

Examen Phys102 « Lumière, image, couleurs »

9 janvier 2018, de 9h30 à 11h30

*La durée de l'épreuve est de 2h. Les copies doivent être rendues anonymes.
Sont interdits : tous documents personnels (notes, polys, ...) ainsi que les ordinateurs portables. Les téléphones portables doivent impérativement être rangés dans les sacs, en position éteinte. La calculatrice est autorisée.
Le sujet comporte 4 parties indépendantes. Il comprend 6 pages.
Barème indicatif : I sur 6, II sur 4, III sur 2,5, IV sur 7,5.
Les annexes (pages 5-6) sont à détacher et à rendre avec la copie. Veuillez recopier votre numéro d'anonymat sur chaque annexe et feuille supplémentaire.*

I- Prisme

Un dioptre plan sépare un milieu constitué d'un verre d'indice $N = \sqrt{2}$ d'un milieu constitué d'air d'indice $n = 1$. Un rayon incident se propageant dans le verre arrive sur le dioptre sous l'incidence i au point d'incidence I (figure 1).

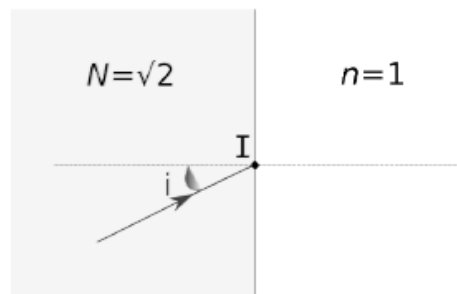


Figure 1 : Dioptre verre-air

- a) Rappeler les lois de Snell-Descartes.
- b) A quelle condition sur i existe-t-il un rayon réfracté ? Calculer la valeur de l'angle limite de réflexion totale.

Un prisme de verre d'indice $N = \sqrt{2}$ a pour section droite un triangle ABC rectangle en A. Les deux autres angles du triangle valent $\hat{B} = 30^\circ$ et $\hat{C} = 60^\circ$. La face AB est argentée de façon à former un miroir plan. Un rayon lumineux arrive sur la face hypoténuse BC sous incidence normale au point I et se propage dans le prisme (voir annexe 1).

- c) Calculer la valeur de l'angle d'incidence i_1 en J sur le côté AB.
- d) Le rayon réfléchi par la face AB arrive sur la face BC sous une incidence i_2 au point K. Calculer l'angle i_2 . Le rayon est-il réfléchi, réfracté, ou les deux, par le dioptre BC ? Justifier précisément la réponse.
- e) Indiquer sur l'annexe 1 la trajectoire complète du rayon sortant du prisme en montrant quelle est la face du prisme par laquelle sort le rayon lumineux et en précisant l'angle de réfraction correspondant.

II- Couleurs

1- On superpose sur un écran blanc plusieurs faisceaux colorés.

a. Quel type de synthèse réalise-t-on ?

b. Quelle est la couleur observée lorsqu'on superpose les faisceaux émis suivant :

Faisceaux Vert et Rouge

Faisceaux Bleu et Rouge

Faisceaux Vert et Magenta

Faisceaux Vert et Bleu

On représentera les 4 spectres obtenus en fonction de la longueur d'onde.

2- On interpose sur le trajet d'un faisceau de lumière blanche un ou plusieurs filtres colorés.

a. Quel type de synthèse réalise-t-on ?

b. Dire quelle est la couleur résultante lorsque la lumière blanche passe au travers de l'ensemble de ces filtres :

Filtres Jaune et Magenta

Filtres Jaune et Rouge

Filtres Jaune et Cyan

Filtres Cyan, Magenta et Jaune

On justifiera en représentant les spectres transmis par chacun de ces filtres individuels et par les différentes superpositions du filtre.

III- Utilisation de la relation de conjugaison d'un miroir sphérique

Soit un miroir sphérique de sommet S, de centre C, et de rayon $R = \overline{SC}$, utilisé dans les conditions de Gauss. On rappelle que la relation de conjugaison d'un miroir sphérique reliant la position d'un point A de l'axe optique à celle de son image A' dans les conditions de Gauss est :

$$\frac{1}{\overline{SA}} + \frac{1}{\overline{SA'}} = \frac{2}{\overline{SC}}$$

Un expérimentateur souhaite déterminer le rayon de courbure d'un miroir sphérique. Pour cela, il forme une image d'une diapositive sur un écran à l'aide de ce miroir sphérique et mesure les distances de ce montage : la diapositive est placée à 12,0 cm avant le sommet du miroir (on ne considèrera pas d'incertitude sur cette mesure) et l'expérimentateur trouve que l'image est nette sur l'écran pour $\overline{SA'} = -5,0 \pm 0,5$ cm

- Calculer l'incertitude sur le rayon de courbure du miroir par la méthode de l'encadrement.
- Calculer la valeur du rayon de courbure et écrire le résultat avec son incertitude.
- Déduire si le miroir est convexe ou concave (justifier).

