \varphi + \pi/2) \\ 0 \end{array} \right. = \left| \begin{array}{l} E_{0x}\,\cos(\omega\,t - k_0\,z) \\ -E_{0y}\,\sin(\omega\,t - k_0\,z + \varphi) \\ 0 \end{array} \right.$

Après la lame quart-onde, une onde initialement polarisée elliptiquement reste polarisée elliptiquement si ses axes ne sont pas confondus avec les lignes neutres de la lame. C'est un cas pour ainsi dire non intéressant.

Dans le cas particulier où les axes de la polarisation elliptique sont confondus avec les lignes neutres de la lames, *i.e.* si $\varphi = \pm\frac{\pi}{2}$, on a :

➜ avant la lame : $\vec{E} = \left| \begin{array}{l} E_{0x}\,\cos(\omega\,t - k_0\,z) \\ E_{0y}\,\cos(\omega\,t - k_0\,z \pm \pi/2) \\ 0 \end{array} \right.$

➜ après la lame :

$$\vec{E} = \left|\begin{array}{l} E_{0x}\,\cos(\omega\,t - k_0\,z) \\ E_{0y}\,\cos(\omega\,t - k_0\,z \pm \pi/2 + \pi/2) \\ 0 \end{array}\right.$$

$$= \left|\begin{array}{l} E_{0x}\,\cos(\omega\,t - k_0\,z) \\ -E_{0y}\,\sin(\omega\,t - k_0\,z \pm \pi/2) = \pm\,E_{0y}\,\cos(\omega\,t - k_0\,z) \\ 0 \end{array}\right.$$

Après la lame quart-onde, une onde initialement polarisée elliptiquement et dont les axes sont confondus avec les lignes neutres de la lame devient polarisée rectilignement.

iv. effets sur une lumière polarisée circulairement

Considérons une OPPM polarisée circulairement.

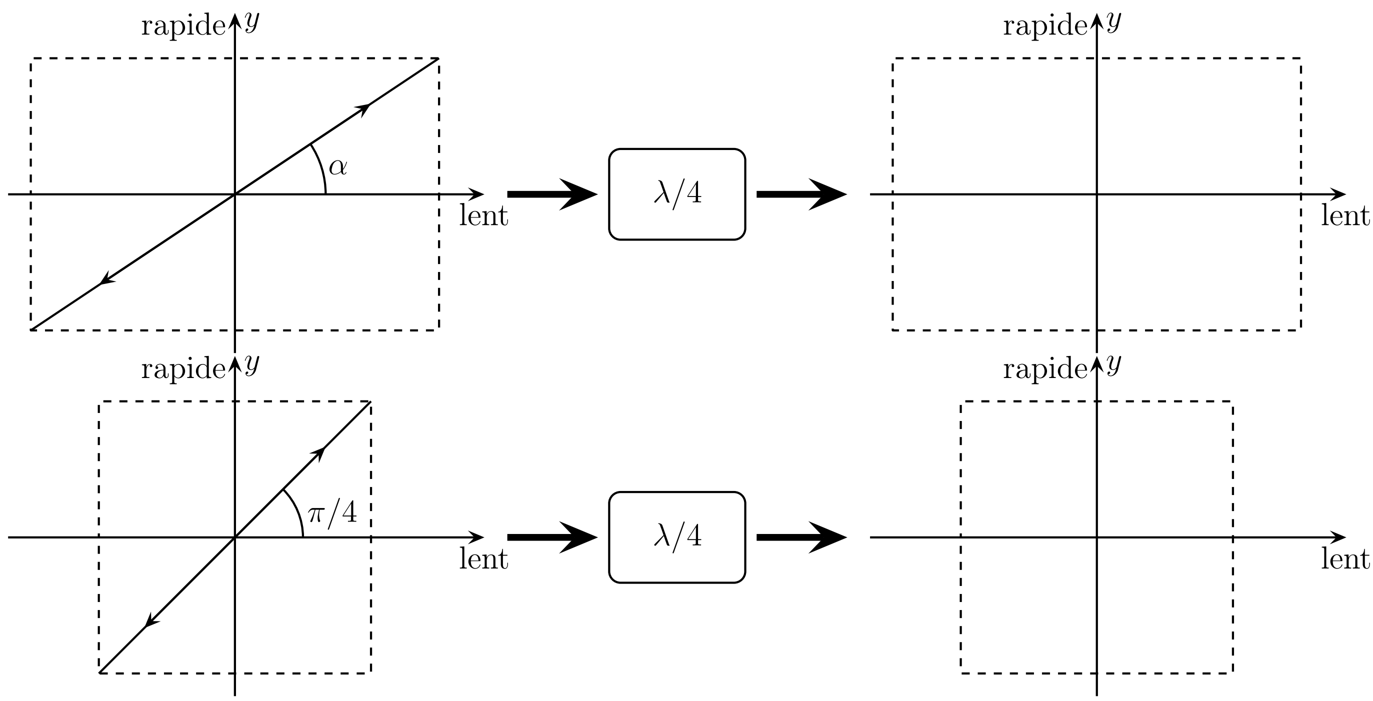
➜ avant la lame : $\vec{E} = \left|\begin{array}{l} E_0\,\cos(\omega\,t - k_0\,z) \\ E_0\,\cos(\omega\,t - k_0\,z + \pm\pi/2) \\ 0 \end{array}\right.$

