Physique Générale A

Série d'exercices 17: Optique 17 mars 2026

Remarque : les exercices au format QCM devraient être réalisables en 2 minutes environ. Des exercices plus longs sont proposés afin d'approfondir vos connaissances. Ceux-ci font toutefois partie du champ de l'examen.

1.) **Lentille mince :**

A. Vrai. La surface gauche de la lentille biconcave (A) a son centre de courbure situé à gauche de la surface. Par convention, le rayon de courbure est donc négatif.

B. Vrai. La distance focale est donnée par :

$$\frac{1}{f} = (n-1)\left(\frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2}\right)$$

Pour la première lentille (A), on a : $R_{1,A} < 0$ et $R_{2,A} > 0$.
Pour la deuxième lentille (B), on a : $R_{1,B} = \infty$ et $R_{2,B} = R_{2,A}$.

Alors :

$$\frac{1}{f_A} = (n-1)\left(\frac{1}{R_{1,A}} - \frac{1}{R_{2,A}}\right) = -(n-1)\left(\frac{1}{|R_{1,A}|} + \frac{1}{|R_{2,A}|}\right),$$
$$\frac{1}{f_B} = (n-1)\left(\frac{1}{R_{1,B}} - \frac{1}{R_{2,B}}\right) = -(n-1)\left(\frac{1}{|R_{2,A}|}\right).$$

Il s'ensuit que :

$$\frac{1}{f_A} = \frac{1}{f_B} - \frac{(n-1)}{|R_{1,A}|}.$$

Les deux focales sont négatives (lentilles divergentes). On a $1/f_A < 1/f_B < 0$, donc $|f_A| < |f_B|$, c'est-à-dire que la lentille (B) a une distance focale plus grande en valeur absolue.

C. Faux. La troisième lentille (C) est un ménisque divergent : elle est plus épaisse aux bords qu'en son centre, donc elle est divergente.

D. Faux. La quatrième lentille (D) est biconvexe, pas plan-concave.

2.) **QCM A, Equation des lunetiers**

D. Pour calculer le rayon de courbure de la lentille, on utilise l'équation des lunetiers:

$$\frac{1}{f} = (n-1)\left(\frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2}\right)$$

On isole R_2:

$$\frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2} = \frac{1}{f(n-1)}$$
$$\frac{1}{R_2} = \frac{1}{R_1} - \frac{1}{f(n-1)}$$

ce qui nous donne:

$$R_2 = \frac{1}{\frac{1}{R_1} - \frac{1}{f(n-1)}}$$

En remplaçant par les valeurs données dans l'énoncé

$$R_2 = \frac{1}{\frac{1}{0.12} - \frac{1}{0.15(1.5-1)}} \text{ m}$$

On trouve finalement $R_2 = -20$ cm. On rappelle que par convention le rayon de courbure est négatif si le centre de courbure est situé à gauche de la surface. On a donc ici une lentille bi-convexe.

3.) **Lentille divergente :**

A. Faux. L'image produite par une lentille divergente est virtuelle: on ne peut pas l'observer directement sur un écran car elle se forme entre l'objet et la lentille. Pour l'observer, il faut en refaire l'image grâce à une deuxième lentille.

B. Faux. L'image virtuelle créée par la lentille divergente est droite.

C. Faux. Grâce à l'équation de conjugaison et à la formule pour le grandissement, on peut calculer la position et la hauteur de l'image créée par la lentille.

La formule du grandissement nous donne

$$G \equiv \frac{y_i}{y_o} = -\frac{s_i}{s_o}$$

donc

$$y_i = -y_0 \frac{s_i}{s_o}$$

L'équation de conjugaison nous donne

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{s_o} + \frac{1}{s_i}$$

On isole s_i

$$\frac{1}{s_i} = \frac{1}{f} - \frac{1}{s_o}$$
$$\frac{1}{s_i} = \frac{s_o - f}{f \cdot s_o}$$
$$s_i = \frac{f \cdot s_o}{s_o - f}$$

On trouve finalement y_i:

$$y_i = -y_o \frac{s_i}{s_o} = -\frac{f \cdot s_o \cdot y_o}{s_o(s_o - f)} = -\frac{f \cdot y_o}{s_o - f}$$

L'énoncé nous donne: $y_o = 10$ cm, $s_o = 40$ cm et $f = -20$ cm car c'est une lentille divergente, donc le signe de f est négatif.

$$\Rightarrow y_i \quad = \quad -\frac{f \cdot y_o}{s_o - f} = -\frac{-0.2 \cdot 0.1}{0.4 - (-0.2)} \approx 3.3 \text{ cm}$$

Avec la formule du grandissement on peut maintenant calculer s_i:

$$s_i = -\frac{y_i \cdot s_o}{y_o}$$

En remplaçant y_i par la formule trouvée précédemment on trouve:

$$s_i = -\frac{-f \cdot y_o \cdot s_o}{y_o(s_o - f)} = \frac{f \cdot s_o}{s_o - f}$$

On trouve finalement
$$s_i = \frac{-0.2 \cdot 0.4}{0.4 - (-0.2)} \approx -13.3 \text{ cm}$$
s_i est négatif, l'image est donc du même coté que l'objet.
L'image fait 3.3 cm de haut et est virtuelle.

