

TD03 - ÉTUDE D'INSTRUMENTS D'OPTIQUE

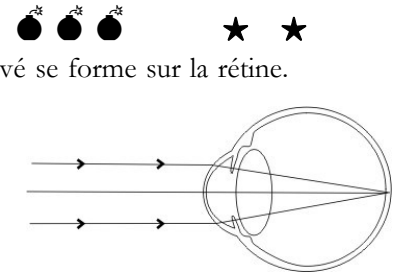
Exercice 1 : Questions de cours (à savoir faire sans le cours sous les yeux)

- 1 Établir la condition $D \geq 4f$ pour former l'image réelle d'un objet réel par une lentille convergente.
- 2 Donner le modèle réduit de l'œil (diaphragme, lentille mince convergente, capteur plan fixe) savoir à quelle partie de l'œil réel chaque éléments correspond.
- 3 Donner l'ordre de grandeur de la limite de résolution et de la plage d'accommodation d'un œil.
- 4 Donner le modèle réduit d'un appareil photographique (diaphragme, lentille mince convergente, capteur).
13. Déterminer graphiquement la profondeur de champ d'un appareil photographique.

Exercice 2 : l'œil (type DS/concours, inspiré CCP MP 2013)

Pour qu'un œil puisse voir un objet nettement, il faut que l'image de l'objet observé se forme sur la rétine. Toute image se formant devant ou derrière la rétine paraît floue.

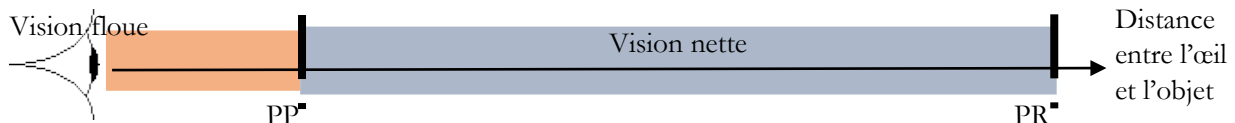
Un œil normal (dit emmétrope) forme une image nette sur la rétine pour tout objet éloigné (dit « à l'infini »). Autrement dit, au repos, la distance focale du cristallin est située sur la rétine. Pour que l'image d'un objet proche se forme toujours sur la rétine, le cristallin modifie sa distance focale en se déformant grâce aux muscles ciliaires : on dit que l'œil accomode. L'œil ne peut que diminuer sa distance focale, il ne peut pas l'agrandir.



Œil emmétrope

Chaque œil possède ses propres limites d'accommodation qui correspondent à deux points particuliers :

- Le Punctum Proximum (noté PP) est le point le plus proche visible nettement par l'œil.
Par abus de langage on appelle aussi PP la distance entre le cristallin et le Punctum Proximum.
- Le Punctum Remotum (noté PR) est le point le plus éloigné visible nettement par l'œil.
Par abus de langage on appelle aussi PR la distance entre le cristallin et le Punctum Remotum.

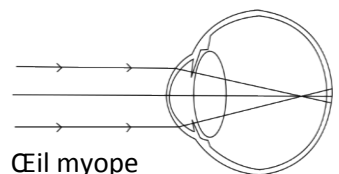


1.1 Rappeler le modèle réduit de l'œil. Par quoi modélise-t-on l'iris ? Le cristallin ? La rétine ?

1.2 Quel est le PR d'un œil emmétrope ?

1.3 **Myopie.** Un œil myope est un œil trop grand ou trop convergent. Autrement dit, au repos, la distance focale du cristallin est située avant la rétine.

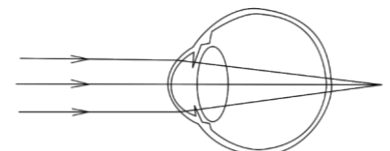
- 3.a Comparer le PR d'un œil myope à celui d'un œil emmétrope.
- 3.b Comparer le PP d'un œil myope à celui d'un œil emmétrope.
- 3.c Avec quels types de verres corrige-t-on la myopie ? Justifier à l'aide d'un schéma.
- 3.d Donner le signe de la vergence des verres correcteurs d'un patient myope.



Œil myope

1.4 **Hypermétropie.** Un œil hypermétrope est un œil trop petit ou pas assez convergent. Autrement dit, au repos, la distance focale du cristallin est située après la rétine.