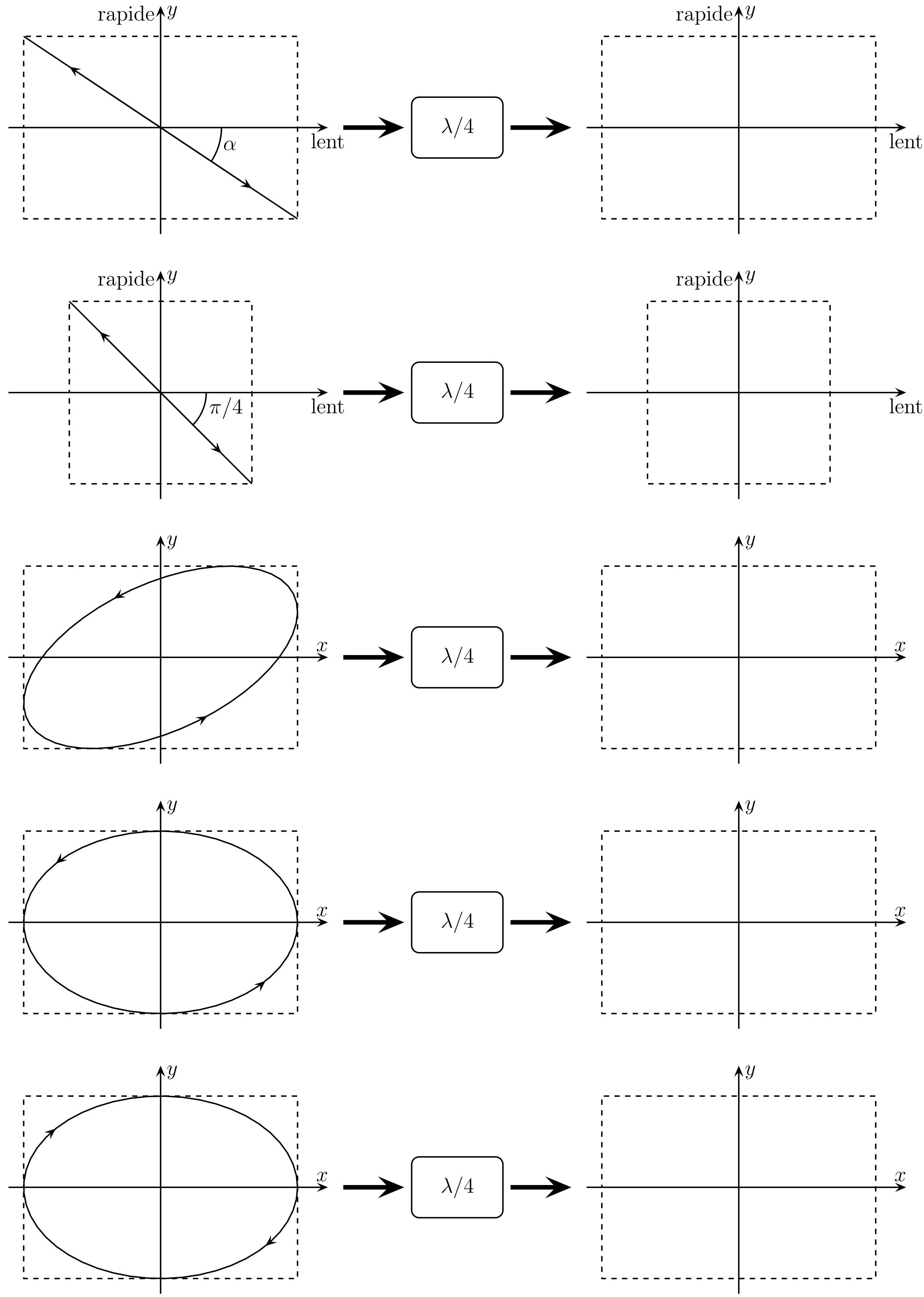
➜ après la lame : $\vec{E} = \left|\begin{array}{l} E_{0x}\,\cos(\omega\,t - k_0\,z) \\ E_{0y}\,\cos(\omega\,t - k_0\,z \pm \pi/2 + \pi/2) \\ 0 \end{array}\right. = \left|\begin{array}{l} E_{0x}\,\cos(\omega\,t - k_0\,z) \\ \pm E_{0y}\,\cos(\omega\,t - k_0\,z) \\ 0 \end{array}\right.$

