

PCSI

T.P. Objectif d'appareil photographique

Dans tout le T.P. on assimile l'objectif d'un appareil photographique à une lentille mince convergente (L) de centre O et de distance focale image f' . L'écran (E) où se trouve la pellicule peut être déplacé ce qui permet la mise au point.

Les ordres de grandeurs (distances focales, latitude de mise au point...) ne correspondent pas à un appareil réel sinon on ne pourrait illustrer les phénomènes sur un banc. Les vraies valeurs sont données à la fin du T.P.

On définit le nombre d'ouverture N d'un objectif comme le rapport de la distance focale image f' sur le

diamètre du diaphragme D : $N = \frac{f'}{D}$

Les incertitudes ont deux origines :

ΔL_1 : l'erreur de lecture (1/2 graduation)

ΔL_2 : la latitude de mise au point qui correspond à la zone dans la quelle on peut considérer l'image nette (à apprécier à chaque mesure). Elle est en général plus importante que la précédente.

1. Tirage d'un appareil :

Le tirage d'un appareil photographique est la distance dont il faut déplacer la pellicule pour obtenir une image nette d'un objet dont la position est comprise entre $l' \infty$ et la distance minimale de mise au point (d_{\min}).

L'objectif sera modélisé par la lentille (L_1) de focale image $f'_1=20$ cm et on suppose que le tirage τ est de 9 cm.

Etude théorique : Calculer d_{\min} en fonction de f'_1 et τ . Application numérique.

Mesure préliminaire : mesurer par autocollimation la distance focale de la lentille (L_1)

On trouve : $f'_1 =$ incertitude : $\Delta f'_1 =$ soit le résultat : $f'_1 =$ \pm

Visualisation d'un objet à d_{\min} :

Placer l'écran à la distance $f'_1 + \tau$ de (L_1). Déplacer la diapositive en l'éclairant correctement avec le condenseur jusqu'à voir nette l'image sur l'écran. Mesurer la distance diapositive –lentille :

$\overline{OA} =$ $\Delta(\overline{OA}) =$

Comparer avec la valeur théorique de d_{\min}

Fabrication d'un objet à l'infini :

Eclairer la diapositive en utilisant le condenseur et en disposant le tout au bout du banc. Avec une lentille de vergence 10δ , fabriquer un objet à l'infini (comment procéder ?)

Mesure du tirage :

Déplacer alors (L_1) de manière à voir de nouveau l'image nette sur l'écran.

Mesurer la distance (L_1)-écran.

2. Macrophotographie :

Il arrive que l'on souhaite photographier des objets de près. Pour cela, il faut diminuer d_{\min} . Il existe deux possibilités :

Utiliser des « bagues allonges » : ce sont des tubes qu'on dispose entre l'objectif (L_1) et la pellicule (E).

Ajouter une lentille convergente appelée « bonnette » sur l'objectif.

Etude théorique : Expliquer pourquoi les deux procédés permettent d'observer un objet plus proche.

On ajoute comme bonnette une lentille de vergence 8δ (accollée à (L_1)). Calculer la vergence et la distance focale de l'objectif obtenu.

En déduire la nouvelle valeur de d_{\min} sachant que la distance $\overline{OA'}$ est toujours $f'_1 + \tau = 29$ cm :

En déduire le grandissement de l'ensemble bonnette + (L_1) : $\gamma_{\text{theo}} =$

Etude pratique :

Accoler la lentille de vergence 8δ à (L_1) . Déplacer la diapositive jusqu'à voir l'image nette sur l'écran. L'écran reste à la même position qu'au §1. Mesurer la distance diapositive- (L_1) :

$\overline{OA} =$ $\Delta(\overline{OA}) =$

Comparer avec la valeur théorique de d_{\min} :

Conclusion :

Déterminer le grandissement en mesurant 10 carreaux sur l'objet et sur l'image : $\gamma_{\text{exp}} =$

Comparer avec la valeur théorique.

3. Réalisation d'un téléobjectif :

Un téléobjectif est composé d'une lentille convergente (L_2) ici de vergence $V_2 = 2\delta$ et d'une lentille divergente (L_3) ici de vergence $V_3 = -3\delta$.

On veut obtenir l'image sur la pellicule d'un objet à grande distance (∞).

Etude théorique :

On appelle e la distance $\overline{O_2O_3}$ entre les deux lentilles. Déterminer la position de l'image intermédiaire par rapport à la lentille (L_2) et à la lentille (L_3) pour obtenir une image réelle.

En déduire que la distance e entre les deux lentilles doit respecter la condition suivante :

$$f'_2 + f'_3 < e < f'_2$$

Réaliser une construction.

Dans le cas présent, la condition précédente impose : $27 \text{ cm} < e < 50 \text{ cm}$

On choisit $e = 40 \text{ cm}$.

Soit F' le foyer image du téléobjectif formé des deux lentilles. Montrer que $\overline{F'_3F'} = \frac{-f_3^2}{F_3F'_2}$ et que

l'encombrement du système (i.e. la taille) $\overline{O_2F'}$ est égal à 54,3 cm.

