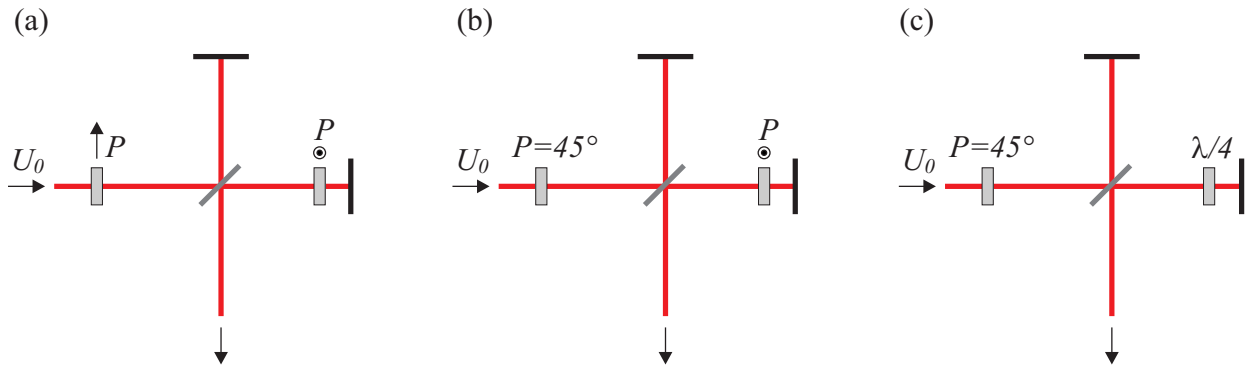


Ingénierie optique, série d'exercices 8, du 10 novembre 2025

Exercice 1



On a mis des polariseurs (indiqués par la lettre P) ou des lames quart-d'onde dans les interféromètres ci-dessus. On suppose que la lumière incidente dans l'interféromètre possède toutes les polarisations possibles. Dans quel(s) cas observe-t-on une figure d'interférence ?

Indication : pour qu'il y ait une figure d'interférence, il faut que les deux rayons qui ont parcouru des chemins différents aient au moins une composante du champ électrique en commun.

Exercice 2

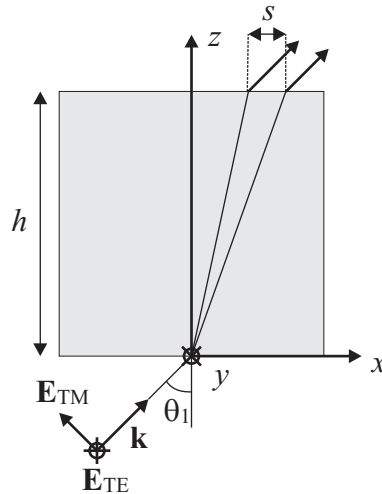
On considère un polariseur circulaire à droite avec la matrice de Jones \mathbf{T}_R et un polariseur circulaire à gauche avec le matrice de Jones \mathbf{T}_L :

$$\mathbf{T}_L = \frac{1}{\sqrt{2}} \begin{pmatrix} 1 & j \\ -j & 1 \end{pmatrix} \quad \mathbf{T}_R = \frac{1}{\sqrt{2}} \begin{pmatrix} 1 & -j \\ j & 1 \end{pmatrix}. \quad (1)$$

Calculer la polarisation transmise par \mathbf{T}_R pour une onde incidente polarisée linéairement.

Que se passe-t-il si cette onde polarisée linéairement passe d'abord par \mathbf{T}_R puis par \mathbf{T}_L ?

Exercice 3



On considère le système ci-dessus où un bloc de diélectrique uniaxial se trouvant dans l'air est illuminé avec une onde non polarisée comportant à la fois des composants TE et TM. Le tenseur du matériau est

$$\epsilon = \epsilon_0 \begin{pmatrix} 2.25 & 0 & 0 \\ 0 & 2.56 & 0 \\ 0 & 0 & 2.25 \end{pmatrix}. \quad (2)$$

L'angle d'incidence est $\theta_1 = 45^\circ$ et l'épaisseur du matériau $h = 20$ mm. Calculer la séparation s entre les deux rayons (ordinaire et extraordinaire) lorsqu'ils sortent du bloc. Si la lumière entre dans le cristal à l'instant $t = 0$, calculer l'instant où chaque rayon sort du cristal (utiliser $c_0 = 3 \cdot 10^8$ m/s pour la vitesse de la lumière dans le vide).

Exercice 4

On souhaite réaliser une lame quart d'onde et une lame demi-onde comme illustré dans Fig. 1 ci-après, à l'aide d'un cristal de quartz dont la matrice de permittivité s'écrit dans les axes normaux x_1, x_2, x_3 ,

$$\epsilon = \epsilon_0 \begin{pmatrix} 2.384 & 0 & 0 \\ 0 & 2.384 & 0 \\ 0 & 0 & 2.412 \end{pmatrix}. \quad (3)$$

La longueur d'onde dans le vide est $\lambda_0 = 1 \mu\text{m}$.

Indiquer par un diagramme similaire à celui de Fig. 1 comment orienter le cristal. Quel est l'axe rapide et quel est l'axe lent ? Calculer l'épaisseur de cristal nécessaire pour une lame quart d'onde et celle nécessaire pour une lame demi-onde.