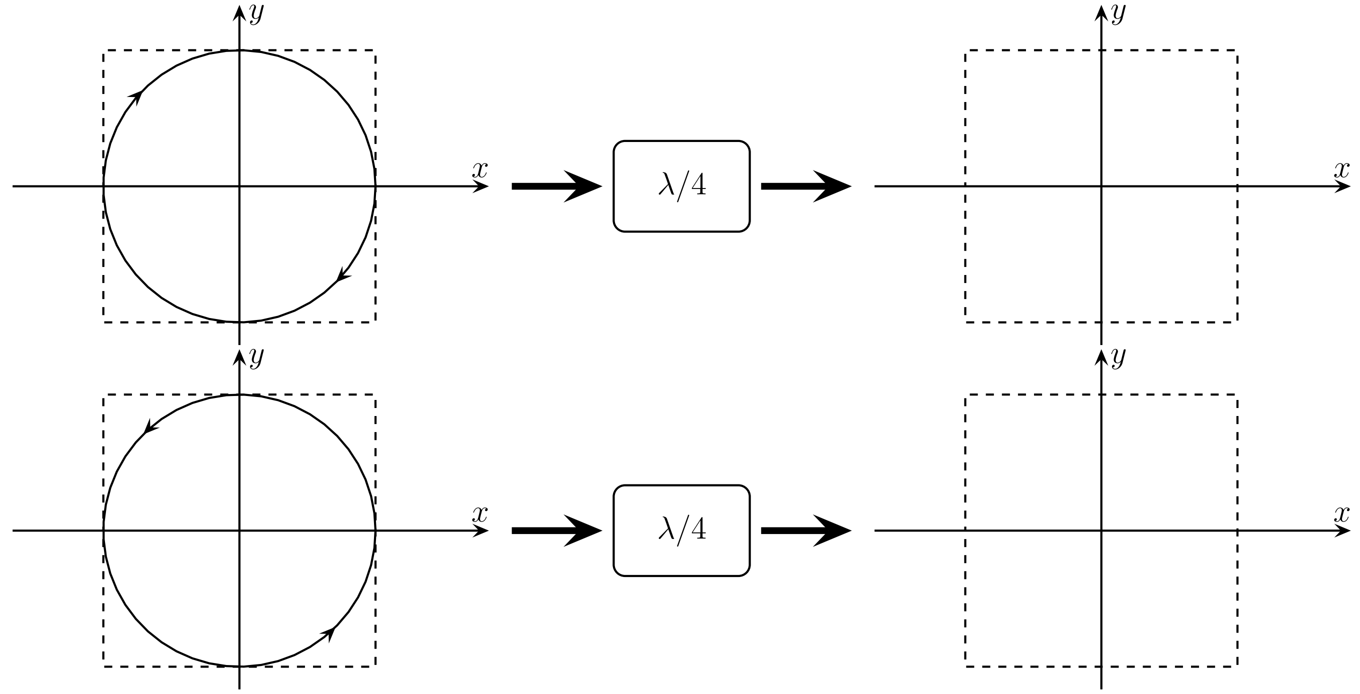
Après la lame quart-onde, une onde initialement polarisée circulairement devient polarisée rectilignement avec une direction de polarisation à 45 ° des lignes neutres de la lame.

