OPTIQUE 3 : Étude d'instruments d'optique

Rapports de Jury

Concernant le matériel utilisé en optique, trop de candidats ne savent pas reconnaître une lentille divergente d'une lentille convergente. Les termes utilisés sont souvent approximatifs et il y a souvent confusion entre les différents instruments (lunette, viseur, collimateur...). Certains instruments mentionnés dans le sujet voient leur orthographe traumatisée dans les comptes-rendus, révélant un cruel manque de culture chez certains candidats (l'oculaire devient l'oriculaire ou l'occulaire selon les cas...).

En optique, le jury note une nette régression dans les connaissances sur les tracés de rayons à travers les systèmes optiques à lentilles. Rappelons qu'un tracé de rayons suit un raisonnement et reflète une réalité expérimentale. Beaucoup (plus de 50 % !) de candidats font des observations correctes mais ne font pas les tracés de rayons demandés (avouant à l'examinateur que « le tracé de rayons n'est pas leur point fort »), ou font un tracé de rayons qui ne reflètent pas la réalité observée ou la situation expérimentale (quel peut bien être le signe de la focale de l'oculaire ? que veut dire « voir à l'infini » ?). Cette déconnexion totale entre la réalité expérimentale et la compréhension des phénomènes est inquiétante.

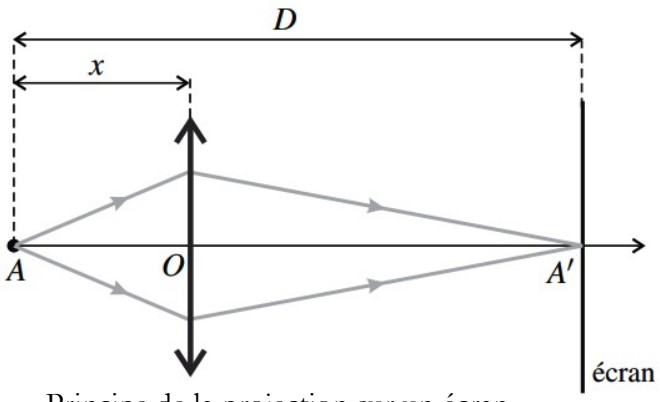
I Projection d'une image sur un écran.

I.1) Position du problème

On veut projeter l'image d'un objet rétroéclairé sur un écran (diapositive par exemple). **On souhaite avoir une image agrandie le plus possible**, aussi lumineuse et nette que possible, avec une distance **D entre l'objet et l'écran qui est imposée** par les conditions extérieures. Pour cela on doit utiliser une lentille nécessairement convergente car il faut obtenir une image réelle d'un objet réel.

Questions

- Comment choisir la distance focale de cette lentille ?
- Que vaut la distance objet-lentille notée x?
- Comment obtenir une image lumineuse et uniformément éclairée ?



Principe de la projection sur un écran

I.2) Résolution du problème (À savoir refaire)

Rmq 1 : Pour avoir des solutions réelles il faut **nécessairement**

À retenir et à savoir redémontrer :

Si cette condition est vérifiée on a deux solutions pour la distance objet-lentille :

On voit que $x_1 < x_2$ Quelle distance permet de maximiser la taille de l'image ?

I.3) Prise en compte des conditions de Gauss

Pour que l'image soit de bonne qualité, il faut respecter les conditions de Gauss : les rayons doivent être proches de l'axe optique de la lentille et peu inclinés par rapport à cet axe.
Or, en diminuant la distance objet-lentille, pour une taille de lentille donnée, on augmente l'angle d'inclinaison des rayons qui frappent la lentille sur ses bords. Il y a donc un compromis à trouver entre la taille de l'image et sa netteté.

