

Simulation de l'œil : la vision, ses défauts, ses corrections

(PROGRAMMES 4^e, 1^{re})

ou : LE COUP D'ŒIL DU MAÎTRE

par Gilles PALLUEL,
Collège Fulrad, 57 Sarreguemines.

Une illustration simple peut venir en complément au programme de 4^e en sciences physiques et en sciences naturelles : celle de la simulation d'un œil.

Cette expérience nécessite peu de matériel :

- 2 coffrets de lentilles (+ 20 δ, + 10 δ, + 4 δ, — 10 δ),
 - 1 jeu de lentilles Ø 80 mm (1 δ et — 10 δ).
- (Les coffrets et le jeu ont été en général attribués à chaque établissement).
- 1 source lumineuse.
 - 1 bocal à poissons (Ø = 25 cm) → 30 à 40 F.

1. DESCRIPTION SUCCINCTE DE L'ŒIL.

L'œil est un instrument d'optique : il permet la formation sur la rétine d'une image des objets regardés. Sa forme est voisine d'une sphère de 12 mm de rayon avec, à l'avant, une courbure plus prononcée de 8 mm de rayon : l'ensemble ayant un diamètre commun d'environ 25 mm.

A l'intérieur de l'œil se trouvent un iris obéissant à des réflexes inconscients et diaphragmant la lumière, et un cristallin (lentille biconvexe) séparant l'humeur aqueuse de l'humeur vitrée. La rétine contenant des cellules sensibles à la lumière et, sur laquelle vient se former l'image, tapisse le fond de l'œil.

On obtient une image renversée. Nous la percevons droite car notre cerveau associe à son existence la forme de l'objet regardé. Inversement, si on envoie au fond de la rétine un ensemble disposé de pinceaux lumineux on associerait une disposition renversée (cf. expérience).

Expérience.

Prendre 2 fiches cartonnées par exemple.

— Sur la première fiche percer, à l'aide d'une pointe de compas, 3 trous disposés au sommet d'un triangle équilatéral de 1 mm de côté.

— Sur la deuxième fiche, 1 seul trou.

Viser à travers les trous de la première fiche très près de l'œil (en ayant par exemple orienté 1 sommet du triangle vers le haut) le trou de la 2^e fiche distante d'environ 10 cm. On perçoit trois taches lumineuses dont la disposition est renversée.

II. COMPARAISON ENTRE L'ŒIL NORMAL ET LE BOCAL A POISSON.

	l'œil normal	le bocal
Rayon de courbure du dioptré avant	8 mm	12,5 cm
Diamètre commun (distance séparant le sommet du dioptré à la rétine)	25 mm	25 cm
Indice du milieu	humeur vitrée $n = 1,336$	eau $n = 4/3 = 1,33$
Système convergent	cornée + cristallin	face avant du bocal + lentille
Lieu de formation de l'image ..	rétine	feuille de papier calque fixée à l'arrière du bocal
Convergence du dioptré	45 δ	2,7 δ
Convergence du cristallin	20 δ	10/3 = 3,3 δ

III. MONTAGE D'ENSEMBLE (fig. 1).

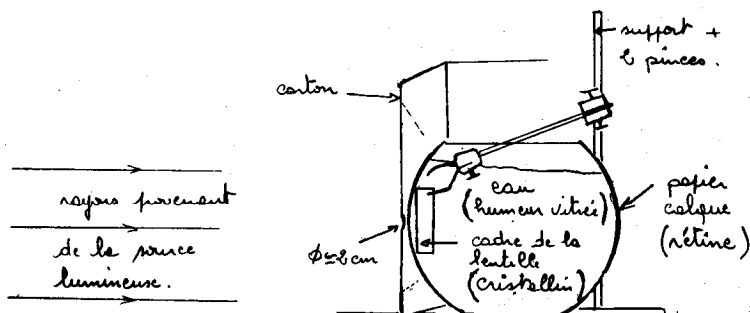


Fig. 1. — Montage d'ensemble.

Remarques.

— Il est souhaitable que l'ensemble bocal + support soit surélevé pour éviter toutes perturbations, par exemple : réflexions « parasites » sur une table en formica.

— Le cache en carton gênant pédagogiquement est nécessaire dans une salle semi-obscur.

— Pour maintenir la lentille, une pince en fourche est nécessaire ; la fourche pénétrant les interstices du cadre de la lentille.

IV. QUELQUES CALCULS.

Ce paragraphe traite de quelques notions qui ont amené à la réalisation de l'œil et de ce qu'il faut savoir quant à la vergence d'une lentille lorsqu'on se trouve dans un autre milieu : l'eau.