v. résumé

Nous pouvons résumer les résultats précédents par les schémas suivants.




rapide
y
lent
α
$\lambda/4$
rapide
y
lent
$\pi/4$
$\lambda/4$
y
x
$\lambda/4$
y
x
$\lambda/4$
y
x
$\lambda/4$



vi. polariseurs elliptique et circulaire

¿? *Comment fabriquer un polariseur circulaire droit ? un polariseur circulaire gauche ?*

➜ Réalisez un polariseur circulaire droit et appelez le professeur quand vous pensez que c'est le cas.

¿? *Comment fabriquer un polariseur elliptique droit ? un polariseur circulaire gauche ?*

III) Analyse d'une lumière polarisée

1°) Idée

i. méthode d'analyse

L'idée principale consiste à déterminer la polarisation en transformant par étape successive la lumière inconnue en une lumière polarisée rectilignement, objectif dont la réalisation sera facile à voir (ah ah ah) avec un analyseur.

ii. matériel nécessaire

Dans la suite nous avons à diposition :

- ➜ un filtre monochromatique à la longueur d'onde caractéristique des lames à retard utilisées
- ➜ deux polariseurs (dont un sera utilisé en analyseur) dont les axes neutres sont connus
- ➜ une lame quart-onde dont les axes neutres sont parfaitement connus (en particulier le rapide est connu)

2°) Analyse très faciles

i. lumière polarisée rectilignement

Un simple analyseur permet de déterminer si une lumière est polarisée rectilignement.

¿? *Comment ?*

ii. lumière non polarisée

Après un analyseur, une lumière non polarisée garde une intensité constante.

➜ Vérifiez-le.

¿? *Quel autre type de polarisation garde une intensité constante quelle que soit la direction de l'axe de l'analyseur ?*

➜ Réalisez le polariseur idoine et vérifiez le.

3°) Analyses faciles

i. lumière polarisée circulairement

➜ Réalisez une lumière polarisée circulaire.