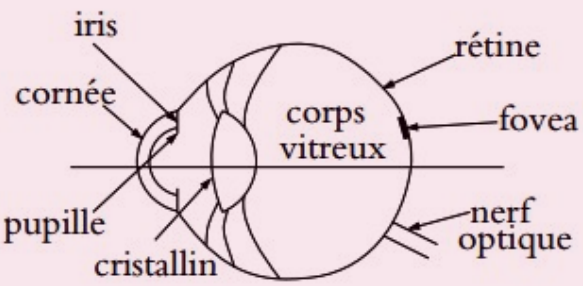
II l'œil

II.1) Description

(partie colorée) est percé de la pupille dont le diamètre est variable (de 2 à 8 mm) et qui joue le rôle de diaphragme c'est-à-dire qui limite l'intensité lumineuse pénétrant dans l'œil.

est constituée de cellules sensibles à la lumière (les cônes et les bâtonnets).

est un muscle assimilable à une lentille mince biconvexe dont la distance focale est variable selon sa contraction. Il donne d'un objet une image renversée sur la rétine.



II.2) Modélisation

II.3) Limite de résolution

L'œil ne distingue deux détails différents de l'objet que si leur image **se forme sur deux cellules différentes de la rétine**.

Dans de bonnes conditions d'éclairement (ni trop sombre, ni trop lumineux), l'œil distingue des détails vu

Cette valeur constitue ***la limite de résolution*** ou ***pouvoir séparateur de l'œil***. La résolution pratique dépend fortement des conditions d'éclairement et du contraste si bien que la limite précédente est rarement atteinte

II.4) Plage d'accommodation

L'œil ne peut voir une image nette que si elle se forme sur la rétine.
Def : Un œil au repos (cristallin non contracté) **voit à une distance maximale**.

Voc : Pour voir des objets plus proches, le cristallin doit se contracter pour être plus convergent (sa vergence augmente), on dit que l'œil

Def : Le point le plus proche que peut voir net un œil est

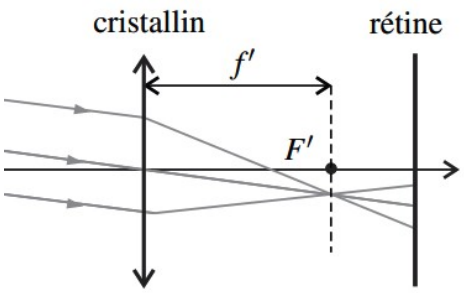
La zone située entre le P.P. et le P.R. est appelé champ en profondeur de l'œil.

Conséquence importante : un œil normal voit correctement **sans se fatiguer (pas d'accommodation)** lorsque l'objet observé est situé à l'infini.

Ainsi dans la plupart des instruments d'optique à vision direct (où on regarde à travers comme microscope, et la lunette astronomique)

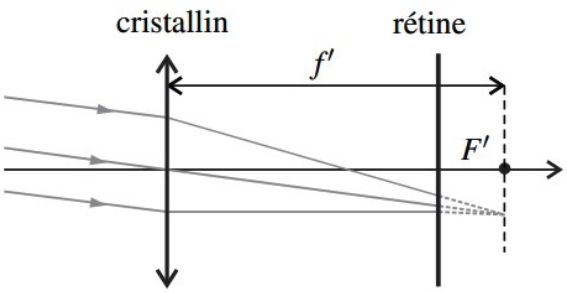
II.5) Défauts de l'œil (H.P) (voir TD exercice)

La myopie Un œil myope possède un cristallin trop convergent.
Par conséquent, le myope sans ses lunettes voit flou de loin Il faut rendre l'œil moins convergent donc la correction se fait par l'utilisation d'une lentille divergente.



Œil myope sans accommodation

L'hypermétropie. Un œil hypermétrope possède un cristallin insuffisamment convergent.
L'œil doit donc accommoder pour voir à l'infini sinon l'image se forme derrière la rétine. Il faut rendre l'œil plus convergent donc la correction se fait par l'utilisation d'une lentille convergente



