



FACULTÉ DES SCIENCES ET TECHNIQUES DE SAINT JÉRÔME

SUJETS D'EXAMEN LMD

<i>Cycle</i>	LICENCE
<i>Série</i>	P1 - Optique
<i>Années</i>	2005-

Attention : un sujet peut comporter plusieurs pages

© 2005 - Université Paul Cézanne Aix-Marseille 3 - FST - BU

Toute reproduction, totale ou partielle, de ce document, est interdite sans le consentement express de son auteur

Durée : 1h 30min

Remarques :

- Ce sujet comprend 3 exercices.
- Dans l'exercice 2, les parties A et B sont indépendantes.
- Les calculatrices et les documents sont interdits.

Exercice 1 (6 points) *Image donnée par une lentille mince.*

On considère un petit objet AB, *virtuel*, perpendiculaire en A à l'axe principal d'une lentille mince de distance focale 10 cm. Le pied A de l'objet se trouve à 10 cm du centre optique de la lentille.

Faire une construction géométrique claire de l'image A'B' de cet objet, d'abord dans le cas où la lentille est convergente, puis dans le cas où elle est divergente.

Exercice 2 (16 points) *Association de lentilles minces.*

A. On considère un système centré baignant dans l'air et formé de trois lentilles minces convergentes, L_1 , L_2 et L_3 (disposées dans cet ordre) et de centres optiques O_1 , O_2 et O_3 respectivement.

2.1 a) Sachant que L_1 et L_2 sont identiques, de distance focale image $f'_1 = f'_2 = 3$ cm, que la distance entre leurs centres optiques est $e = \overline{O_1O_2} = 3$ cm et que la distance focale image f'_3 de la lentille L_3 est de 6 cm, déterminer la distance entre L_2 et L_3 pour que le système formé des trois lentilles soit afocal.

b) Calculer le grandissement transversal γ de ce système afocal.

2.2 Les lentilles L_1 et L_3 sont maintenant fixées dans leurs positions respectives de la question 2.1, mais on déplace L_2 vers L_3 jusqu'à ce que l'on ait $\overline{O_2O_3} = 3$ cm. Le système n'étant plus afocal, trouver, sans aucun calcul, la position de son foyer image.

B. On enlève maintenant la lentille L_3 pour ne garder que le doublet (L_1 , L_2). On dispose ces deux lentilles de façon à ce que $e = \overline{O_1O_2} = 6$ cm. On rappelle que, dans l'air, la distance focale image de chacune de ces lentilles est de 3 cm. Ces lentilles étant formées d'un verre d'indice $n = 3/2$, on se propose d'étudier le doublet (L_1 , L_2) lorsqu'il est plongé dans un liquide d'indice $n' = 6/5$.

On rappelle que l'inverse de la distance focale image d'une lentille mince formée d'un milieu d'indice n et baignant dans un milieu d'indice n' est donnée par

$$\frac{1}{f'} = \left(\frac{n}{n'} - 1 \right) \left(\frac{1}{S_1 C_1} - \frac{1}{S_2 C_2} \right),$$

où $\overline{S_1 C_1}$ et $\overline{S_2 C_2}$ représentent les rayons de courbure des faces de cette lentille.

- 2.3 En appelant f'_a la distance focale image d'une lentille lorsqu'elle est placée dans l'air, et f'_b la distance focale image de cette même lentille lorsqu'elle est placée dans le liquide d'indice $n' = 6/5$, exprimer f'_b en fonction de f'_a .
- 2.4 Dédurre, de ce qui précède, le symbole du doublet (L_1, L_2) lorsqu'il est placé dans le liquide d'indice n' .
- 2.5 Trouver, soit par construction soit par le calcul, les positions des foyers et des points principaux de ce doublet lorsqu'il est placé dans le liquide d'indice n' .

Exercice 3 (6 points) *Biprisme de Fresnel.*

On produit des franges d'interférences par la méthode du biprisme de Fresnel. La fente est éclairée en lumière monochromatique de longueur d'onde $\lambda = 0,66 \mu\text{m}$. Elle est située à une distance $L = 1 \text{ m}$ du biprisme, sur l'axe principal de celui-ci. L'indice de réfraction du biprisme est $n = 3/2$ et ses angles A aux sommets valent chacun $1/100$ de radian. On place un écran normal à l'axe à une distance d du biprisme.

