

**TD 3 – Modèles de dispositifs optiques**

## 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  $\gamma$  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  $d = 17$  mm entre le cristallin et la rétine. En l'absence d'accommodation, le cristallin se comporte comme une lentille mince de distance focale  $f' = 17$  mm. La pupille de l'œil est supposée de rayon  $R = 1$  mm.

1. La limite de résolution d'un œil emmétrope est  $\theta_r = 3 \times 10^{-4}$  rad. En déduire la taille caractéristique  $\delta$  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'accomode 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  $f' = 5$  cm limitée par un diaphragme de diamètre  $D = 5$  cm. On considérera le cas d'un objectif réglé pour former une image nette d'un objet réel situé à une distance  $d = 10$  cm. On prendra une taille de grain du capteur (taille d'un pixel)  $\varepsilon = 1$  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  $\varepsilon$  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 ?