

Examen du module Phys 102 "Lumière, images et couleurs"
Seconde session du 17 Juin 2019

*La durée de l'épreuve est de 2h. Les copies doivent être rendues anonymes.
Les documents personnels, sous forme papier ou électronique, sont interdits.
Les téléphones portables doivent impérativement être rangés dans les sacs, en position éteinte.
La calculatrice est autorisée, sans documents ou formule en mémoire. Les ordinateurs portables ne sont pas autorisés.
Le sujet comporte 4 exercices indépendants et comprend 4 pages et 2 annexes à détacher.
Le barème est indicatif.*

I - Vision des couleurs (4 points)

Questions I-1) à I-5) : Indiquez sur votre copie la réponse à chaque question (une seule réponse possible) en justifiant brièvement votre choix. *Une réponse non justifiée ne sera pas prise en compte.*

Question I-6) : donnez la réponse à chacun des trois cas proposés en justifiant.

I-1) Quelles sont les couleurs primaires dans la synthèse additive ? :

- a. rouge / vert / jaune
- b. rouge / vert / bleu
- c. rouge / jaune / bleu

I-2) La vision des couleurs chez l'homme est basée sur le principe de :

- a. la synthèse additive
- b. la synthèse soustractive
- c. les deux en fonction du moment de la journée

I-3) En synthèse soustractive, le mélange dans les mêmes proportions de deux couleurs primaires donne :

- a. la complémentaire de la troisième couleur primaire
- b. la troisième couleur primaire
- c. du blanc

I-4) Un objet jaune absorbe toutes les longueurs d'onde, à l'exception :

- a. du bleu et du vert
- b. du rouge et du vert
- c. du bleu et du rouge

I-5) Un objet rouge réfléchit toutes les longueurs d'onde, à l'exception :

- a. du rouge
- b. du vert et du bleu
- c. du cyan

I-6) De quelle couleur nous apparaîtra un pamplemousse jaune s'il est éclairé par :

- a. une lumière verte et une lumière rouge ?
- b. une lumière verte ?
- c. une lumière bleue ?

II - Vision à l'aide d'une loupe (4 points)

Un ossement préhistorique est observé à travers une lentille convergente, de centre O, de distance focale $f' = +10$ cm, faisant office de loupe. L'os de dimensions (2 cm x 1 cm) est situé à 5 cm de la lentille supposée mince. La grande dimension de l'os est disposée verticalement.

II-1) Faites sur votre copie un schéma à l'échelle 1/2 (1 cm réel correspond à 0,5 cm sur votre copie) comportant la lentille, son axe, ses foyers objet et image, l'os que l'on représentera sous la forme d'un objet AB perpendiculaire à l'axe.

II-2) Sur ce schéma, tracez l'image A'B' de AB par la loupe.

II-3) Rappelez la relation de conjugaison d'une lentille mince. Dans quelles conditions cette relation est-elle applicable ?

II-4) Calculez la position de l'image de l'os. De quelle nature est cette image (justifier) ?

II-5) On rappelle l'expression du grandissement γ par la lentille : $\gamma = \frac{A'B'}{AB} = \frac{OA'}{OA}$

Calculez les dimensions de l'image de l'os. L'image est-elle droite ou renversée (justifier) ?

III - Vision sous-marine (8 points)

Le but de cet exercice est de comprendre pourquoi on voit flou sous l'eau, à moins de mettre des lunettes, d'où l'intérêt de mettre un masque pour observer les poissons sous l'eau. On utilise le modèle de l'œil réduit, dans lequel on assimile l'œil au repos à un unique dioptre sphérique de sommet S et de centre C séparant l'air d'indice $n = 1$ d'un milieu d'indice $n' = 1,35$. Le rayon de courbure de ce dioptre est $\overline{SC} = 6$ mm (œil au repos pour lequel F' est alors sur la rétine ; voir figure 1 ci-dessous).