¿? *Comment transformer cette polarisation circulaire en une polarisation rectiligne ?*

¿? *Comment déterminer le sens de rotation ?*

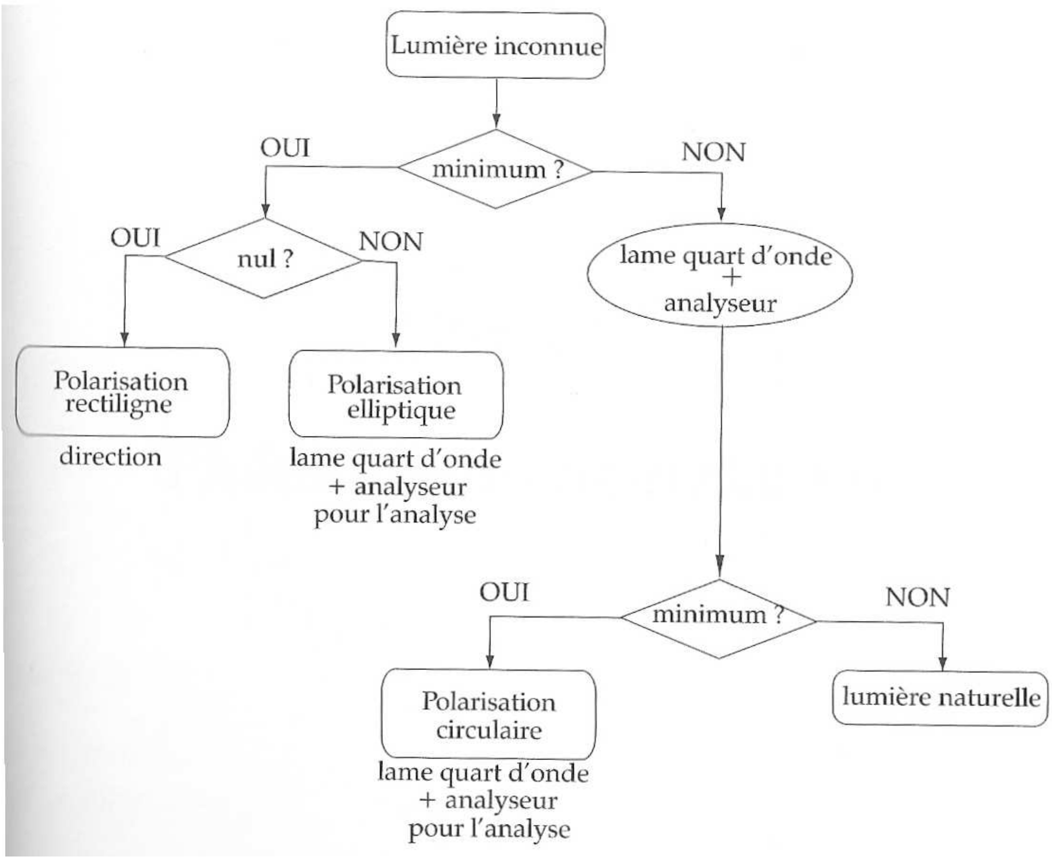
ii. lumière polarisée elliptiquement

➜ Réaliser une lumière polarisée circulaire.

¿? *Comment transformer cette polarisation circulaire en une polarisation rectiligne ?*

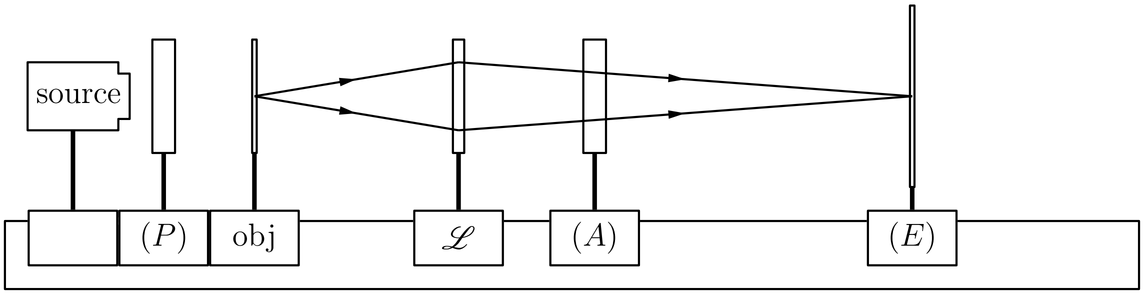
¿? *Comment déterminer le sens de rotation ?*

4°) Résumé



5°) Interférences en lumière polarisée

Il est possible de réaliser des interférences en lumière polarisée. Pour cela, il suffit de réaliser le montage ci-dessous où « obj » est un objet non isotrope et transparent.



