

L1 - Sciences Fondamentales et Appliquées - Physique 3

Examen Terminal - Session 1 (1h30)

Toutes les réponses doivent être justifiées

1 L'oeil - Correction d'un défaut de vision (9 pts)

On considère un oeil présentant un défaut de vision. Dans tout l'exercice, cet oeil sera modélisé du point de vue optique par un dioptré sphérique équivalent de vergence variable, dont le sommet S est placé sur la face d'entrée de l'oeil (sommet de la cornée). Ce dioptré sépare le milieu extérieur (indice optique 1) de l'humeur vitrée de l'oeil (indice 1,339).

A - Oeil non corrigé (4 pts)

Un examen ophtalmologique montre que le *punctum remotum* (PR) et le *punctum proximum* (PP) de cet oeil sont respectivement à 25 cm et à 12 cm devant l'oeil. Une mesure de la distance cristallin-rétine donne 20 mm.

1. Rappeler les définitions du PR et du PP. (0,5 pt + 0,5 pt)

Le PR est le point le plus éloigné que peut voir nettement un oeil. Pour voir nettement un objet placé au PR, l'oeil n'accomode pas.

Le PP est le point le plus rapproché que peut voir nettement un oeil. Pour voir nettement un objet placé au PP, l'oeil accomode au maximum.

2. Déduire des mesures du PR et du PP le défaut de cet oeil. (1 pt)

PR = 25 cm \ll PR d'un oeil emmétrope (= ∞). PP = 12 cm $<$ PP d'un oeil emmétrope (\simeq 25 cm). Ces caractéristiques correspondent à un oeil myope.

3. - a) - Calculer la vergence V_{repos} de cet oeil lorsqu'il n'accomode pas et la vergence V_{acc} de cet oeil lorsqu'il accomode au maximum. (0,5 pt + 0,5 pt)

L'oeil au repos forme sur la rétine l'image nette d'un objet placé au PR (qui est à 25 cm devant l'oeil). La relation de conjugaison du dioptré sphérique s'écrit :

$$\frac{1,339}{20 \cdot 10^{-3}} - \frac{1}{-25 \cdot 10^{-2}} = V_{repos} = 70,95\delta$$

Lorsqu'il accomode au maximum, l'oeil forme sur la rétine l'image nette d'un objet placé au PP (qui est à 12 cm devant l'oeil). On a donc :

$$\frac{1,339}{20 \cdot 10^{-3}} - \frac{1}{-12 \cdot 10^{-2}} = V_{acc} = 75,28\delta$$

- b) - Définir l'amplitude dioptrique A . Calculer sa valeur. (0,5 pt + 0,5 pt)

Par définition, $A = V_{acc} - V_{repos} = 4,33 \delta$.

B - Correction du défaut (5 pts)

Pour corriger ce défaut, l'ophtalmologue propose à son patient une paire de lunettes dont les verres sont positionnés à 1,2 cm du sommet S de la cornée.

1. Quel type de verre (convergent ou divergent) doit-on utiliser pour corriger ce défaut ? (0,5 pt)

L'oeil myope est trop convergent (cf. les valeurs de son PR, de son PP et de sa vergence au repos). Ce défaut est donc corrigé à l'aide de verres divergents.

2. On souhaite corriger la vision lointaine : l'association de la lentille correctrice L (de centre optique O_L et de foyers F_{oL} et F_{iL}) équipant la paire de lunettes et de l'oeil au repos doit permettre de former sur la rétine R l'image d'un objet à l'infini.

- a) - Montrer que le PR de l'oeil doit être confondu avec le foyer image F_{iL} de la lentille correctrice. **(1,5 pt)**

$$A_o \text{ à l'infini } \xrightarrow{L} F_{iL} = \text{PR} \xrightarrow{\text{Oeil au repos}} R.$$

- b) - En utilisant une simple relation de Chasles ou un schéma, déduire la distance focale f_{iL} et la vergence V_L de la lentille correctrice. **(1,5 pt)**

$$f_{iL} = \overline{O_L F_{iL}} = \overline{O_L \text{PR}} = \overline{O_L S} + \overline{S \text{PR}} = 1,2 \cdot 10^{-2} - 25 \cdot 10^{-2} = -23,8 \text{ cm et } V_L = \frac{1}{f_{iL}} = -4,2 \delta.$$

3. Calculer la vergence V_{corr} de l'oeil corrigé. **(1,5 pt)**

La formule de Gullstrand donne : $V_{corr} = V_L + V_{repos} - e \cdot V_L \cdot V_{repos} = 70,32 \delta.$