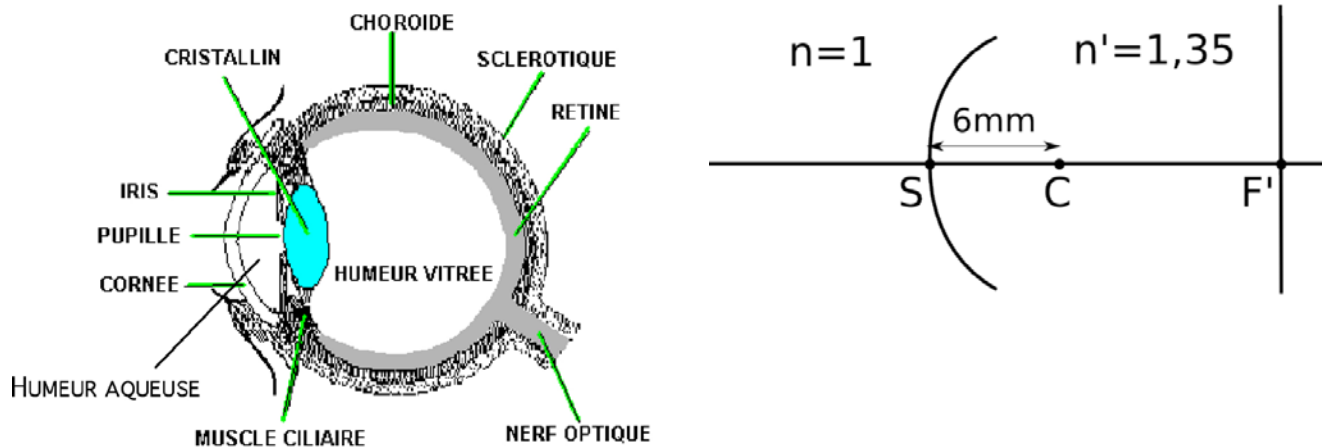


Figure 1 : à gauche, schéma d'un œil ; à droite, modèle de l'œil réduit.

On rappelle la relation de conjugaison pour un dioptre sphérique :

$$\frac{n'}{\overline{SA'}} - \frac{n}{\overline{SA}} = \frac{n' - n}{\overline{SC}}$$

où A' est l'image d'un point A sur l'axe par le dioptre, n l'indice du premier milieu, n' celui du second.

III-1) Calculez la position $\overline{SF'}$ de l'image formée par l'œil d'un objet situé à l'infini. Comment appelle-t-on le point F' ? L'image est-elle nette ? Justifier.

III-2) Dans la suite, on suppose $\overline{SF'} = 23$ mm. Le *punctum proximum* PP de l'œil dans l'air est le point le plus proche pouvant être vu net *en accommodant*. Pour un adulte, il vaut $PP = 25$ cm. En supposant que l'œil regarde un objet situé à son *punctum proximum*, calculez le rayon de courbure de l'œil lorsqu'il accommode au maximum.

III-3) Un nageur, sans lunettes ni masque de plongée, plonge sous l'eau (indice $n_{\text{eau}} = 1,33$) et ouvre les yeux. Le fond du bassin est situé à 2 m de son œil.

III-3.a) Calculez la position de l'image du fond du bassin vue par l'œil *au repos* du nageur l'eau. Le nageur la voit-il net sans accommoder (justifier) ?

III-3.b) Quel serait le rayon de courbure que l'œil du nageur devrait avoir pour que le fond du bassin lui apparaisse net en accommodant. En comparant la valeur obtenue à celle de la question III-2, indiquez si le nageur peut voir le fond du bassin net en accommodant.

III-4) Le nageur met maintenant un masque de plongée. On assimile le masque à un dioptre plan de sommet S_1 situé à la distance $\overline{S_1S} = 2$ cm du sommet S de l'œil.

III-4.a) Complétez le schéma figure 2 en annexe page 5 en indiquant la nature et l'indice optique de chaque milieu.

III-4.b) A partir de la relation de conjugaison d'un dioptre sphérique rappelée dans l'énoncé, montrez que la relation de conjugaison pour le dioptre plan que constitue le masque s'écrit :

$$\frac{\overline{S_1A'}}{n'} = \frac{\overline{S_1A}}{n}$$

III-5) Calculez la position de l'image A_1 , donnée par ce dioptre eau-air, d'un point A du fond de la piscine. Cette image est-elle réelle ou virtuelle ? Justifiez.

III-6) Cette image A_1 est elle-même un objet pour le dioptre oculaire.

III-6.a) Cet objet est-il réel ou virtuel ? Justifiez.

III-6.b) Calculez la position de l'image A_2 de l'objet A_1 vue par l'œil sans accommoder. L'œil la voit-il nettement ou doit-il accommoder ?