D. Vrai. Voir le calcul ci-dessus.

4.) **QCM A, Distance objet-image**

D. Le grandissement est donné par $G = -\frac{s_i}{s_o}$. Pour un grandissement de $G = -1$ on a donc $s_o = s_i$. L'image et l'objet sont situés à distance égale de chaque côté de la lentille.
La relation de conjugaison nous donne :
$$\frac{1}{s_o} + \frac{1}{s_i} = \frac{1}{f}$$
Comme $s_o = s_i = s$ l'équation devient:
$$\frac{1}{s} + \frac{1}{s} = \frac{1}{f}$$
$$\frac{2}{s} = \frac{1}{f}$$
donc
$$s = 2f$$
la distance totale objet-image est égale à la somme des distances s_o et s_i, soit une distance $2s$.
$$s_{tot} = 2s = 4f$$

5.) **Deux lentilles :**

A. Vrai. L'équation de conjugaison pour la première lentille donne :
$$\frac{1}{s_{i,1}} = \frac{1}{f_1} - \frac{1}{s_{o,1}} = \frac{s_{o,1} - f_1}{f_1 \cdot s_{o,1}}$$
d'où :
$$s_{i,1} = \frac{f_1 \cdot s_{o,1}}{s_{o,1} - f_1} = \frac{15 \times 20}{20 - 15} \text{ cm} = 60 \text{ cm}$$
L'image est réelle, formée à 60 cm à droite de la première lentille.

B. Faux. L'image de la première lentille sert d'objet pour la seconde. Si d est la distance entre les deux lentilles, la position de cet objet par rapport à la seconde lentille est :
$$s_{o,2} = d - s_{i,1} = 25 - 60 = -35 \text{ cm}$$
Le signe négatif indique un objet virtuel ($s_{o,2} < 0$), situé à droite de la seconde lentille. L'affirmation propose $s_{o,2} = +35$ cm, ce qui est faux.

C. Faux. L'équation de conjugaison pour la seconde lentille donne :
$$\frac{1}{f_2} = \frac{1}{s_{o,2}} + \frac{1}{s_{i,2}} = \frac{s_{i,2} + s_{o,2}}{s_{o,2} \cdot s_{i,2}}$$
d'où :
$$f_2 = \frac{s_{o,2} \cdot s_{i,2}}{s_{o,2} + s_{i,2}} = \frac{(-35) \times (-14)}{-35 + (-14)} \text{ cm} = -10 \text{ cm}$$
et **non** $-23{,}3$ cm. La valeur proposée est celle qu'on obtiendrait avec le mauvais signe $s_{o,2} = +35$ cm :
$$f_2^{\text{faux}} = \frac{35 \times (-14)}{35 + (-14)} \text{ cm} \approx -23{,}3 \text{ cm}$$

D. Vrai. Comme montré en B, $s_{o,2} = d - s_{i,1} < 0$: l'image de la première lentille tombe au-delà de la seconde lentille. L'objet pour la seconde lentille est donc virtuel.

6.) **Puissance dioptrique d'un système de lentilles minces:**

A. Les dioptries s'additionnent, contrairement aux focales: $D_{tot} = D_1 + D_2 + D_3$ mais $\frac{1}{f_{tot}} = \frac{1}{f_1} + \frac{1}{f_2} + \frac{1}{f_3}$.

7.) **Amétropie:**

A. Vrai.

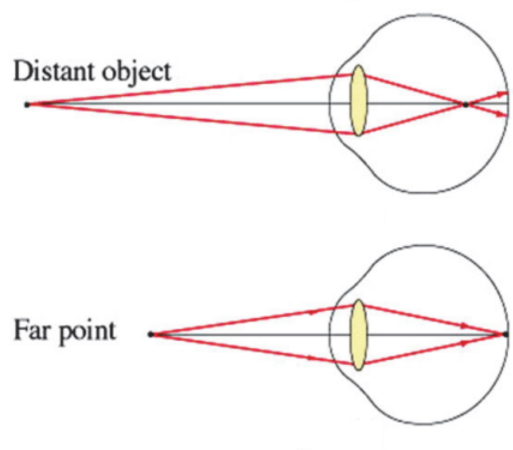
B. Vrai. En effet, comme un œil hypermétrope voit "déjà" flou quand l'œil est à sa position de repos, il verra tout ce qui est plus proche de lui encore plus flou et donc tout ce qui est plus éloigné que la position de repos de son œil moins flou.