2 Miroir de dentiste (5 pts)

1. Quelles doivent être la vergence V , la nature (convergent ou divergent), le rayon de courbure \overline{SC} et la concavité (concave ou convexe) d'un miroir de dentiste qui donne d'une dent placée à 2 cm devant lui une image droite agrandie 5 fois? **(2,5 pts)**

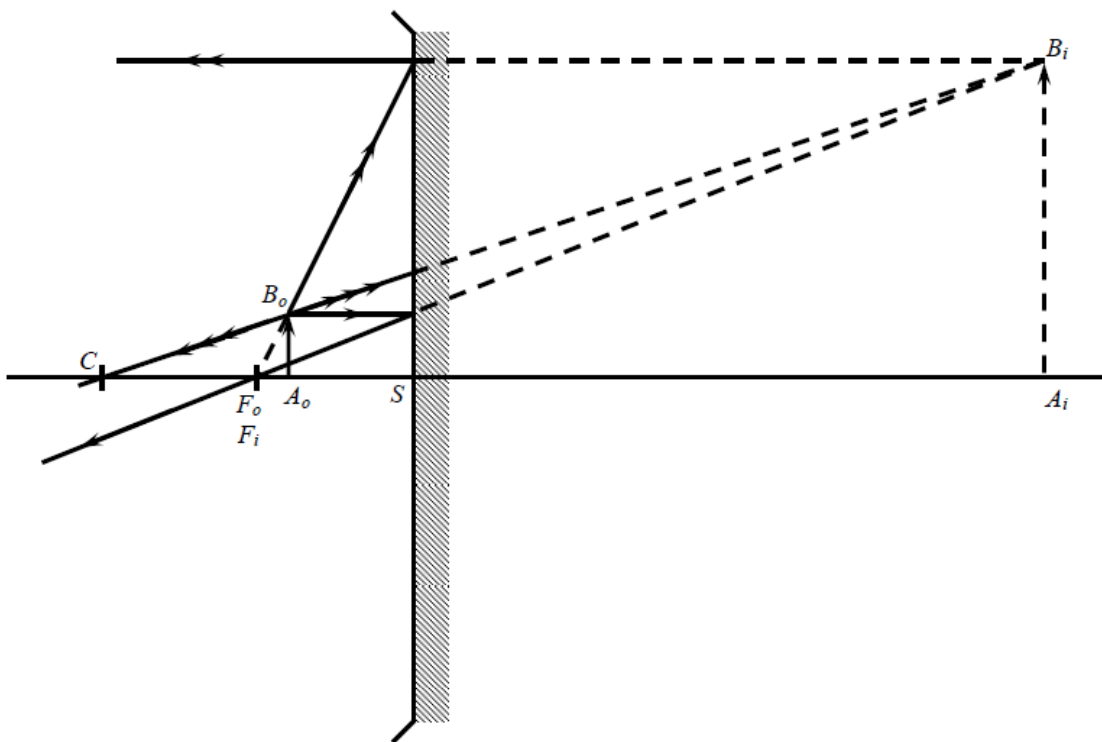
$$G_t = \frac{\overline{SA_i}}{\overline{SA_o}} = +5 \text{ et } \overline{SA_o} = -2 \cdot 10^{-2} \text{ m} \Rightarrow \overline{SA_i} = -10 \cdot 10^{-2} \text{ m}$$

$$\frac{1}{\overline{SA_i}} - \frac{1}{\overline{SA_o}} = V = +40 \delta \Rightarrow \text{Miroir convergent}$$

$$V = \frac{-2}{\overline{SC}} \Rightarrow \overline{SC} = -5 \text{ cm} \Rightarrow \text{Miroir concave}$$

2. Vérifier ces résultats à l'aide d'une construction graphique. On prendra une échelle 1 le long de l'axe optique et un objet $\overline{A_o B_o}$ de 1 cm. On tracera l'image de $\overline{A_o B_o}$ à l'aide de trois rayons lumineux remarquables. **(2,5 pts)**

cf. figure.



3 Détermination de la distance focale d'une lentille divergente (6 pts)

Un opticien souhaite mesurer la distance focale image f_{id} d'une lentille divergente L_d de centre optique O_d utilisée dans l'air. Il procède pour cela à une expérience en deux étapes :

- Etape 1 : Il place la lentille divergente L_d entre un objet $\overline{A_oB_o}$ et un écran fixe E . La distance entre L_d et $\overline{A_oB_o}$ est notée d . Il insère alors une lentille convergente L_c entre L_d et l'écran E de façon à obtenir une image nette $\overline{A_iB_i}$ sur l'écran.
- Etape 2 : Il retire la lentille divergente L_d et laisse la lentille L_c à la même position. Il doit alors rapprocher l'objet $\overline{A_oB_o}$ de la quantité Δd vers l'écran pour que l'image soit à nouveau nette.