Que se passe-t-il alors ? Pour simplifier, supposons que l'objet soit une lame à retard de retard inconnu φ_0 et notons $\vec{u}_x$ et $\vec{u}_x$ ses axes.

Comme l'axe du polariseur n'est pas nécessairement aligné avec un des axes de la lame, la lumière entre le polariseur et la lame est une lumière polarisée rectilignement formant un angle α avec les axes de la lame ce qui donne

$$\vec{E} = \left| \begin{array}{l} E_0\,\cos\alpha\,\cos(\omega\,t - k_0\,z) \\ E_0\,\sin\alpha\,\cos(\omega\,t - k_0\,z) \\ 0 \end{array} \right.$$

Une fois la lame passée, la radiation s'écrit

$$\vec{E} = \left| \begin{array}{l} E_0\,\cos\alpha\,\cos(\omega\,t - k_0\,z) \\ E_0\,\sin\alpha\,\cos(\omega\,t - k_0\,z + \varphi_0) \\ 0 \end{array} \right.$$

L'analyseur va projeter ces deux composantes sur son axe propre qui n'est pas forcément parallèle aux axes de la lame. En notant β cet angle, la radiation passant l'analyseur est rectiligne et sa composante (sur l'axe (OX) de l'analyseur) s'écrit

$$E_X = E_0\,\cos\alpha\,\cos\beta\,\cos(\omega\,t - k_0\,z) + E_0\,\sin\alpha\,\sin\beta\,\cos(\omega\,t - k_0\,z + \varphi_0)$$

Tout se passe donc comme si la lumière qui passait était la superposition de deux radiations

$$E_1 = E_0\,\cos\alpha\,\cos\beta\,\cos(\omega\,t - k_0\,z) \qquad \text{et} \qquad E_2 = E_0\,\sin\alpha\,\sin\beta\,\cos(\omega\,t - k_0\,z + \varphi_0)$$

Comme E_1 et E_2 sont des radiations cohérentes elles vont interférer et l'éclairement observé donnera

$$\begin{aligned} \mathscr{E} &= \mathscr{E}_1 + \mathscr{E}_2 + 2\,\sqrt{\mathscr{E}_1\,\mathscr{E}_2}\,\cos\varphi_0 \\ &= \mathscr{E}_0\,\left(\cos^2\alpha\,\cos^2\beta + \sin^2\alpha, \sin^2\beta + \frac{\sin(2\,\alpha)\,\sin(2\,\beta)}{4}\,\cos\varphi_0\right) \end{aligned}$$

Dans ces conditions, avec un matériaux qui ne présente pas qu'une seule biréfringence, avec un déphasage φ_0 qui dépend de la longueur d'onde et des ondes dont l'amplitude change suivant l'angle formé par polariseur et analyseur, il est normal de voir de belles couleurs.

Cette méthode est notamment utilisée pour repérer les contraintes s'exerçant dans les milieux transparents.

¿? *De quel type d'interféromètre s'agirait-il ici ?*

6°) Challenges

i. détermination des axes lents et rapide d'une lame quart d'onde

¿? *Comment faire pour déterminer la nature rapide ou lent des axes d'une lame quart-onde ?*

➜ Faites-le.

¿? *Pourquoi cette question est sans intérêt pour une lame demi-onde ?*

ii. réaliser un analyseur circulaire

¿? *Comment réaliser un analyseur circulaire (droit par exemple) ?*

➜ Faites-le et prouvez qu'il réalise effectivement sa fonction.