

OS – TD 3

Modèles de dispositifs optiques

Méthodes, compétences et savoirs-faire

1 - Œil emmétrope et œil myope

1. Faire le schéma optique simplifié de l'œil. On notera d la distance entre le cristallin et la rétine (on prendra $d = 18\text{ mm}$ pour les applications numériques).
2. Pour un œil emmétrope qui n'accomode pas, à quelle distance se situe le punctum remotum ? Exprimer la focale f' de la lentille modélisant un des constituants de l'œil en fonction de d . On placera les foyers objet et image de cette lentille sur le schéma précédent.
3. Lorsque l'œil accomode pour voir un objet qui n'est pas au punctum remotum, comment évoluent d et f' ?

On s'intéresse pour la suite à un œil myope pour lequel le punctum remotum est à une distance $r_m = 25\text{ cm}$.

4. Déterminer l'expression de la focale f'_m lorsque l'œil n'accomode pas. Refaire un schéma simplifié de l'œil dans cette situation.

On souhaite maintenant corriger cette myopie en plaçant une lunette, qui sera modélisée par une lentille de focale f'_ℓ devant l'œil.

5. Dans un premier temps, on suppose que la lunette est accolée à l'œil. Déterminer l'expression puis la valeur numérique de f'_ℓ . La lentille est-elle convergente ou divergente ?
6. On considère maintenant que la lunette est placée à une distance $D = 2\text{ cm}$ de l'œil. Déterminer la nouvelle expression, puis la valeur de f'_ℓ

I - Principe de la loupe



La loupe est un des dispositifs optiques les plus simples : il s'agit d'une simple lentille convergente qui forme une image d'un objet réel. L'objet est placé d'un côté de la loupe et l'œil, placé de l'autre côté, observe l'image formée par la loupe.

Le but d'une loupe est de former une image grossie et éloignée :

- « grossie » signifie que la personne utilisant la loupe voit l'image sous un angle plus grand que l'angle sous lequel l'objet est vu sans la loupe ;
 - « éloignée » signifie que l'image formée par la loupe est plus loin de la personne que ne l'est l'objet.
1. L'image formée par une loupe bien utilisée est-elle réelle ou virtuelle ?
 2. Où peut être positionné l'objet observé par rapport à la loupe ? On donnera un intervalle des positions possibles. Faire un schéma dans une des positions correspondantes, en y positionnant également un point représentant la position de l'œil, et en indiquant l'angle sous lequel est vu l'objet sans la loupe, et l'angle sous lequel est vue l'image formée la loupe.

Pour caractériser l'effet d'une loupe, on définit une grandeur, appelée « grossissement », notée G et qui est le rapport de l'angle sous lequel est vue l'image formée la loupe sur l'angle sous lequel est vu l'objet sans la loupe.

3. Démontrer que le grossissement a pour expression

$$G = \gamma \frac{d}{d'}$$

où γ est le grandissement de la loupe, d est la distance entre l'objet et l'œil et d' est la distance entre l'image formée par la loupe et l'œil.

On appelle « grossissement commercial », noté G_c , le grossissement obtenu quand :

- l'objet est placé par rapport à la loupe de telle façon que l'œil est au repos quand il observe l'image finale ;
- en l'absence de loupe, l'objet est placé par rapport à l'œil de telle façon que celui-ci le voit sous l'angle le plus grand possible.

C'est la valeur de ce grossissement commercial qui est indiquée sur les loupes et les oculaires. Par exemple, une loupe « x5 » a un grossissement égal à cinq.

4. Quelle est la position de l'objet qui assure que l'œil sera au repos quand il observera l'image formée par la loupe ? Faire un nouveau schéma de cette situation.
5. Que vaut d dans les conditions de définition du grossissement commercial ?
6. Que vaut la distance focale de la lentille pour un grossissement commercial valant cinq ?
7. Dans les conditions de définition du grossissement commercial, la position de l'œil a-t-elle une importance ?

II - Œil



Un œil sain, dit emmétrope, présente une distance $d = 17 \text{ mm}$ entre le cristallin et la rétine. En l'absence d'accommodation, le cristallin se comporte comme une lentille mince de distance focale $f' = 17 \text{ mm}$. La pupille de l'œil est supposée de rayon $R = 1 \text{ mm}$.

1. La limite de résolution d'un œil emmétrope est $\theta_r = 3 \cdot 10^{-4} \text{ rad}$. En déduire la taille caractéristique δ des cellules photosensibles de la rétine.
2. On considère un point objet A situé sur l'axe optique à une distance $D \gg f'$ de l'œil. Déterminer le rayon r de la tache image se formant sur la rétine lorsque l'œil n'accommode pas. On pensera à utiliser la relation de conjugaison de Newton afin de simplifier les calculs.
3. En déduire la distance minimale D_{\min} au-delà de laquelle doit se trouver le point objet A afin d'être vu nettement sans accommodation.

III - Profondeur de champ



1. Mesurer sur une construction géométrique à l'échelle la profondeur de champ d'un appareil photographique dont l'objectif est modélisé par une lentille mince de distance focale $f' = 5 \text{ cm}$ limitée par un diaphragme de diamètre $D = 5 \text{ cm}$. On considérera le cas d'un objectif réglé pour former une image nette d'un objet réel situé à une distance $d = 10 \text{ cm}$. On prendra une taille de grain du capteur (taille d'un pixel) $\varepsilon = 1 \text{ cm}$. (Bien entendu, cette taille de grain de capteur n'est pas réaliste pour un appareil photographique mais choisie pour faciliter la construction géométrique.)

On lit dans une notice technique que, si $f' \ll d$ et $\varepsilon d \ll Df'$ alors la profondeur de champ a pour expression :

$$PDC = 2\varepsilon d^2 \frac{NO}{f'^2}$$

où ε est la taille d'un grain du capteur, d étant la distance entre la lentille et le point objet sur l'axe sur lequel est réglé l'appareil, $NO = \frac{f'}{D}$ est le nombre d'ouverture de l'objectif avec D le diamètre du diaphragme.

2. Évaluer la PDC dans l'hypothèse retenue par la notice. Conclusion ?