Correction de l'exercice
"La correction de l'hypermétropie"
(d'après E3C Physique-Chimie – Sujet zéro 2020 - avec tableau du 2. modifié)

Corrigé réalisé par B. Louchart, professeur de Physique-Chimie
© *http://b.louchart.free.fr*

1. Un défaut visuel : l'hypermétropie

1.1. D'après la brochure, l'hypermétropie est une affection qui perturbe la vision d'objets proches qui sont alors flous, ce qui correspond aux symptômes de l'élève.
C'est donc cohérent.

1.2.1. voir graphique à la fin du corrigé

1.2.2. L'image est inversée et est représentée sur la feuille par une flèche de longueur 3,5 mm.
Comme l'échelle est 4 selon l'axe vertical, on en déduit que l'image A'B' mesure en réalité
$\frac{3,5}{4}$ = 0,88 mm.
L'image est donc inversée et plus petite que l'objet.

1.2.3. $A \xrightarrow{(L_1)} A'$

D'après la relation de conjugaison de Descartes, $\frac{1}{\overline{OA'}} - \frac{1}{\overline{OA}} = \frac{1}{f'_1}$

$$\Rightarrow \frac{1}{\overline{OA'}} = \frac{1}{f'_1} + \frac{1}{\overline{OA}}$$

$$\Rightarrow \frac{1}{\overline{OA'}} = \frac{\overline{OA} + f'_1}{f'_1 \times \overline{OA}}$$

$$\Rightarrow \overline{OA'} = \frac{f'_1 \times \overline{OA}}{\overline{OA} + f'_1} = \frac{2,0 \times (-25,0)}{-25,0 + 2,0} = 2,2 \text{ cm}$$

Cela correspond à la valeur obtenue graphiquement à la question 1.2.1.

1.2.4. L'image se situe à 2,2 cm du cristallin, alors que la rétine se trouve, elle, à 2,0 cm du cristallin.
L'image se formant après la rétine, elle est floue au niveau de la rétine.

2. Correction de l'hypermétropie

2.1. D'après la relation de conjugaison de Descartes, $\frac{1}{\overline{OA'}} - \frac{1}{\overline{OA}} = \frac{1}{f'_1}$

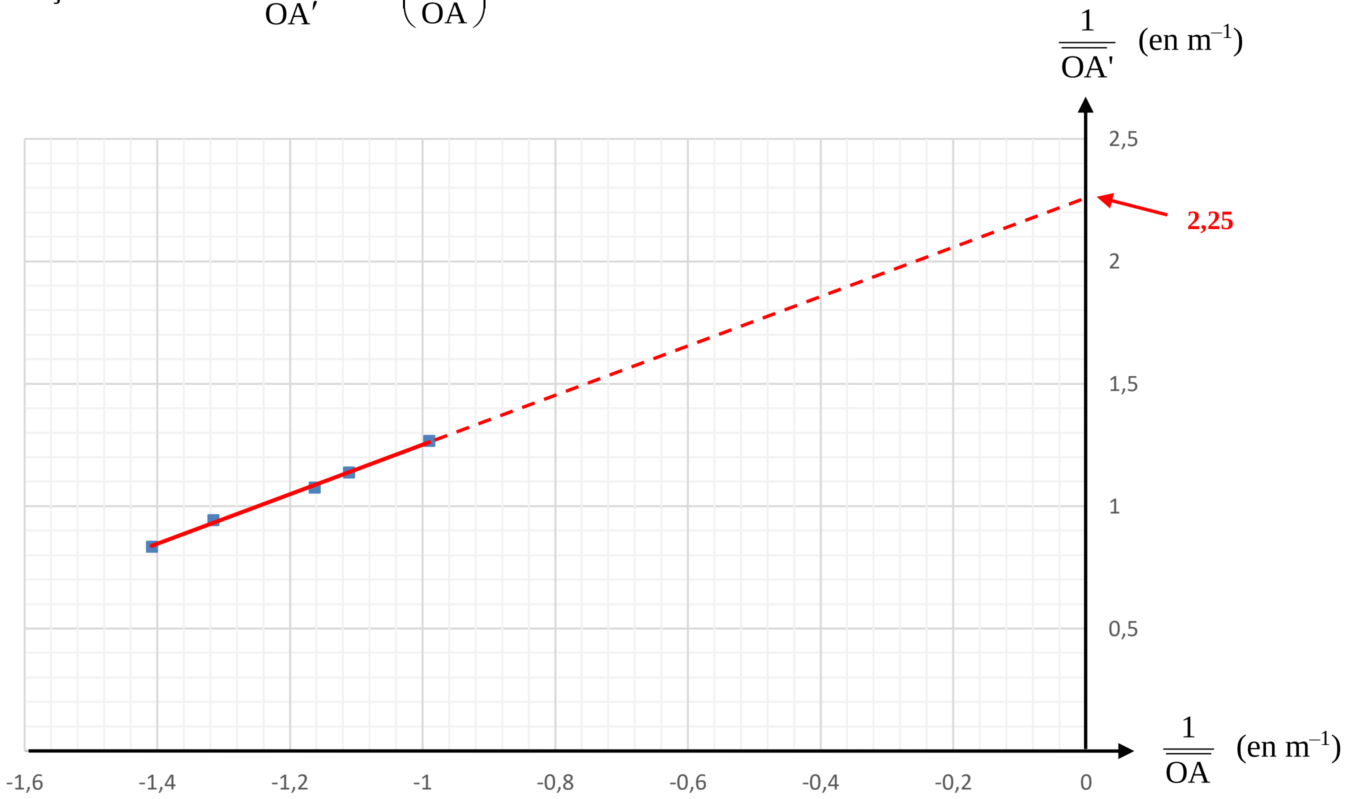
$$\Rightarrow \quad \frac{1}{\overline{OA'}} = \frac{1}{\overline{OA}} + \frac{1}{f'_1}$$

