

CORRIGE de l'EXAMEN 2024

Questions de cours

1) Indiquez si les propositions suivantes sont vraies ou corrigez-les si elles sont fausses :

a) l'ellipsoïde des indices est une surface à 2 nappes qui donne les deux valeurs d'indice pour chaque direction du vecteur D

FAUX L'ellipsoïde des indices est une surface à une seule nappe qui donne la valeur de l'indice pour chaque direction du vecteur D

b) l'ellipsoïde des indices d'un milieu uniaxe est de révolution autour de l'axe optique **VRAI**

d) la surface des indices donne les 2 valeurs d'indice pour une direction du vecteur d'onde k **VRAI**

2) A quel état de polarisation correspond le vecteur de Jones suivant:

$$\varepsilon_1 = \frac{1}{\sqrt{2}} \begin{pmatrix} i \\ -1 \end{pmatrix} \text{ Polarisation circulaire gauche}$$

Donner le vecteur de Jones de la polarisation orthogonale à cet état et représenter l'état de polarisation correspondant.

Orthogonale à ε_2 : circulaire droite, vecteur de Jones $\varepsilon'_1 = \frac{1}{\sqrt{2}} \begin{pmatrix} i \\ 1 \end{pmatrix}$ – le facteur de phase globale n'a pas d'importance

Donner la matrice de Jones d'un composant qui permet de transformer la polarisation ε_1 en sa polarisation orthogonale et indiquer de quel composant il s'agit.

Matrice de Jones = $\begin{pmatrix} 1 & 0 \\ 0 & -1 \end{pmatrix}$ d'une lame $\lambda/2$ d'axes x et y

3) On place une lame de scotch entre deux polariseurs et on observe une couleur bleue très contrastée sur un fond clair.

a) que peut-on en déduire sur l'orientation des axes des polariseurs et de la lame de scotch ?

Les polariseurs sont parallèles et les axes de la lame sont à 45°

b) que va-t-on observer si on tourne l'un des polariseurs de 90° ?

Le fond va être noir et on aura la couleur complémentaire pour la lame (jaune vif d'après l'échelle des teintes)

c) que va-t-on observer si on tourne la lame de 45° ?

Le fond sera toujours clair y compris sur la lame car plus d'interférences

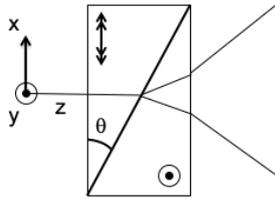
d) que va-t-on observer si on enlève le polariseur qui précède la lame ?

Plus d'interférences, fond clair partout y compris sur la lame

Exercice 1 : Interféromètre en réflexion utilisant un prisme de Nomarski

Rmq : les 3 questions peuvent être abordées indépendamment.

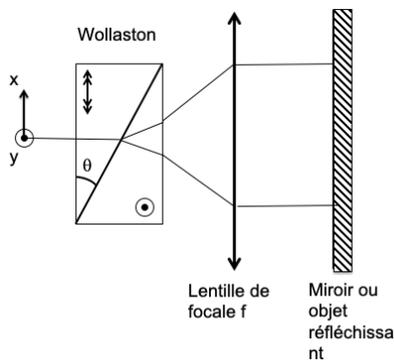
1) On sait qu'un prisme de Wollaston permet de séparer deux rayons suivant leur polarisation selon le schéma suivant :



Sachant que le prisme est en calcite (uniaxe négatif) donner les directions des champs E dans les différentes parties du prisme et à la sortie.

E est suivant y pour le rayon qui part vers le haut, suivant x pour le rayon qui part vers le bas.

2) On veut utiliser ce Wollaston dans un interféromètre en réflexion de la façon suivante :



a) On veut observer les interférences entre les deux ondes qui sont passées deux fois à travers le Wollaston : que faut-il ajouter au montage pour voir ces interférences avec un bon contraste ? On donnera le ou les éléments à ajouter, leur position et leur orientation par rapport aux axes x et y.

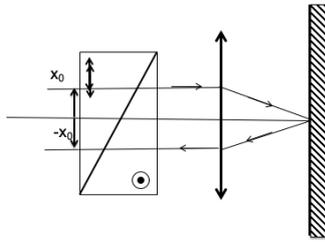
On place un seul polariseur à gauche du Wollaston, il servira à l'aller et au retour. Ses axes seront à 45° des axes du Wollaston.

Rmq (pas demandé): Dans cette configuration on sera forcément entre polariseurs parallèles. Si on veut être en polariseurs croisés il faudra soit utiliser un cube séparateur de polarisation et récupérer la lumière réfléchi sur le cube au retour, soit mettre une lame séparatrice avec un polariseur sur la voie d'éclairage et un analyseur sur la voie de détection.

b) que vaut la différence de marche après le double passage à travers le Wollaston pour un rayon en incidence normale passant à une hauteur x_0 par rapport au centre du Wollaston ? On supposera que l'angle θ du Wollaston est petit (on néglige donc la déviation angulaire des rayons dans le prisme), que le miroir est dans le plan focal image de la lentille, et on précisera à quelle hauteur x'_0 passe le rayon au retour après réflexion sur le miroir pour en déduire cette différence de marche.