- 4.a Comparer le PR d'un œil hypermétrope à celui d'un œil emmétrope.
- 4.b Comparer le PP d'un œil hypermétrope à celui d'un œil emmétrope.
- 4.c Avec quels types de verres corrige-t-on l'hypermétropie ? Justifier à l'aide d'un schéma.
- 4.d Donner le signe de la vergence des verres correcteurs d'un patient hypermétrope.
- 4.e Pourquoi les patients hypermétropes ne portant pas leurs lunettes peuvent être sujets à de fortes migraines ?
- 4.f Pourquoi déconseille-t-on fortement aux enfants atteints d'hypermétropie de se faire opérer au laser pour ne plus porter de lunettes ?



Œil hypermétrope

1.5 **Presbytie.** Un œil atteint de presbytie est un œil qui n'arrive plus à accommoder (l'œil est « usé », les muscles

ciliaires fonctionnent mal). Autrement dit, pour un œil emmétrope atteint de presbytie, la distance focale du cristallin au repos est toujours située sur la rétine, mais elle est très peu modifiable.

5.a Comparer le PR d'un œil atteint de presbytie à celui d'un œil emmétrope.

5.b Comparer le PP d'un œil atteint de presbytie à celui d'un œil emmétrope.

5.c Donner le signe de la vergence des verres correcteurs d'un patient atteint de presbytie. Pourquoi les patients doivent-ils porter des verres dits « progressifs » ?

5.d Pourquoi les patients atteints de forte myopie ont-ils une presbytie qui se déclare plus tard que les autres (voire jamais) ?

1.6 **Amplitude d'accommodation.** On note $d_0 = \overline{OA_0}$ la mesure algébrique repérant la position d'un objet lumineux A_0B_0 perpendiculaire à l'axe optique du cristallin et dont l'image se forme sur la rétine. La position de l'image est repérée par la grandeur algébrique $d_i = \overline{OA_i}$

Données :

- La distance entre le cristallin et la rétine est fixe et vaut $D = 16,7 \text{ mm}$.

- On prendra, pour un œil emmétrope, un punctum proximum de $PP_e = 25 \text{ cm}$ et pour un œil presbyte, $PP_p = 35 \text{ cm}$.

6.a Donner la relation entre la vergence du cristallin V , d_0 et d_i . Donner la dimension de V et son unité.

6.b Calculer la valeur maximale de la vergence $V_{\max}$ quand l'œil emmétrope regarde un objet au PP.

6.c Calculer la valeur minimale de la vergence $V_{\min}$ quand l'œil emmétrope regarde un objet au PR.

6.d La variation de la vergence de l'œil $A = V_{\max} - V_{\min}$ est appelée amplitude d'accommodation. Calculer A pour un œil emmétrope.

6.e Calculer l'amplitude d'accommodation pour un œil atteint de presbytie. Comparer à l'œil emmétrope.

1.7 **Pouvoir séparateur.** L'expérience montre que deux images ponctuelles a' et b' sur la rétine ne sont différenciées par le cerveau que si elles sont écartées au moins d'une distance minimum d . Les points objets correspondants ne sont donc différenciés que si l'angle sous lequel l'œil les voit est supérieur à la valeur limite ϵ appelé pouvoir séparateur.

7.a Sachant que ϵ est de l'ordre d'une minute d'arc (soit $(1/60)^\circ$), déterminer la distance minimale ab entre les points a et b que peut distinguer un œil normal de $PP = 25 \text{ cm}$.

7.b Quel est dans ce cas la distance focale f du cristallin et la distance $a'b'$ des images ?

7.c Calculer ab pour un œil myope de $PP = 7,5 \text{ cm}$. Conclure.

1.8 **Une histoire pour enfant.** On lit dans un livre pour enfant l'histoire suivante : « Mattéo fait la sieste après avoir posé ses lunettes à côté de lui. Au bout d'un certain temps, l'herbe s'enflamme ! Mattéo cherche alors désespérément à récupérer ses lunettes mais il ne les voit pas car il est très myope ! ». L'auteur de cette histoire a-t-il fait des études scientifiques ? Justifier

Exercice 3* (type DS/concours) : la lunette astronomique ★ ★

On représente une lunette astronomique par deux lentilles minces convergentes : l'objectif L_1 de focale $f_1 = 80 \text{ cm}$ et de diamètre $D = 60 \text{ mm}$, et l'oculaire L_2 de focale $f_2 = 6 \text{ mm}$. La lunette est réglée à l'infini, c'est-à-dire qu'elle donne d'un objet à l'infini une image à l'infini.