1. Pourquoi est-il nécessaire d'insérer une lentille convergente entre L_d et l'écran E pour obtenir une image nette sur l'écran lors de la première étape ? **(1 pt)**

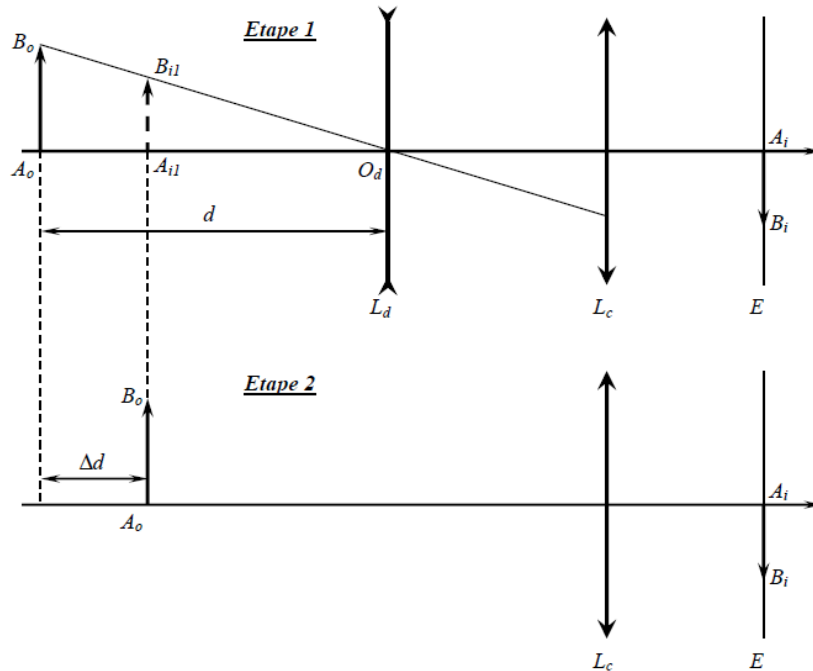
$\overline{A_oB_o}$ est un objet réel. Or, les seules configurations possibles avec une lentille divergente seule sont : $OR \rightarrow IV$, $OV \rightarrow IR$ et $OV \rightarrow IV$. La lentille L_d seule ne permet donc pas de former une image réelle de $\overline{A_oB_o}$ sur un écran. Il est donc nécessaire d'insérer une lentille convergente.

2. - a) - Quel rôle joue l'image $\overline{A_{i1}B_{i1}}$ donnée par la lentille divergente L_d à l'étape 1 pour la lentille convergente L_c ? **(0,5 pt)**

L'image $\overline{A_{i1}B_{i1}}$ joue le rôle d'objet réel pour la lentille convergente L_c .

- b) - Déterminer par un raisonnement simple et sans appliquer de relation de conjugaison la distance entre l'image $\overline{A_{i1}B_{i1}}$ et la lentille L_d en fonction des données du problème. **(2 pts)**

A l'étape 1, la lentille L_c conjugue l'image virtuelle $\overline{A_{i1}B_{i1}}$ donnée par L_d et le plan de l'écran E . Lorsqu'on retire L_d à l'étape 2 tout en laissant la lentille L_c à la même position, l'objet $\overline{A_oB_o}$ doit donc être placé à la position qu'occupait l'image virtuelle $\overline{A_{i1}B_{i1}}$ de l'étape 1 si l'on veut retrouver une image nette sur l'écran (cf. figure). La



distance entre L_d et l'image virtuelle $\overline{A_{i1}B_{i1}}$ est donc égale à $d - \Delta d$.

3. En appliquant la relation de conjugaison à L_d , donner l'expression de la distance focale image f_{id} et de la vergence V_d de la lentille L_d . Application numérique : $d = 80$ cm et $\Delta d = 50$ cm. **(2,5 pts)**

$\overline{O_dA_o} = -d$ et $\overline{O_dA_{i1}} = -(d - \Delta d) = \Delta d - d$. La relation de conjugaison s'écrit :

$$\frac{1}{\overline{O_dA_{i1}}} - \frac{1}{\overline{O_dA_o}} = \frac{1}{f_{id}} \Rightarrow \frac{1}{\Delta d - d} - \frac{1}{-d} = \frac{1}{f_{id}} \Rightarrow f_{id} = \frac{d(\Delta d - d)}{\Delta d} \text{ et } V_d = \frac{\Delta d}{d(\Delta d - d)}$$

A.N. : $f_{id} = -0,48$ m et $V_d = -2,083$ δ .