IV- Focométrie : Méthode de Badal

On souhaite mesurer la distance focale f' d'une lentille divergente L . La méthode utilisée est la méthode de Badal, décrite dans cet exercice.

Un objet noté AB réel est placé dans le plan focal objet d'une première lentille convergente L_1 de distance focale $f'_1 = 20$ cm. A est confondu avec le foyer objet F_1 et l'objet AB est perpendiculaire à l'axe optique.

a) Où se trouve l'image A_1B_1 de l'objet AB , formée par la lentille L_1 ?

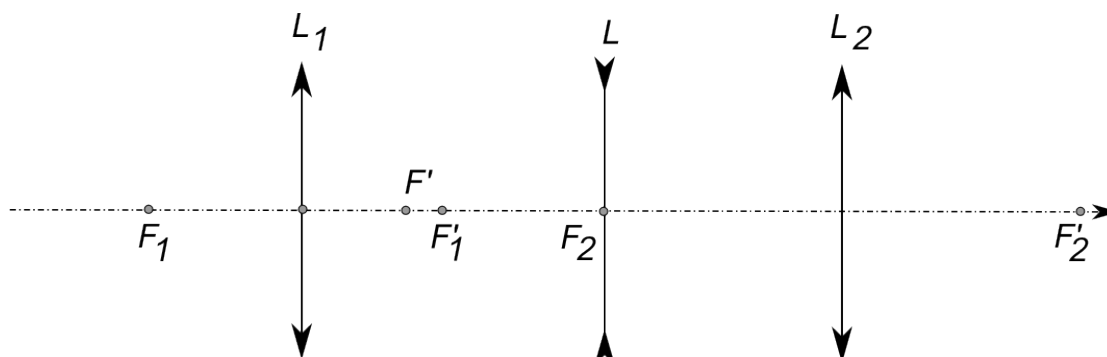
Une seconde lentille convergente L_2 de distance focale $f'_2 = 10$ cm est placée derrière L_1 à une distance de 14 cm.

b) Où se trouve l'image A_2B_2 de A_1B_1 formée par la lentille L_2 ? Selon vous, la distance entre L_1 et L_2 influe-t-elle sur la position de l'image finale A_2B_2 par rapport à L_2 ?

c) Faire un tracé de rayons correspondant sur l'annexe 2, à l'échelle 0,5, sur lequel devront figurer les deux lentilles L_1 et L_2 et leurs points caractéristiques, et l'image finale A_2B_2 .

L'expérience est réalisée sur un banc optique. L'image finale A_2B_2 est formée sur un écran. Le banc optique est gradué et on relève la position de l'écran lorsque l'image est nette. Cette position est notée x_0 . La lecture des graduations donne la valeur: $x_0 = 57,1 \pm 0,3$ cm.

On place enfin la lentille divergente notée L , de distance focale f' à déterminer, dans le plan focal objet de L_2 comme représenté sur la figure ci-dessous. Son foyer image est noté F' . Nous appelons toujours A_1B_1 l'image de AB formée par la lentille L_1 .



d) Où se situe l'image notée $A'B'$ de A_1B_1 formée par la lentille L ?

L'écran doit être déplacé à la nouvelle position x_0' pour que l'image finale A_2B_2 soit nette sur l'écran. Cette position est repérée sur le banc à la valeur $x_0' = 66,6 \pm 0,3$ cm. On appelle D la distance dont on a déplacé l'écran, c'est à dire $D = x_0' - x_0$

e) Déterminer D et son incertitude.

f) L'annexe 3 est le schéma (à l'échelle ≈ 0.5) avec les trois lentilles L_1 , L et L_2 dans le cas où la lentille L a une distance focale $f' = -10$ cm et la distance entre les deux lentilles L_1 et L_2 est toujours de 14 cm. A l'aide d'un tracé de rayons, trouver la position de l'image $A'B'$ formée par la lentille L puis l'image A_2B_2 formée par L_2 .

g) Faire apparaître la distance D sur l'annexe 3.

