- PROBLEME D' OPTIQUE 1 -

• **ENONCE :** « Appareil photographique »

I. OBJECTIF STANDARD

• On assimile l'objectif d'un appareil photographique à une lentille mince convergente (L) de centre O et de distance focale image f'.

• La distance d entre (L) et l'écran (E) où se trouve la pellicule sensible est variable, ce qui permet d'effectuer la mise au point.

• Sauf à la question I.1.c), on ne tiendra pas compte des effets de diffraction et le problème sera traité dans le cadre de l'optique géométrique.

• La pellicule sensible est composée de cristaux de sels d'argent (halogénures) pris dans une gélatine (polyesters, par exemple) : les cristaux ayant été « activés » par les photons (on parle d'**image latente**) seront plus facilement réduits en argent métallique par l'action du **révélateur** ; l'image est ensuite stabilisée par l'action du **fixateur**, qui débarrasse la pellicule des sels d'argent non réduits (zones de l'image faiblement éclairées).

• A ce stade, l'image apparaît en **négatif**, puisque les zones sombres du sujet photographié correspondent aux zones transparentes (dépourvues de dépôts d'argent) de la pellicule fixée et inversement.

• Il faut bien comprendre qu'un objet **ponctuel** (exemple d'une étoile sur un fond obscur) donnera une **tache** correspondant à la taille d'un cristal de sel d'argent : il s'agit du « **grain** » de la pellicule, qui dépend essentiellement de sa **sensibilité** (en photographie numérique, on retrouve cette notion de « pixel », où la taille minimale de l'image d'un point correspond à celle d'une cellule élémentaire de semi-conducteur du capteur CCD).

1.1) Mise au point de l'objectif

• On désire photographier des objets dont la distance x à (L) varie de x_0 à l'infini : dans quel domaine doit pouvoir varier d ?

• Calculer les valeurs extrêmes, d_{min} et d_{max}, de d lorsque $x_0 = 60\ cm$ et $f' = 50\ mm$?

1.2) Ouverture et temps de pose

• Dans des conditions d'**éclairement** E (en $W.m^{-2}$) données et pour une **sensibilité** de pellicule donnée (celle-ci, exprimée en « iso », correspond à l'**énergie** nécessaire à l'activation « satisfaisante » des cristaux d'halogénures d'argent), les deux autres paramètres sur lesquels peut agir le photographe sont :

♦ le diamètre D du diaphragme circulaire (D) qui limite le faisceau lumineux entrant dans la lentille (L) ; ce diamètre est variable afin d'intercepter plus ou moins de lumière.

On appelle « **ouverture relative** » de l'objectif le rapport :

$$\frac{D}{f'} = \frac{1}{N}\ ,\ \text{où}\ \ N\ \ \text{est le « } \textbf{numéro de diaphragme} \text{ »}$$

Les valeurs usuelles de N sont : 2 ; 2,8 ; 4 ; 5,6 ; 8 ; 11 ; 16

 © EduKlub S.A.
Tous droits de l'auteur des œuvres réservés. Sauf autorisation, la reproduction ainsi que toute utilisation des œuvres autre que la consultation individuelle et privée sont interdites.

Extrait gratuit de document, le document original comporte 7 pages.

♦ le « **temps d'exposition** » (ou « **vitesse** ») T_e , qui correspond à la durée pendant laquelle la pellicule reçoit des photons.

Les valeurs usuelles de T_e, exprimées en secondes sont :

$$\frac{1}{8};\ \frac{1}{15};\ \frac{1}{30};\ \frac{1}{60};\ \frac{1}{125};\ \frac{1}{250};\ \frac{1}{500};\ \frac{1}{1000}$$

- Exprimer le lien entre les deux suites, N et T_e ; proposer des couples (N, T_e) équivalents.

1.3) Ouverture et distance hyperfocale liée au grain

- Lorsque l'appareil est mis au point sur l'infini , un point situé à l'infini donne, après développement, une tache due à la taille g du « grain » de l'émulsion de la pellicule : pour les applications numériques, on prendra $g = 20\mu m$.

- Compte tenu des lois de l'optique géométrique, un point A, situé à distance finie sur l'axe, donne, de toute manière, une tache dans le plan focal de la lentille (L).

a) Etablir, en s'appuyant sur une figure, l'expression de la **distance hyperfocale** L_0, définie par la distance minimale entre le point A et la lentille pour que la taille de la tache donnée par A reste inférieure à celle du grain ; on exprimera le résultat en fonction de g, f' et N.

Calculer la valeur numérique de L_0 pour $N = 2,8$ puis pour $N = 16$.

b) La profondeur de champ, P_r, est la zone de l'espace objet donnant une image « nette », c'est-à-dire pour laquelle un point objet donne une tache image de taille inférieure à celle du grain : quel est, qualitativement, le lien entre N et P_r ? entre f' et P_r ?

c) On sait qu'une ouverture circulaire de diamètre D diffracte principalement dans un cône de demi angle d'ouverture $\theta = 1,22 \times \frac{\lambda}{D}$, avec ici $\lambda \simeq 0,6\mu m$ (jaune).

On souhaite opérer à $N = 11$: le phénomène de diffraction est-il à prendre en compte ? Commenter.

1.4) Amélioration de la profondeur de champ

Nous avons remarqué précédemment que, l'appareil étant réglé à l'infini, un point situé à l'infini donne de toute manière une tache liée à la taille du grain: il parait donc possible, en faisant la mise au point à distance finie , de garder « nette » (au moins suffisamment…) l'image d'un point situé à l'infini.

a) En raisonnant sur une figure simple, déterminer la valeur d' de d permettant de diminuer la distance hyperfocale, c'est-à-dire d'augmenter la profondeur de champ ; exprimer le résultat en fonction de g, f' et N. Calculer numériquement d' pour $N = 2,8$ et $N = 16$.

b) Déterminer la nouvelle distance hyperfocale L_0' et l'évaluer approximativement en fonction de L_0 et de f'.

c) Certains appareils bon marché sont « sans mise au point » : la focale et le numéro de diaphragme sont fixés par le constructeur. Commenter les choix retenus, ainsi que leurs inconvénients éventuels.

Tous droits de l'auteur des œuvres réservés. Sauf autorisation, la reproduction ainsi que toute utilisation des œuvres autre que la consultation individuelle et privée sont interdites.

Extrait gratuit de document, le document original comporte 7 pages.