La courbe représentant $\frac{1}{\overline{OA'}}$ en fonction de $\frac{1}{\overline{OA}}$ est donc une droite ayant pour ordonnée à l'origine $\frac{1}{f'_1}$ (c'est-à-dire la vergence de la lentille)

Commençons par déterminer les valeurs de $\frac{1}{\overline{OA'}}$ et $\frac{1}{\overline{OA}}$ pour les mesures expérimentales réalisées :

$\overline{OA}$ (en m)	– 0,71	– 0,76	– 0,86	– 0,90	– 1,01
$\frac{1}{\overline{OA}}$ (en m^{-1})	– 1,41	– 1,32	– 1,16	– 1,11	– 0,99
$\overline{OA'}$ (en m)	1,20	1,06	0,93	0,88	0,79
$\frac{1}{\overline{OA'}}$ (en m^{-1})	0,83	0,94	1,07	1,14	1,27

Traçons la courbe $\frac{1}{\overline{OA'}} = f\left(\frac{1}{\overline{OA}}\right)$:



L'ordonnée à l'origine valant 2,25 m^{-1}, on en déduit que $\dfrac{1}{f'_1} = 2{,}25\ m^{-1}$, soit $f'_1 = \dfrac{1}{2{,}25} = 0{,}44\ m$

La vergence mesurée (2,25 δ) correspond à celle indiquée par le fabricant.

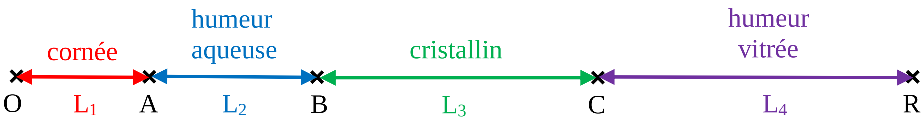
2.2. L'image se formait après la rétine. La lentille convergente ajoutée va permettre d'augmenter la vergence du système optique, donc de former l'image plus près, sur la rétine.

3. Échographie oculaire

3.1. Les ondes utilisées pour réaliser ce diagnostic sont des ultrasons, qui sont des ondes mécaniques.

3.2. $\lambda_{\text{humeur aqueuse}} = v_{\text{humeur aqueuse}} \times T = \dfrac{v_{\text{humeur aqueuse}}}{f} = \dfrac{1532}{10 \times 10^6} = 1{,}5\times10^{-4}\ m = 0{,}15\ mm$

3.3.