1 Quelle est la distance h entre L_1 et L_2 ? Quel est l'intérêt de ce réglage ?

2 Représenter sur un schéma, sans respecter l'échelle, le devenir de deux rayons incidents parallèles (l'un passant par le centre optique de l'objectif, et l'autre passant par le foyer objet de l'objectif) faisant un angle α avec l'axe optique et émergeant de la lunette sous un angle α' dans les conditions de Gauss. On appellera $A'B'$ l'image intermédiaire.

3 Le grossissement d'une lunette est défini comme le rapport entre l'angle sous lequel est vu l'objet en présence de la lunette et l'angle sous lequel est vu l'objet à l'œil nu (sans la présence de la lunette).

4 Montrer que $G = \frac{\alpha'}{\alpha}$ puis déterminer l'expression de G en fonction de f_1 et f_2 .

5 Si on estime à environ 30° l'angle maximal sous lequel un observateur voit l'image d'un objet à travers la lunette, cet observateur peut-il voir Mars en entier dans la lunette ? Même question pour la Lune.

Données : au moment de l'observation, la distance Terre Mars est égale à $7,0 \cdot 10^7 \text{ km}$ et la distance Terre Lune est égale à $3,8 \cdot 10^5 \text{ km}$. Le diamètre de Mars vaut 6800 km ; le diamètre de la Lune vaut 3400 km .

6 Tous les rayons incidents qui pénètrent dans l'objectif de la lunette donnent des rayons émergents qui, à la sortie de l'instrument, passent à l'intérieur d'un cercle appelé cercle oculaire.

6.a Le cercle oculaire est l'image de l'objectif par l'oculaire. Déterminer graphiquement sa position.

6.b Etablir la relation qui lie le diamètre d du cercle oculaire, le diamètre D de l'objectif et G . Faire l'AN.

6.c Quelle est la position du cercle oculaire par rapport à l'oculaire ?

6.d Où faut-il placer l'œil pour avoir une observation optimale ?

6.e Quelle taille maximale le cercle oculaire ne doit-il pas dépasser lors d'une observation visuelle ?

PARTIE 5 : SUJETS TYPES ORAUX DE CONCOURS**Exercice 4 Cascade du Yellow stone**

Estimer, grâce aux documents, la hauteur de la cascade inférieure du parc national de Yellowstone.

DOCUMENT 1 : PHOTOGRAPHIE DE LA CASCADE

Réglage de l'appareil : ouverture $f/9,0$ durée d'exposition $1/100$ s, distance focale 135 mm

DOCUMENT 2 : CARACTÉRISTIQUES TECHNIQUES DE L'APPAREIL UTILISÉ**Appareil Canon EOS 550D**

Type et Taille du capteur	Cmos APS-C 22,3 x 14,9 mm
Nombre de pixels effectifs	Environ 18,0 millions
Nombre total de pixels	Environ 18,7 millions
Ratio de format	3:2
Filtre passe-bas	Intégré / fixe avec auto-nettoyage
Nettoyage des capteurs	Système EOS de nettoyage intégré
Type de filtre couleur	Couleurs primaires

DOCUMENT 3 : CARACTÉRISTIQUES TECHNIQUES DE L'OBJECTIF UTILISÉ

Caractéristiques : Objectif Canon EF-S 18-135mm f/3.5-5.6 IS

Image size	APS-C
35mm film equivalent focal length	29-216
Angle de champ (horizontal)	64° 30' - 9° 30'
Construction de l'objectif (éléments/groupes)	16/12
Nombre de lamelles du diaphragme	6
Ouverture minimale	22 - 38 (36) ¹
Distance de mise au point minimale (m)	0,45
Grandissement maximum (×)	0,21 (à 135 mm)

DOCUMENT 4 : POSITION DU PHOTOGRAPHE (CROIX BLANCHE) SUR VUE SATELLITE**Un exemple de grille d'évaluation de l'exercice 4 au concours**

S'approprier le problème	
Faire un schéma modèle clair et lisible	
Identifier les grandeurs physiques pertinentes et leur attribuer un symbole	
Relier le problème à une situation modèle connue	
Etablir une stratégie de résolution (analyser)	
Déterminer les grandeurs physiques inconnues qu'il va falloir déterminer	
Déterminer et énoncer les lois de la physique qui seront utilisées	
Mettre en œuvre la stratégie (réaliser)	
Mener la démarche jusqu'au bout et répondre explicitement à la question posée	
Avoir un regard critique sur les résultats obtenus (valider)	
Discuter la pertinence du résultat trouvé	
Communiquer	
Rédiger la solution en expliquant clairement le raisonnement, utiliser un vocabulaire adapté	