C. Faux. Pour corriger la myopie, on utilise des verres divergents qui permettent de reculer l'image jusqu'à la rétine.

D. Vrai.

8.) **QCM K', Ophtalmologie**

L'étudiante voit bien de près, mais a des difficultés à voir de loin. Son *Punctum Remotum* (ou *Far Point*) n'est pas à l'infini, ce qui indique une myopie : l'image de l'objet se forme devant la rétine. Plusieurs causes sont envisageables.



Myopie : le Punctum Remotum se trouve à une distance réduite.

A. Vrai. L'indice de refraction et la courbure de la cornée et du cristallin permettent de faire converger les rayons lumineux sur la rétine. Si le globe oculaire est trop grand, la rétine sera trop éloignée et l'image se formera devant.

B. Faux. La cornée agit comme une lentille convergente. Un grand rayon de courbure diminue la convergence des rayons, ce qui éloigne le point image. Le problème de l'étudiante pourrait résulter au contraire d'une cornée dont le rayon de courbure serait trop faible.

C. Vrai. Augmenter l'indice de refraction d'une lentille augmente sa capacité à faire converger les rayons lumineux, ce qui rapproche le point image.

D. Vrai. Une lentille concave est divergente. En augmentant la divergence des rayons incidents, la trop grande capacité de l'oeil à faire converger les rayons sera compensée. Avec des verres adaptés, le foyer image se trouvera sur la rétine et l'image sera donc nette.

9.) **Lunettes:**

D. Comme $\delta_{\text{Sandoz}} = 65 > \delta_{\text{oeil sain}} = 59$ D, la distance à laquelle l'œil de Mme Sandoz focalise est avant la rétine:

$$\begin{aligned} f_{\text{Sandoz}} &= \frac{1}{\delta_{\text{Sandoz}}} = 0.0154 \text{ m} = 15.4 \text{ mm} \\ f_{\text{oeil sain}} &= \frac{1}{\delta_{\text{oeil sain}}} = 0.0169 \text{ m} = 16.9 \text{ mm} \\ &\Rightarrow \; f_{\text{Sandoz}} < f_{\text{oeil sain}} \end{aligned}$$

Mme Sandoz souffre donc de myopie. Pour corriger cette affection, il faut prescrire des verres divergents et la puissance optique des verres de correction vaudra:

$$\delta_{\text{corrigée}} = \delta_{\text{Sandoz}} + \delta_{\text{lunette}} \;\Leftrightarrow\; \delta_{\text{lunette}} = \delta_{\text{corrigée}} - \delta_{\text{Sandoz}}$$

$$\begin{aligned} \delta_{\text{corrigée}} &\equiv \delta_{\text{oeil sain}} = \delta_{\text{Sandoz}} + \delta_{\text{lunette}} \\ \Leftrightarrow \; \delta_{\text{lunette}} &= \delta_{\text{oeil sain}} - \delta_{\text{Sandoz}} \\ \Leftrightarrow \; \delta_{\text{lunette}} &= 59 - 65 = -6 \text{ D.} \end{aligned}$$

10.) **Exercice d'approfondissement, Lunette astronomique:**

A. Vrai. Les lentilles sont en position "afocale", on nous explique que cela correspond à une distance entre les deux lentilles égale à la somme des distances focales de chacune, soit $D_{1-2} = f_{ob} + f_{oc} = 900 + 6 = 906$ mm. Mars étant un objet très éloigné, on peut considérer qu'il est positionné à l'infini ($s_{o,ob} = \infty$). Alors l'image de Mars par l'objectif sera positionnée au foyer image de l'objectif, soit à une distance de $s_{i,ob} = 900$ mm de l'objectif. L'image formée par l'objectif constitue alors l'objet de l'oculaire, positionné à la distance $s_{o,oc} = 906 - 900 = 6$ mm de l'oculaire, c'est à dire au foyer objet de l'oculaire. L'image par l'oculaire se situera donc à l'infini.