- 3.1 Faire un schéma clair du dispositif pour bien montrer la zone où se forment les franges d'interférences.
- 3.2 Rappeler les quatre formules principales d'un prisme lorsqu'il s'agit d'angles faibles.
- 3.3 Exprimer l'interfrange i en fonction de d . Calculer la valeur numérique de i lorsque $d = 4 \text{ m}$.



Durée : 1h 30min

Remarques :

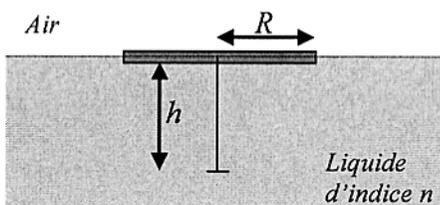
- Ce sujet comprend 3 exercices.
- Les calculatrices et les documents sont interdits.

Exercice 1 (7 points) Réflexion totale sur un dioptre plan.

1.1 Énoncer les lois de Descartes-Snell pour la réfraction et expliquer dans quel cas le phénomène de réflexion totale peut se produire.

1.2 *Application.*

On dispose d'un flotteur mince, ayant la forme d'un disque de rayon R , au centre duquel on a planté un clou, perpendiculairement au plan du disque. La tête du clou est à la distance h du centre du disque. Le disque flotte sur la surface d'un liquide d'indice n , le clou étant immergé.



Quelle est la condition que h doit satisfaire pour que la tête du clou soit visible pour un observateur se trouvant dans l'air ? (On fait remarquer que la tête du clou ne pourra pas être visible par cet observateur si les rayons issus de celle-ci ne peuvent pas émerger dans l'air.)

Exercice 2 (7 points) Image donnée par une lentille mince convergente.

- 2.1** A l'aide d'une lentille mince convergente de 40 cm de distance focale image, on forme sur un écran l'image $A'B'$ d'un objet AB avec un grandissement $\gamma = -1$. Quelles sont les positions de l'objet et de l'image ?
- 2.2** On place l'objet à 50 cm en avant de la lentille. Où faut-il placer l'écran pour obtenir une image nette ?
- 2.3** L'objet et l'écran étant fixes, dans les positions de la question 2.2, on déplace la lentille. Y a-t-il une autre position de la lentille qui permette d'obtenir à nouveau une image nette ?

Exercice 3 (6 points) Interférences.

- 3.1** Après avoir rappelé ce que l'on veut dire par *deux sources cohérentes*, décrire brièvement, en vous aidant d'un schéma, l'expérience des fentes de Young et montrer que l'interfrange i est donnée par $\lambda D/a$, où λ est la longueur d'onde de la lumière utilisée, a est la distance entre les fentes et D est la distance entre l'écran et le plan contenant les fentes ($D \gg a$).
- 3.2** *Application numérique* : La longueur d'onde λ utilisée étant de 500 nm et la distance D étant de 1 m, l'expérience donne une valeur de l'interfrange i égale à 2,5 mm. Calculer la distance a entre les fentes.
-

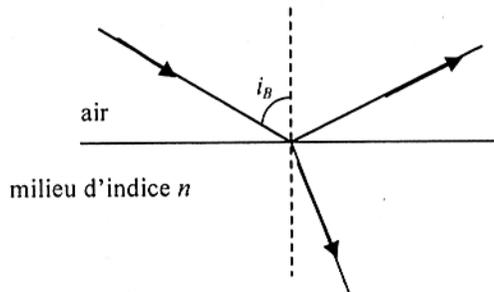
Durée : 1h 30min

Remarques :

- Ce sujet comprend 5 exercices. Il est noté sur 16 points, le contrôle continu effectué pendant le semestre ayant été noté sur 4.
- Les calculatrices et les documents sont interdits.
- Dans les deux derniers exercices, on demande simplement d'indiquer si chacune des propositions A à E est vraie ou fausse.

Exercice 1 (3 points) Réfraction et réflexion sur un dioptre plan.