* 1^{re} notion : L'objet regardé est supposé à l'infini, les rayons incidents étant considérés comme parallèles ; où se forme l'image I_1 après traversée du dioptré ?

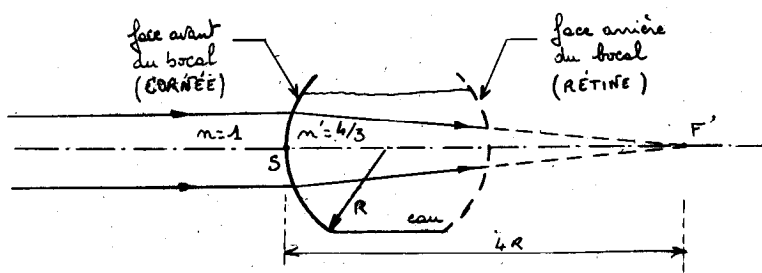


Fig. 2

La formule du dioptré pour notre système donne :

$$\frac{n'}{SF'} = \frac{n' - n}{R}$$

F' foyer image pour le dioptré sphérique,

S sommet du dioptré,

$$SF' = \frac{n'}{n' - n} R$$

$$SF' = \frac{4/3}{4/3 - 1} R \Rightarrow SF' = 4 R.$$

L'image sera nette en arrière de la rétine.

Pour ramener l'image sur la rétine, il faut placer dans le bocal une lentille convergente (qui jouera le rôle du cristallin) dont le

centre optique pour simplifier les calculs, coïncidera avec S. (Cette lentille sera plaquée contre la paroi avant du bocal).

* 2^e notion : Ce qu'il faut savoir sur les lentilles lorsqu'on change de milieu air ($n = 1$) $\rightarrow$ eau ($n' = 4/3$) :

$$\text{air :} \quad \frac{n}{SF'_{\text{air}}} = (n_1 - n) \left(\frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2} \right)$$

n_1 indice du verre de la lentille ($n_1 = 3/2$)

$$\text{eau :} \quad \frac{n'}{SF'_{\text{eau}}} = (n_1 - n') \left(\frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2} \right)$$

on arrive :

$$SF'_{\text{eau}} = \frac{n'}{(n_1 - n')} \times \frac{(n_1 - n)}{n} SF'_{\text{air}},$$

soit :

$$SF'_{\text{eau}} = 4 \cdot SF'_{\text{air}}.$$

1^{re} remarque.

La distance focale d'une lentille est multipliée par 4 lorsqu'on passe dans l'eau. D'autre part, pour la vergence, on a :

$$Q_{\text{eau}} = \frac{n'}{SF'_{\text{eau}}}$$

$$Q_{\text{air}} = \frac{n}{SF'_{\text{air}}}$$

$$\text{soit :} \quad Q_{\text{eau}} = \frac{4/3}{SF'_{\text{eau}}} \quad \text{et} \quad Q_{\text{air}} = \frac{1}{SF'_{\text{air}}}$$

avec :

$$SF'_{\text{eau}} = 4 SF'_{\text{air}},$$

on obtient :

$$Q_{\text{eau}} = 1/3 Q_{\text{air}}.$$

2^e remarque.

La vergence d'une lentille est divisée par trois lorsqu'on passe dans l'eau.

* 3^e notion : Calculer la vergence de la lentille cristalline. Utilisons la relation de conjugaison :

$$\frac{1}{P'} - \frac{1}{P} = \frac{1}{SF'_{\text{eau}}}.$$

L'image I_1 située à $4 R$ de S (fig. 3) devient l'objet pour le cristallin $\rightarrow P = 4 R$.

Cet objet doit avoir son image I_2 sur la rétine $P' = 2 R$.
Donc :

$$\frac{1}{2 R} - \frac{1}{4 R} = \frac{1}{SF'_{eau}} \Rightarrow SF'_{eau} = 4 R,$$

or :

$$R = 12,5 \text{ cm (rayon du bocal),}$$

$$SF'_{eau} = 4 SF'_{air} \Rightarrow SF'_{air} = R = 12,5 \text{ cm.}$$

Le cristallin sera une lentille de vergence :

$$Q_{air} = \frac{1}{SF'_{air}} = \frac{1}{0,125} = 8 \delta.$$

En pratique, on prendra une lentille de 10 dioptries ($10/3 = 3,33 \delta$ dans l'eau).

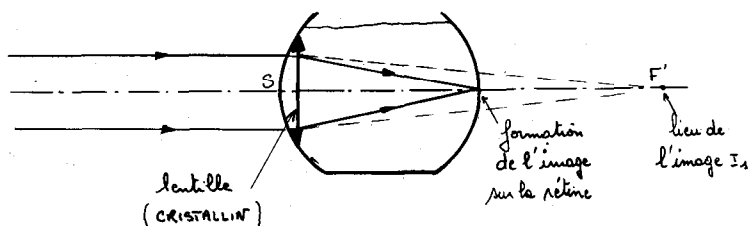


Fig. 3

V. EXPERIENCE : FORMATION DE L'IMAGE SUR LA RETINE (fig. 1).

L'œil sera le bocal de diamètre 25 cm.