B. Vrai. Voir explications ci-dessus.

C. Vrai. Il faut pour cela calculer le grandissement de la lunette, comme la notice nous l'explique: $G = \frac{f_{ob}}{f_{oc}} = \frac{900}{6} = 150$. Si on note α l'angle apparent de Mars à l'œil nu et α' l'angle apparent de Mars à travers la lunette, alors:

$$\alpha' = G \times \alpha = 150 \times 0.1 \text{ mrad}$$
$$\alpha' = 15 \text{ mrad.}$$

Un angle de 15 mrad correspond à l'angle formé par un objet de 15 mm observé à une distance de 1 m.

Remarque: on peut également travailler sur les distances vu que $G = \frac{\alpha'}{\alpha} = \frac{y_i}{y_o}$ où y_i et y_o sont les hauteurs respectivement de l'image et de l'objet de la lunette.

D. Faux. Pour inscrire l'image sur la pellicule (qui est finalement un écran), la pellicule doit être positionnée dans le plan image. Or, en sortie de la lunette, après l'oculaire, l'image est formée à l'infini. C'est à dire qu'un autre système optique est nécessaire afin de former cette image à une distance finie, observable sur un écran (réelle), par exemple un œil.

Toutefois, à l'intérieur de la lunette, l'image intermédiaire de Mars est formée à une distance finie, dans le plan du foyer image de l'objectif. Si l'on souhaite prendre une photographie de la planète avec cette lunette sans ajouter de système optique supplémentaire, c'est là qu'il faut positionner la pellicule.

11.) **Exercice d'approfondissement, Lunettes à double foyer**

A. Sans lunettes, au punctum remotum (distance maximale de vision distincte sans accommodation de l'œil), la puissance dioptrique des yeux d'Alain vaut :

$$D_{pr} = \frac{1}{s_o} + \frac{1}{s_i} = \frac{1}{1} + \frac{1}{0,025} = 41 \text{ D}. \tag{1}$$

Au punctum proximum (distance minimale de vision distincte avec accommodation maximale de l'œil), la puissance des yeux d'Alain vaut :

$$D_{pp} = \frac{1}{0,5} + \frac{1}{0,025} = 42 \text{ D}. \tag{2}$$

Son pouvoir d'accommodation sans lunettes est donc de $D_{pp} - D_{pr} = 1$ D (C'est faible. Pour une vision normale, le pouvoir d'accommodation est de 4 D).

B. La réponse est non. Si on monte des verres convergents sur les lunettes d'Alain, ceci corrigera sa presbytie (il pourra alors voir de près) mais cela empirera sa myopie: son punctum remotum sera encore plus rapproché. De même, si on monte des verres divergents, ceux-ci corrigeront la myopie (en repoussant punctum remotum à plus grande distance) mais péjoreront aussi sa presbytie en éloignant davantage le punctum proximum. Il faut donc avoir une combinaison de verres convergents et divergents pour espérer corriger de la myopie combinée à de la presbytie.

C. Nous avons vu plus haut que la puissance dioptrique des yeux d'Alain au punctum remotum est de $D_{pr} = 41$. Nous voulons maintenant que lorsqu'Alain porte ses lunettes double foyer et regarde à travers la partie supérieure de ses verres dont la dioptrie D_{Sup} est à determiner, le punctum remotum se trouve à l'infini. Nous avons donc :

$$D_{pr} + D_{Sup} = \frac{1}{\infty} + \frac{1}{0,025} = 40 \text{ D} . \tag{3}$$

Avec $\frac{1}{\infty}$ qui tend vers 0, nous trouvons $D_{Sup} = 40 - D_{pr} = -1$ D. Il faut donc des verres supérieurs avec une puissance optique de -1 D.

D. A nouveau, nous avons vu plus haut que la puissance dioptrique des yeux d'Alain au punctum proximum est de $D_{pp} = 42$. Nous voulons maintenant que lorsqu'Alain regarde à travers la partie inférieure de ses verres avec dioptrie D_{Inf}, le punctum proximum se trouve à 25 cm. Nous avons donc :

$$D_{pp} + D_{Inf} = \frac{1}{0,25} + \frac{1}{0,025} = 44 \text{ D} . \tag{4}$$

Et nous trouvons $D_{Inf} = 44 - D_{pp} = 2$ D. La partie inférieure des verres corrige la presbytie d'Alain avec une puissance optique de 2 D.

E. Avec ses lunettes à double foyer, le pouvoir d'accommodation d'Alain est de $(D_{pp} + D_{Inf}) - (D_{pr} + D_{Sup}) = 4$ D, ce qui correspond à une vision normale (mais avec le désavantage de devoir regarder les objets lointains dans la partie supérieure des verres et les objets proches dans la partie inférieure).