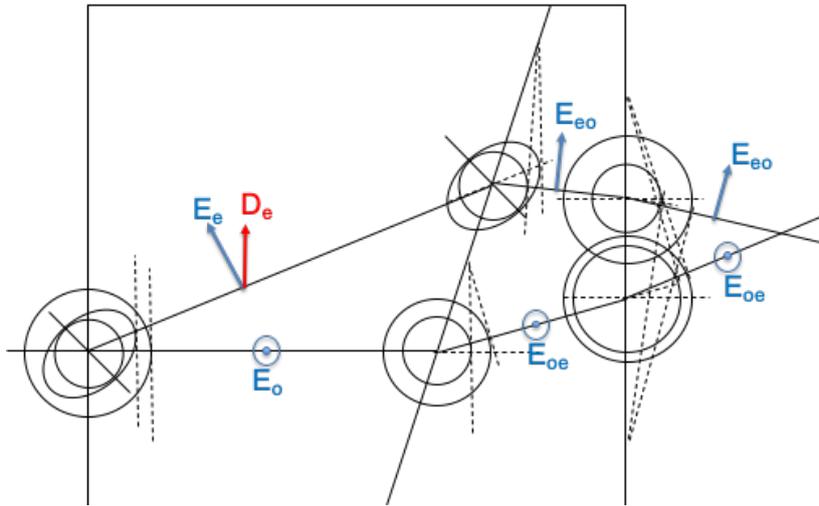
Au retour le rayon passera en $x'_0 = -x_0$ et la différence de marche introduite à l'aller sera compensée par celle induite au retour. On aura toujours une différence de marche nulle. (1pt)

Rmq : le tracé du rayon passant à la hauteur x_0 , non dévié, convergeant au foyer image de la lentille au centre du miroir, et réfléchi en un rayon parallèle à l'axe en $-x_0$ pourra accompagner une explication avec des phrases.



3) a)

Tracé de rayons dans un prisme de Nomarski



b) Faire apparaître le point d'intersection des deux rayons émergents du prisme, et vérifier qu'il se situe à l'extérieur du prisme, à droite de sa face de sortie. Si la figure n'est pas suffisamment claire, on pourra ajouter une justification en quelques lignes. On peut ainsi éloigner le prisme du plan focal de l'objectif de microscope.

Outre le schéma, ou s'il est un peu imprécis, on peut justifier de la façon suivante : pour le rayon extraordinaire dans le 1^{er} prisme on peut voir que le rayon réfracté va passer en dessous de l'horizontale, et donc arriver sur l'interface de sortie par le dessus de la normale. Il sortira donc dans une direction pointant vers le bas, alors que le rayon ordinaire dans le premier prisme pointera vers le haut. Les 2 rayons vont se couper à droite de la sortie du prisme. Or c'est à ce point-là qu'il faut placer le foyer de l'objectif de microscope. Ca permet donc de placer ce prisme en retrait du plan focal de l'objectif.

c) Indiquer le vecteur E correspondant à chaque rayon, dans chaque zone et à l'extérieur. Préciser la direction de D dans le cas où elle diffère de celle de E .

Voir le schéma. La seule zone où D et E diffèrent c'est le rayon extraordinaire dans le premier prisme. (1 pt pour tous les vecteurs E et le vecteur D qui diffère)

Exercice 2 : étude d'un composant inconnu

On dispose d'un composant polarimétrique inconnu que l'on souhaite identifier. On propose pour cela d'étudier son effet sur des états de polarisation connus.

Pour faire notre analyse, on dispose

- d'une source de lumière monochromatique polarisée linéairement suivant Oy ;
- de plusieurs polariseurs linéaires, lames quart d'onde et lames demi-onde.

Les composants d'analyse sont adaptés à la longueur d'onde de la source utilisée.

Les angles sont repérés par rapport à l'axe Ox .

1) 1^{ère} méthode

- a. Polarisation linéaire à $+30^\circ$.
- b. 3 possibilités : une lame demi-onde d'axe à $+60^\circ$, un rotateur induisant une rotation de 60° dans le sens droit (horaire), un polariseur à $+30^\circ$
- c. On peut changer la direction de polarisation incidente de -10° par exemple : si la polarisation sortant du composant mystère est identique c'est un polariseur, si c'est une demi-onde la polarisation sera à $+40^\circ$, si c'est un rotateur elle sera à $+20^\circ$.

2) 2^e méthode

- a. Création d'une elliptique

	<p>On place d'abord une lame demi onde pour ramener la polarisation suivant y à une linéaire à $+75^\circ$: son axe est à $(90+75)/2=+82.5^\circ$ de x. On place ensuite une lame quart d'onde d'axes x et y. Pour que l'ellipse soit gauche il faut que l'axe lent de la quart d'onde soit y.</p>
--	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

b. Analyse de l'elliptique sortante : résultat (gauche) et étapes du raisonnement

--	--

Il s'agit d'une ellipse de grand axe à $+30^\circ$ et de petit axe à -60° . Son azimuth est donc de $+30^\circ$. Son ellipticité est de 15° . C'est une ellipse gauche. En justifiant la réponse, expliquer quel est la nature du composant mystère.

Le composant mystère est un rotateur de 60° dans le sens droit car l'ellipse est restée gauche, tandis qu'avec une lame demi onde on aurait obtenu une ellipse droite.