Déterminer l'expression du grandissement défini par :

$$\gamma = \frac{\overline{A'B'}}{\alpha}$$

$\overline{A'B'}$ étant la taille de l'image finale et α l'angle (en radians) sous lequel est vu l'objet lointain.

Si l'objectif était constitué d'une seule lentille convergente, quel serait l'encombrement pour obtenir le même grandissement ?

Mettre en œuvre un protocole expérimental pour vérifier expérimentalement ces propriétés (grandissement, encombrement). Evaluer les incertitudes expérimentales, et vérifier la cohérence avec les prédictions théoriques.

4. Distance hyperfocale :

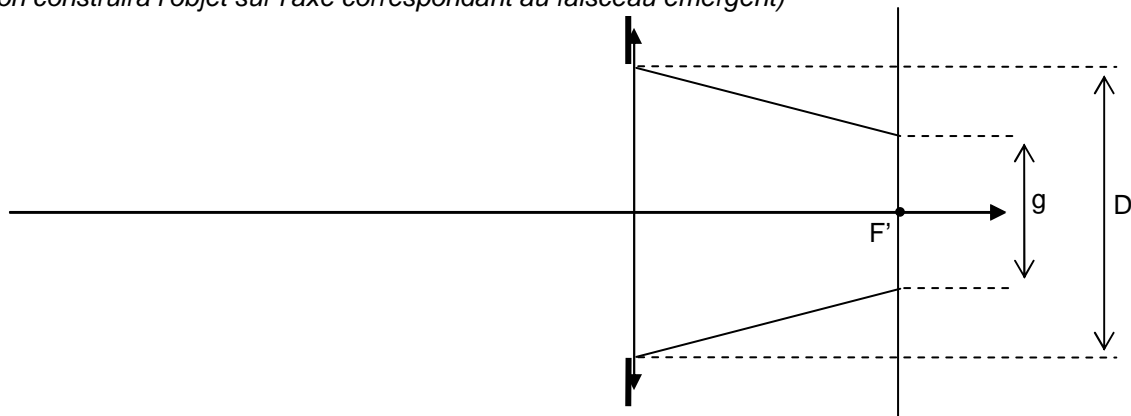
Que l'appareil photographique soit classique avec une pellicule ou numérique avec un capteur C.C.D., les plus petits détails observables sur l'image ont la taille g soit du grain de la pellicule, soit d'un pixel (Picture Element) dans le cas d'un appareil numérique. Une image sera nette tant que l'image d'un point sera de taille inférieure à g .

Ainsi, lorsque l'appareil est mis au point à l'infini, un point A sur l'axe sera vu net tant que son image aura une taille inférieure à g . La distance hyperfocale x_H est par définition la position la plus proche de l'appareil donnant d'un point une image de taille g .

La distance hyperfocale x_H dépend du diamètre D du diaphragme disposé devant l'objectif et donc du nombre d'ouverture N .

Etude théorique : En vous appuyant sur la figure ci-dessous, montrez que : $x_H = \frac{Df'}{g} = \frac{f'^2}{gN}$

(on construira l'objet sur l'axe correspondant au faisceau émergent)



Etude pratique :

On choisit comme taille de grain $g = 5 \text{ mm}$. Coller une feuille sur l'écran et tracer deux traits horizontaux espacés de g .

Régler l'objectif à l'infini (Ecran dans plan focal de (L_1)) en le disposant tout au bout du banc.

Choisir comme objet le plus petit trou de la série de trous sur le support métallique.

Accoler un diaphragme à L_1 et déplacer le trou (et la source lumineuse sans le condenseur) jusqu'à observer une tache de taille g sur l'écran : la distance objet – lentille est alors x_H . Il sera peut-être nécessaire de régler la hauteur de l'écran pour que la tache puisse être encadrée par les deux lignes horizontales tracées.

Effectuer la manipulation pour tous les diaphragmes dont on mesurera le diamètre avec un pied à coulisse (les ranger dans l'ordre croissant des tailles).

Diamètre : D (cm)	Nombre d'ouverture : N	Distance hyperfocale : x_H

Tracer la courbe x_H en fonction de D ou $1/N$, et effectuer une régression linéaire.

Comparer aux prédictions théoriques.

5. Caractéristiques d'objectifs réels :

L'appellation : téléobjectif, objectif normal ou grand angle dépend de la taille de la pellicule. La focale normale est définie à partir de la diagonale de l'image.

Pour la taille la plus courante (24 mm X 36 mm) :

l'objectif normal à une focale comprise entre 50 et 55 mm.

Les focales plus grandes correspondent aux téléobjectifs (75mm, 150 mm ...)

Les focales plus petites correspondent aux grands angles (38 mm, 28 mm ...)

La suite classique des nombres d'ouverture est : 1.4, 2, 2.8, 4, 5.6, 8, 11, 16, 22, 32 ce qui correspond à une variation de l'éclairement d'un facteur $\frac{1}{2}$ à chaque fois lors du passage d'un nombre d'ouverture au suivant (dans l'ordre croissant) soit à une diminution du diamètre d'un facteur $\sqrt{2}$.

L'ordre de grandeur du grain de la pellicule est $g=30 \mu\text{m}$ pour une pellicule de sensibilité normale (100 à 200 ISO)