Pour une lentille test (convergente ou divergente) formant une image A' (réelle ou virtuelle) sur l'axe optique d'un objet ponctuel A (réel ou virtuel) situé sur l'axe optique, la formule de conjugaison reliant les positions de A et de A' par rapport aux foyers F_{test} et F'_{test} de la lentille est :

$$\overline{F_{test}A} \times \overline{F'_{test}A'} = -f'^2_{test}$$

h) En appliquant cette relation pour la lentille L_2 et en vous appuyant sur votre schéma de l'annexe 3, démontrer que la distance focale de la lentille divergente L vérifie :

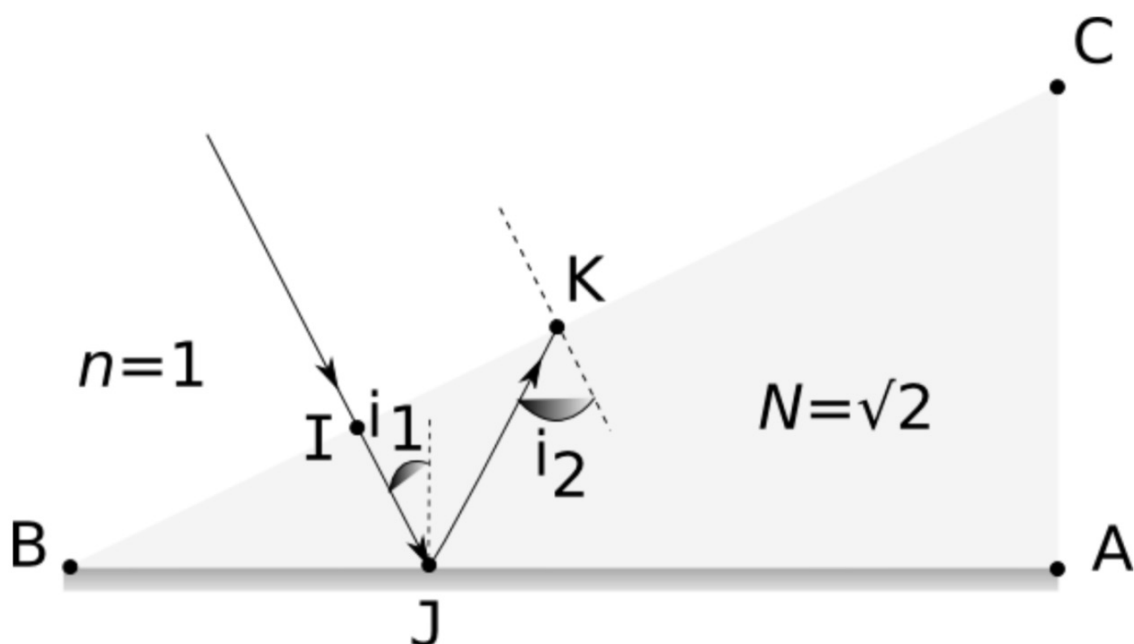
$$f' = -\frac{f'^2_2}{D}.$$

i) On considère que f'_2 est connu sans incertitude ($f'_2 = 10 \text{ cm}$). Déterminer $\delta f'$ en utilisant la méthode de la dérivée. Ecrire le résultat de f' avec son incertitude.

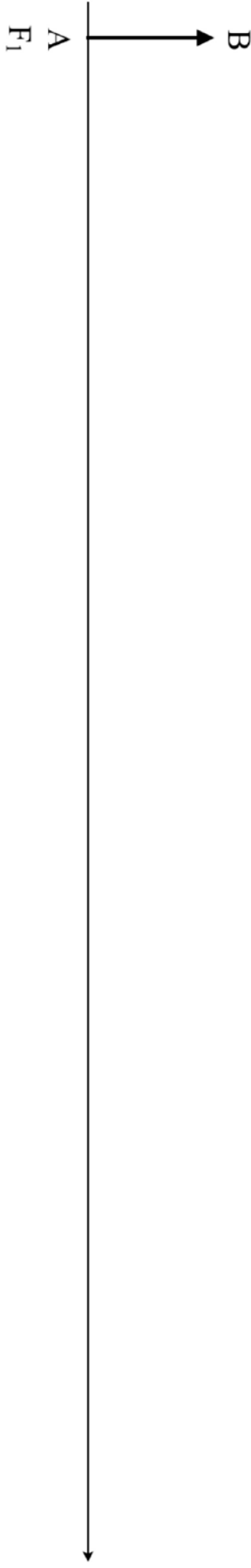
FIN DU SUJET D'EXAMEN janvier 2018

Les annexes sont à rendre avec la copie
N° d'anonymat :

Annexe 1 : Propagation dans le prisme



Annexe 2 : Schéma avec L_1 et L_2



Annexe 3 : Schéma avec L_1 , L et L_2