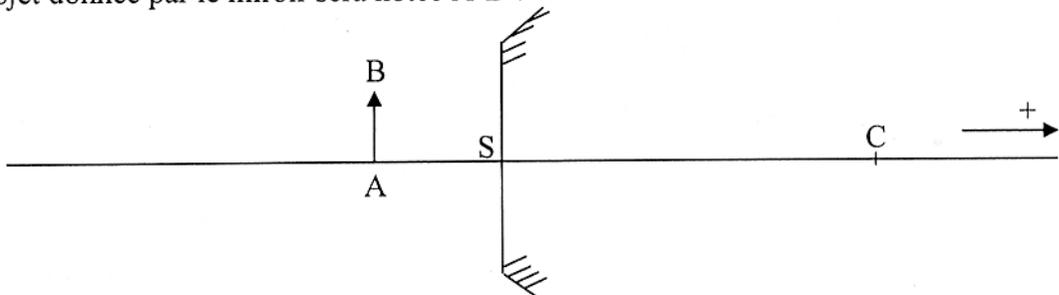
Un dioptre plan sépare l'air d'un milieu d'indice n . Un rayon, incident dans l'air sur ce dioptre, se partage en deux parties dès qu'il arrive sur la surface de séparation (voir figure) : une partie est réfléchi dans l'air et l'autre partie est réfractée dans le milieu d'indice n .



Pour un angle d'incidence bien particulier (noté i_B), le rayon réfléchi est perpendiculaire au rayon réfracté. Cet angle d'incidence, i_B , est appelé l'angle d'incidence de Brewster. Exprimer i_B en fonction de n .

Exercice 2 (3 points) Image donnée par un miroir convexe.

Soit un miroir sphérique convexe de 120 cm de rayon. Un objet lumineux, AB, de 3 cm de hauteur (A est sur l'axe principal du miroir) est placé à 40 cm devant le miroir. L'image de cet objet donnée par le miroir sera notée A'B'.



- 2.1 Déterminer, par le calcul, la position, la nature (réelle ou virtuelle) et la grandeur de l'image A'B'.
- 2.2 Faire une construction géométrique claire de cette image.

Exercice 3 (5 points) Téléobjectif.

- 3.1 Un téléobjectif est constitué par un doublet (8, 5, -4). La lumière rencontre d'abord la lentille convergente. Sachant que l'intervalle optique Δ de ce doublet ($\Delta = \overline{F'_1 F_2}$) est égal à + 1 cm, calculer les distances focales images f'_1 et f'_2 des lentilles, ainsi que la distance e entre les centres optiques.
- 3.2 Où faut-il placer un écran pour recevoir l'image, par ce téléobjectif, d'un objet situé à l'infini ?
- 3.3 Sachant que l'objet lointain a un diamètre apparent α , exprimer, en fonction de α , la grandeur de l'image finale A'B' obtenue sur l'écran (on trouvera d'abord l'expression de la grandeur de l'image intermédiaire, A₁B₁, donnée par la première lentille, puis celle de l'image finale A'B').

Dans les deux exercices qui suivent, on demande simplement d'indiquer si chacune des propositions A à E est vraie ou fausse.

Exercice 4 (2,5 points) Caractéristiques d'une onde.

Une vibration lumineuse, associée à une onde plane monochromatique se propageant dans un milieu d'indice de réfraction n , est représentée par $s(t) = A \cos(\omega t - \varphi)$.

On note c la vitesse de la lumière dans le vide, et T , la période temporelle de la vibration.

- A. A est l'amplitude de la vibration ;
- B. ω est la pulsation ;
- C. φ est la différence de marche ;
- D. $\omega = 2\pi/T$;
- E. λ (longueur d'onde de la lumière dans le milieu considéré) = $c T$.

Exercice 5 (2,5 points) Interférence de deux ondes.

Deux vibrations lumineuses cohérentes se propagent dans un même milieu, se superposent et interfèrent. Elles sont en phase.

- A. L'amplitude résultante est maximum ;
- B. leur différence de marche est un nombre entier de longueurs d'onde ;
- C. elles peuvent avoir des longueurs d'onde différentes ;
- D. elles peuvent avoir des vitesses différentes ;
- E. les interférences sont constructives.

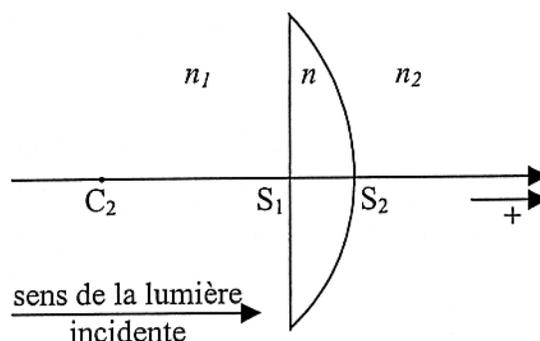
Durée : 1h 30min

Remarques :

- Ce sujet comprend 3 exercices.
- Les calculatrices et les documents sont interdits.

