

Lames anisotropes et indices variables A. Spiga,

Interrogation MP*, Lycée Condorcet

Fibre optique (tiré d'un TD MP*)



- 1 FIBRE A SAUT D'INDICE : Pour quelles valeurs de i le rayon qui pénètre est canalisé ? Quel doit être l'indice n_2 avec $n_1 = 1,5$ et $i = 30^\circ$?
- 2 FIBRE A GRADIENT D'INDICE : On suppose $n(r)$ de la forme $n = n_0 \sqrt{1 - \alpha^2 r^2}$. Etablir l'équation d'un rayon qui coupe l'axe avec une inclinaison θ_0 (angle du rayon avec l'axe). Faire une application numérique : pour $\alpha = 10 \text{ m.s}^{-1}$, on veut $r_{\text{max}} = 50 \mu\text{m}$, donner la valeur de θ_0 .
- 3 Pourquoi un raisonnement similaire permet de rendre compte des mirages dans le désert ?

Ondes lumineuses polarisées (tiré de *Bernard, L'esprit physique en 50 problèmes*)

On considère deux ondes lumineuses (1) et (2), planes, monochromatiques, de pulsation ω , se propageant dans l'air (ϵ_0, μ_0) , dans la direction Ox d'un référentiel $R(O, x, y, z)$. Les directions Ox et Oz sont respectivement horizontale et verticale. Les champs électriques des deux ondes sont de la forme (ϕ est une constante) :

$$\begin{aligned}\vec{E}_1 &= E_0 \cos(\omega t - kx) \vec{u}_y \\ \vec{E}_2 &= E_0 \cos(\omega t - kx - \phi) \vec{u}_z\end{aligned}$$

- 1 Caractériser la polarisation des deux ondes. Comment choisir ϕ pour que la superposition des deux ondes forme une onde (3) polarisée circulairement à gauche ?
- 2 Comment définit-on l'intensité lumineuse d'une onde optique de champ électrique \vec{E} ? En quelle unité cette intensité lumineuse s'exprime ?
- 3 Une photodiode dont le temps de réponse τ est de l'ordre de grandeur de la microseconde reçoit les ondes lumineuses ($\lambda = 0,63 \mu\text{m}$) et convertit l'intensité lumineuse reçue en une tension électrique. Cette tension V , proportionnelle à l'intensité (sorte de "loi d'Ohm" de constante k) est observée à l'oscilloscope. Quelle est la forme des oscillogrammes si la photodiode détecte successivement les ondes (1), (2), et (3) ?
- 4 Entre l'onde (1) et la photodiode, on place un polariseur rectiligne tournant autour de l'axe Ox à la vitesse angulaire Ω ($\Omega = 100\pi$), l'angle instantané de la direction OP du polariseur avec l'axe Oy est $\alpha = \Omega t$. Quelle est la forme de l'oscillogramme ? Quelle loi illustre-t-il ? L'onde (1) est remplacée par l'onde (2) puis l'onde (3). Donner la forme des nouveaux oscillogrammes ?

5 On dispose sur l'axe horizontal Ox une lampe à vapeur de sodium, un polariseur P_1 rectiligne de direction Oy , un polariseur rectiligne P_2 de direction verticale Oz et la photodiode. On interpose une lame anisotrope d'axes (OY, OZ) entre les polariseurs et on la fait tourner manuellement dans son plan autour de l'axe Ox . Montrer que l'observation de l'oscillogramme permet de déterminer la direction relative des axes.

Directions principales d'un matériau - Méthode de Sénarmont (tiré d'un module expérimental, Ecole Polytechnique)

Un matériau se caractérise par des propriétés optiques précises, qui se traduisent expérimentalement par une certaine façon qu'aura le matériau de polariser la lumière. Certains matériaux se caractérisent par le passage lors d'une transition de phase, de part la brisure de symétrie résultante, d'un comportement isotrope à un comportement anisotrope biréfringent.

Il existe une "matrice" (dit tenseur diélectrique) permettant de quantifier l'effet du milieu sur le champ électrique incident. Cette matrice est diagonalisable sur une base orthonormée, les directions principales de polarisation. Dans chacune de ces directions principales, on peut définir classiquement un indice de réfraction et un déphasage caractéristique.

Dans le cas anisotrope biréfringent, deux directions de polarisations ne sont pas équivalentes ; il en résulte un déphasage entre ces deux directions $\delta\phi$ proportionnel à la différence δn (appelée biréfringence du matériau). On peut alors définir un axe rapide et un axe lent.

Le but de la méthode de Sénarmont est de mesurer $\delta\phi$, et de pouvoir suivre précisément par exemple une transition de phase dans un matériau. Il est en effet plus simple de mesurer un déphasage qu'une différence d'indice.

- 1 Comment fabrique-t-on une lame quart d'onde $\lambda/4$? Quel est la déphasage résultant entre l'axe rapide et l'axe lent ?
- 2 On monte, sur un banc optique éclairé par un laser, une lame quart d'onde, un analyseur, et l'on projette le tout sur un écran. Au sortir du laser, l'onde est polarisée rectilignement dans la direction x (verticale). Quel est l'effet de la lame ? Comment déterminer ses axes principaux de la lame ?
- 3 On réalise le montage décrit sur la figure ci-dessous. Dans l'ordre, de gauche à droite, un polariseur, un échantillon (dont on suppose connues les directions principales X_L et Y_L , une lame quart d'onde, un analyseur, puis un écran. En projetant l'expression de l'onde électromagnétique (polarisée rectilignement à la sortie de (1)) sur les directions principales de l'échantillon puis de la lame, montrez que l'analyseur permet de mesurer $\delta\phi$, donc la biréfringence.