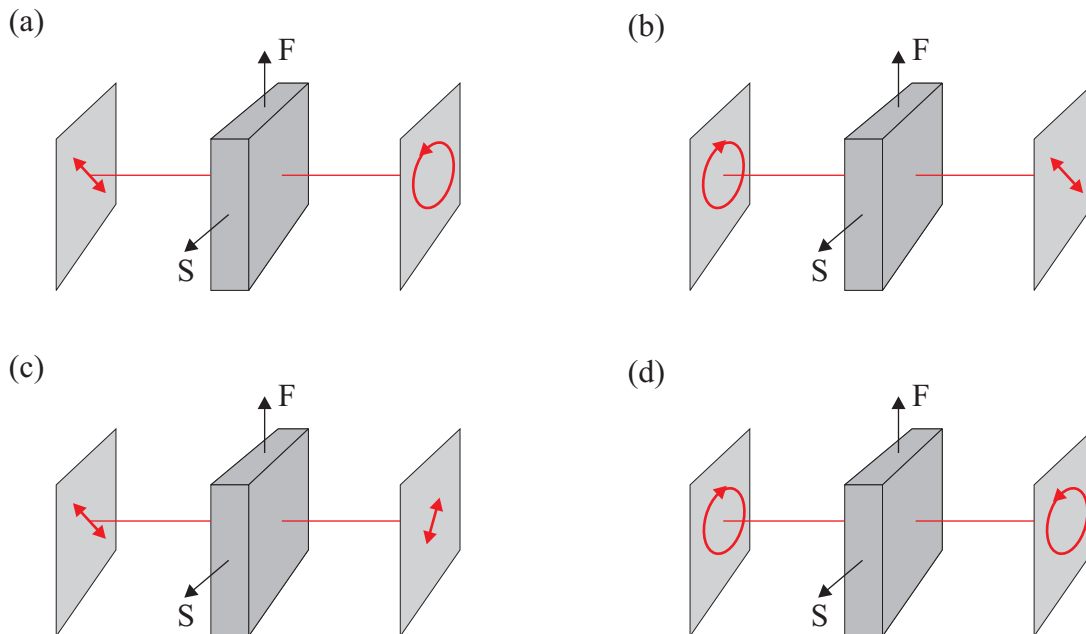
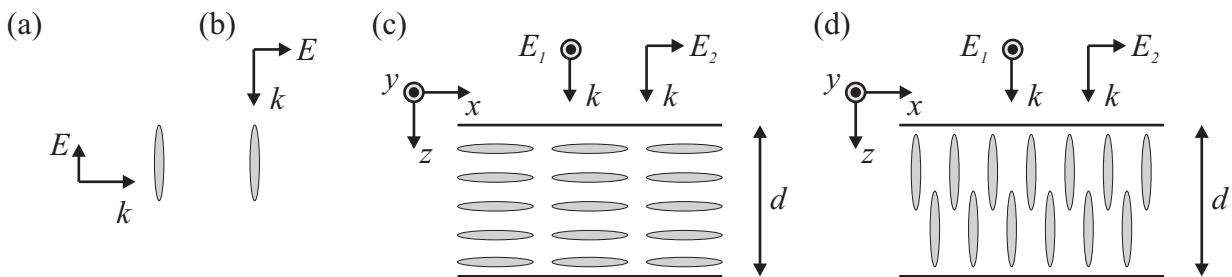


FIGURE 1 – Différent types de retardeurs : (a), (b) lame quart d’onde, (c), (d) lame demi-
 onde et leur effet sur des ondes polarisées linéairement (a), (c) et circulairement (b), (d).

Exercice 5



Un cristal liquide est une molécule allongée avec un axe longitudinal et un axe transverse dont la réponse optique est anisotrope uniaxiale (cristal biréfringent). Ainsi, lorsqu’une onde plane arrive sur la molécule et le champ électrique E est parallèle à l’axe longitudinal de la molécule, l’indice de réfraction est n_e , figure (a). Lorsque le champ électrique est perpendiculaire à l’axe longitudinal de la molécule, l’indice de réfraction est n_o .

On considère dans cet exercice le cristal liquide 5CB dont la différence d’indices est $\Delta n = n_e - n_o = 0.2$ et on travaille à la longueur d’onde $\lambda = 700 \text{ nm}$.

- a) On considère la cellule d’épaisseur d remplie de cristaux liquides 5CB comme indiqué figure (c) et deux ondes planes E_1 et E_2 de polarisations différentes, à incidence normale sur la cellule. Donner une expression pour la différence de phase $\Delta\phi$ entre ces deux ondes lorsqu’elles ont traversé la cellule; les ondes ont la même phase lorsqu’elles entrent dans la cellule.
- b) Calculer l’épaisseur d de la cellule nécessaire pour que celle-ci serve de lame quart-d’onde. Cette épaisseur est-elle unique ou est-il possible de choisir des épaisseurs différentes, justifier la réponse.
- c) Une lame quart d’onde permet de transformer une polarisation incidente linéaire en

une polarisation circulaire. Quelle doit-être la polarisation incidente (selon les axes $x-y-z$, figure (c)) pour qu'une onde incidente polarisée linéairement se transforme en une onde polarisée circulairement après passage dans la cellule ? L'onde ainsi transmise est-elle polarisée circulairement à droite ou à gauche ?

- d) On applique maintenant une tension électrique sur la cellule, ce qui modifie l'orientation des cristaux liquides comme indiqué figure (d). Calculer la différence de phase $\Delta\phi$ entre les deux ondes planes E_1 et E_2 lorsqu'elles ont traversé la cellule d'épaisseur d calculée au point b).
- e) En ajoutant à la cellule de cristaux liquides deux polariseurs linéaires, on peut réaliser un modulateur de l'intensité lumineuse transmise (l'intensité transmise dépend de la tension électrique appliquée). Expliquer comment réaliser un tel modulateur de lumière et faire un schéma.