Les échos ont lieu suite à la réflexion au niveau des différentes interfaces :

- le 1er écho correspond au signal qui revient en O après une réflexion au niveau de l'interface entre la cornée et l'humeur aqueuse (point A).
- le 2ème écho correspond au signal qui revient en O après une réflexion au niveau de l'interface entre l'humeur aqueuse et le cristallin (point B).
- le 3ème écho correspond au signal qui revient en O après une réflexion au niveau de l'interface entre le cristallin et l'humeur vitrée (point C).
- le 4ème écho correspond au signal qui revient en O après une réflexion au niveau de la rétine (point R)

3.4.

- Déterminons la longueur axiale L de l'œil.
  $L = L_1 + L_2 + L_3 + L_4$

  ✓ Calcul de la longueur L_1 :
  L'onde met une durée $\Delta t_a = 0{,}6$ s pour faire l'aller-retour entre O et A, c'est-à dire pour parcourir la distance 2 L_1 avec une célérité $v_{\text{cornée}} = 1620\ m.s^{-1}$

  $\Rightarrow\ 2\,L_1 = v_{\text{cornée}} \times \Delta t_a$

  $\Rightarrow\ L_1 = \dfrac{v_{\text{cornée}} \times \Delta t_a}{2} = \dfrac{1620 \times 0{,}6 \times 10^{-6}}{2} = 5\times10^{-4}\ m = 0{,}5\ mm$

  ✓ Calcul de la longueur L_2 :
  L'onde met une durée $\Delta t_b = 3{,}6 - 0{,}6 = 3{,}0$ s pour faire l'aller-retour entre A et B, c'est-à dire pour parcourir la distance 2 L_2 avec une célérité $v_{\text{humeur aqueuse}} = 1620\ m.s^{-1}$

  $\Rightarrow\ 2\,L_2 = v_{\text{cornée}} \times \Delta t_b$

  $\Rightarrow\ L_2 = \dfrac{v_{\text{cornée}} \times \Delta t_b}{2} = \dfrac{1532 \times 3{,}0 \times 10^{-6}}{2} = 2{,}3\times10^{-3}\ m = 2{,}3\ mm$

- ✓ Calcul de la longueur L_3 :
  L'onde met une durée $\Delta t_c = 9,2 - 3,6 = 5,6$ s pour faire l'aller-retour entre B et C, c'est-à dire pour parcourir la distance 2 L_3 avec une célérité $v_{cristallin} = 1641$ m.s^{-1}
  $\Rightarrow$ $2\,L_3 = v_{cornée} \times \Delta t_c$
  $\Rightarrow$ $L_3 = \dfrac{v_{cornée} \times \Delta t_c}{2} = \dfrac{1641 \times 5,6 \times 10^{-6}}{2} = 4,6 \times 10^{-3}$ m = 4,6 mm

- ✓ Calcul de la longueur L_4 :
  L'onde met une durée $\Delta t_d = 27,0 - 9,2 = 17,8$ s pour faire l'aller-retour entre C et R, c'est-à dire pour parcourir la distance 2 L_4 avec une célérité $v_{humeur\ vitrée} = 1532$ m.s^{-1}
  $\Rightarrow$ $2\,L_4 = v_{humeur\ vitrée} \times \Delta t_d$
  $\Rightarrow$ $L_4 = \dfrac{v_{humeur\ vitrée} \times \Delta t_d}{2} = \dfrac{1532 \times 17,8 \times 10^{-6}}{2} = 13,6 \times 10^{-3}$ m = 13,6 mm

La longueur axiale de l'œil vaut donc :
L = 0,5 + 2,3 + 4,6 + 13,6 = 21,0 mm

- La longueur axiale est inférieure à 22 mm, donc d'après le texte d'introduction, l'œil est trop court, il est hypermétrope.

Annexe : Graphique de la question 1.2.1.