IV - Test ophtalmologique des mouvements de l'œil : incertitudes (4 points)

L'œil en mouvement effectue des rotations autour d'un point de rotation situé dans l'œil et appelé « centre de rotation ». On appelle « ligne de regard » la droite joignant le centre de rotation de l'œil à un point de fixation, par exemple un point lumineux situé dans le champ de vision. Un sujet d'une cinquantaine d'années subit un test ophtalmologique pour vérifier que la capacité de fixation de son œil droit est intacte. Pour cela, le sujet est assis, le menton reposant sur un support, et fixe un plan situé à 2 m de ses yeux, son œil gauche étant masqué par un cache opaque. Sur le plan se trouve une échelle horizontale composée d'un point lumineux central situé dans l'axe du regard en position de repos. De part et d'autre du point central se trouvent d'autres points lumineux de telle sorte que la ligne de regard lorsque le sujet les fixe fasse avec la position centrale les angles 2° , 5° , 10° ou 20° .

Des électrodes, placées au niveau de l'œil, permettent de mesurer les mouvements horizontaux de ce dernier. On enregistre la déviation du regard du sujet lorsque celui-ci fixe tour à tour chacun des points lumineux.

Les résultats du test sont consignés dans le tableau suivant indiquant les mouvements horizontaux de l'œil (appelés déflexions) en mm, en fonction de la position des points lumineux (en degrés).

Position des points lumineux de référence (°)	2	5	10	20
Déflexion (mm)	0,5	1,2	2,1	4,3

Les mesures des déflexions de l'œil sont données avec une incertitude relative de 20%. On suppose que les positions des points lumineux sont parfaitement connues.

IV-1) Pour chaque mesure de déflexion, calculez l'incertitude absolue associée.

IV-2) Sur la feuille de papier millimétrée en annexe page 6, tracez le graphe des déflexions (en ordonnée) en fonction des positions des points lumineux (en abscisse). Placez les mesures et représentez les incertitudes par des barres d'erreur.

IV-3) Expliquez pourquoi on peut conclure de ce graphe qu'il existe une relation linéaire entre les mouvements de l'œil du sujet et la position des points lumineux de référence.

IV-4) On cherche, à partir du graphe, à déterminer le taux de déplacement de l'œil exprimé en mm/degré. Pour cela, on utilise la méthode des droites de pentes extrêmes. Rappelez le principe de cette méthode. Appliquez cette méthode pour déterminer le taux de déplacement du sujet.

FIN DU SUJET

**FEUILLE A DETACHER ET A RENDRE AVEC VOTRE COPIE :
N° D'ANONYMAT :**

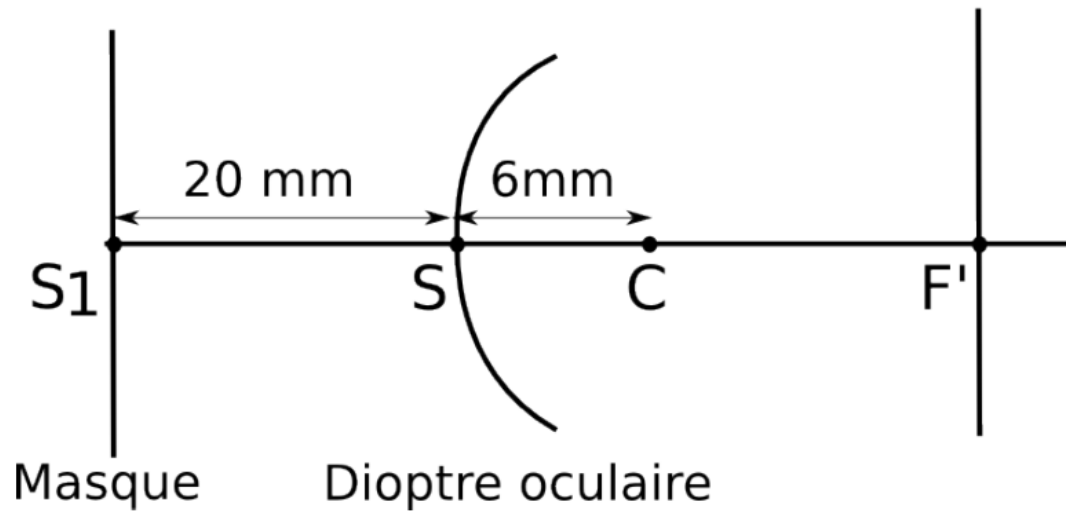


Figure 2 : œil sous l'eau avec masque de plongée

**FEUILLE A DETACHER ET A RENDRE AVEC VOTRE COPIE :
N° D'ANONYMAT :**