Œil hypermétrope sans accommodation

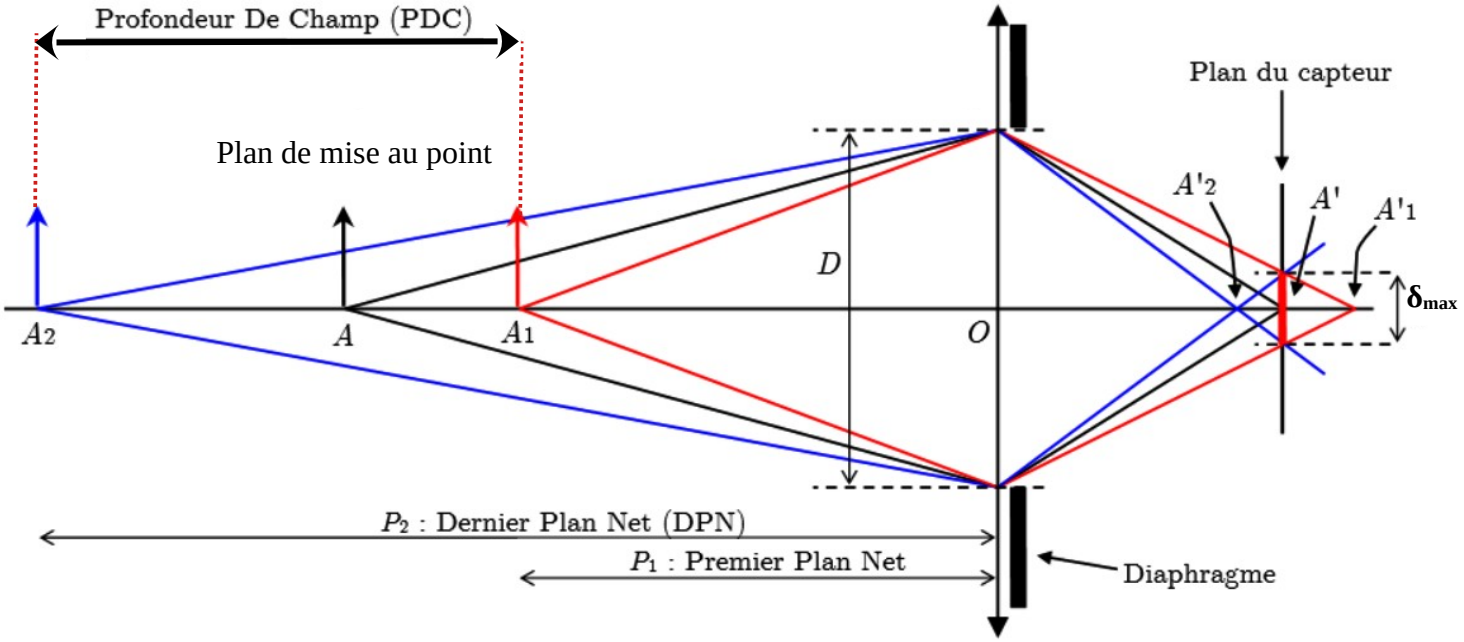
III L'appareil photographique

III.1) Modélisation

- Pour simplifier, on modélise l'objectif de l'appareil par une lentille convergente unique de distance focale f', appelée dans la suite simplement focale.
- La lumière entrant dans l'objectif doit traverser le diaphragme, de diamètre D réglable, que l'on modélisera par une ouverture circulaire placée juste devant la lentille mince précédente.
- L'image se forme sur un capteur, en général un capteur CCD
- la distance d est réglable

Modélisation de l'appareil photographique

III.2) Profondeur de champ



Pour une distance lentille-capteur fixée, On sait qu'il existe seulement un plan (plan de mise au point) dont on peut former une image nette sur le capteur.
Des points sur l'axe optique situés à l'avant ou à l'arrière de ce plan ne pourront avoir une image nette. Par exemple sur la figure ci-dessus la lumière issue de A_1 et A_2 fait sur le capteur une tache de diamètre δ qui a la forme du diaphragme d'ouverture
Pourtant en pratique sur un appareil photo on peut voir nets plusieurs objets situés les uns derrière les autres

Définition :

III.3) Influence du diaphragme

Problématique ? **Quelle est la condition pour que A_2 et A_1 soit nets sur la photographie ? Quel est le rôle du diamètre d'ouverture D ?**

- Si δ est inférieur à la taille d'une cellule élémentaire du capteur (soit un pixel de l'image finale), B sera aussi net que A sur l'image enregistrée. Mais, cette condition est inutilement contraignante parce qu'on ne distingue pas les pixels à l'unité sur une image numérique.

Pour que A_1 et A_2 soit net, il suffit que δ soit plus petit qu'une distance δ_{max} qui dépend des conditions de visualisation de la photographie et qui est en gros de l'ordre de 3 fois la taille d'un pixel.

Rmq :