Exercice 1 (6 points)

- 1.1** Rappeler, sans la démontrer, la formule de conjugaison (avec origine au sommet) qui permet de relier la position d'un objet A à celle de son image A' donnée par un dioptre sphérique de sommet S et de centre de courbure C, séparant deux milieux transparents, homogènes et isotropes, d'indices n et n' (la lumière arrive sur le dioptre du côté du milieu d'indice n).
- 1.2** Que serait la formule précédente s'il s'agissait d'un dioptre plan au lieu d'un dioptre sphérique ?
- 1.3** Soit la lentille plan-convexe représentée ci-dessous. L'indice du verre dont est formée la lentille est n , celui du milieu d'entrée est n_1 et celui du milieu de sortie est n_2 .



En considérant cette lentille comme une association d'un dioptre plan et d'un dioptre sphérique, et sachant qu'elle est mince pour que l'on puisse confondre S_1 et S_2 en un même point S, déterminer l'expression littérale de la formule de conjugaison qui permet de relier la position d'un objet A à celle de son image A' donnée par la lentille.

- 1.4** On suppose maintenant que la lentille baigne dans l'air (c'est-à-dire $n_1 = n_2 = 1$). Sachant que $n = 3/2$ et que $\overline{S_2 C_2} = -50$ cm, déterminer numériquement la position de l'image A' lorsque l'objet A est tel que $\overline{SA} = -20$ cm.
- 1.5** Calculer la distance focale image de cette lentille lorsqu'elle baigne dans l'air.

Exercice 2 (10 points)

Dans cet exercice, il est fortement conseillé d'utiliser la formule de conjugaison de Newton (avec origines aux foyers) pour les lentilles. Par ailleurs, la dernière question, (2.4), est indépendante des trois autres et peut donc être traitée en premier.

Deux lentilles minces convergentes, L_1 et L_2 , ayant même axe principal, sont disposées de manière à former un système afocal (on rappelle qu'un système est dit afocal si tout rayon incident sur ce système parallèlement à l'axe principal émerge du système parallèlement à l'axe principal). Les foyers de L_1 seront appelés F_1 et F'_1 , et ceux de L_2 , F_2 et F'_2 . Les distances focales images de ces lentilles seront notées, respectivement, f'_1 et f'_2 .

- 2.1** Montrer que la relation entre les abscisses $\overline{F_1 A} = x_1$ et $\overline{F_2 A'} = x_2$ d'un point lumineux A de l'axe principal et de son image A' à travers le système est donnée par

$$x_2 = x_1 \left(\frac{f'_2}{f'_1} \right)^2 + 2f'_2 .$$

- 2.2** Montrer que le point C qui coïncide avec son image par ce système est le point qui divise le segment $\overline{F'_2 F_1}$ dans le rapport des carrés des distances focales, $\left(\frac{f'_2}{f'_1} \right)^2$

[c'est-à-dire on montrera que $\frac{\overline{F'_2 C}}{\overline{F_1 C}} = \left(\frac{f'_2}{f'_1} \right)^2$].

- 2.3** Si l'on définit C par ses abscisses $\overline{F_1 C}$ et $\overline{F_2 C}$ et si l'on pose $X_1 = \overline{CA}$ et $X_2 = \overline{CA'}$, trouver, en vous basant sur les résultats des deux questions précédentes, la relation (simple) liant X_1 à X_2 .

- 2.4** On donne $f'_1 = 2$ cm et $f'_2 = 4$ cm et on dispose les lentilles de façon à ce que la distance e entre leurs centres optiques O_1 et O_2 soit de 2 cm ($e = \overline{O_1 O_2} = 2$ cm). Le système est-il toujours afocal ? Déterminer alors la position de ses foyers, F et F' , et de ses points principaux, H et H' (par construction et par le calcul).

Exercice 3 (4 points)

On considère deux vibrations de la forme :

$$y_1(t) = a \cos \omega t \quad \text{et} \quad y_2(t) = a \cos (\omega t + \varphi).$$

Déterminer, par la méthode de votre choix, l'expression de la résultante de ces deux vibrations.