La rétine sera une feuille de papier calque fixée sur la paroi du bocal.

Le cristallin sera une lentille de 10 δ .

L'humeur sera de l'eau ($n = 4/3$).

Pour la source lumineuse :

- soit une lettre F fortement éclairée placée au foyer d'une lentille (méthode d'autocollimation),
- soit le cadre d'une fenêtre (avec au loin le « paysage »). Cette dernière formule plus à la portée des élèves de 4^e demande de laisser une seule fenêtre sans rideaux, de faire l'expérience de l'autre côté de la salle de classe et de placer un cache en carton devant le bocal.

A partir de là, et en suivant les quelques remarques (fig. 1), on obtiendra sur le papier calque une image renversée.

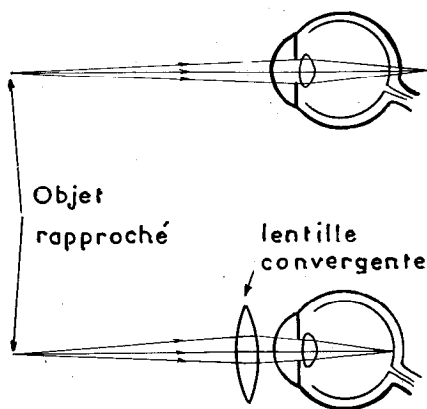
L'ŒIL ET SES DEFAUTS.

On peut poursuivre l'expérience, en simulant l'œil myope, hypermétrope et le corriger.

En parallèle avec l'expérience, une explication à partir de transparents préparés (fig. 4 et 5) et d'un rétroprojecteur facilitera la compréhension de la part des élèves. Ces simulations ne demandent pas de matériel nouveau : simplement il faut modifier la vergence du cristallin et, en plaçant une lentille (lunette) devant l'œil, corriger le défaut.

a) *L'œil hypermétrope et sa correction* (fig. 4). Le cristallin est peu convergent, l'image se forme en arrière de la rétine.

L'ŒIL HYPERMÉTROPE



ET SA CORRECTION

Fig. 4. — Transparent pour rétroprojection.

Simulation.

Le cristallin est une association de 2 lentilles de 4 δ, soit $\simeq 8 \delta$ ($8/3 = 2,66 \delta$ dans l'eau).

Cette association s'obtient facilement en fixant dans la monture (cadre Armelec) d'une 1^{re} lentille une 2^e lentille.

On peut montrer que l'image se forme en arrière de la rétine en retirant le papier calque et en le déplaçant derrière la rétine.

Correction.

La lunette sera une lentille de 1δ ($f' = 1\text{ m}$) placée en avant de l'œil fictif qui ramènera l'image sur la rétine.

b) L'œil myope et sa correction (fig. 5).

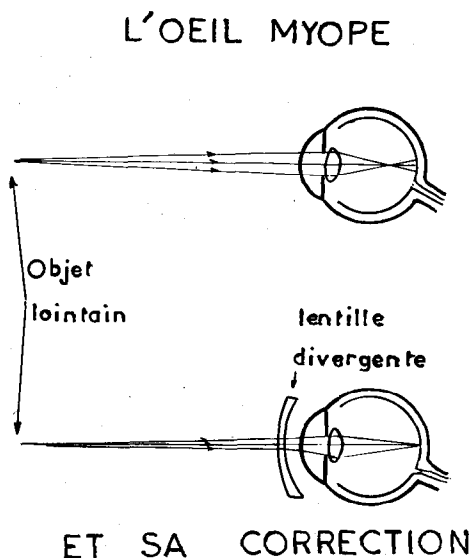


Fig. 5. — Transparent pour rétroprojection.

Le cristallin est trop convergent. L'image se forme en avant de la rétine.

Simulation.

Le cristallin est une association de 2 lentilles de 20δ soit $\approx 40\delta$ ($10,3$ dans l'eau).

Correction.

La lunette sera une lentille divergente (-10δ) et ramènera l'image sur la rétine.

(Un déplacement du cristallin sera peut-être nécessaire dans ce cas après mise en place de la lunette.)

VII. CONCLUSION.

Cette série d'expériences peut être montée aisément, puis laissée en attente dans une autre salle pour que le professeur de sciences physiques et le professeur de sciences naturelles puissent illustrer, en complémentarité, l'instrument optique et l'organe.
