

Matériel

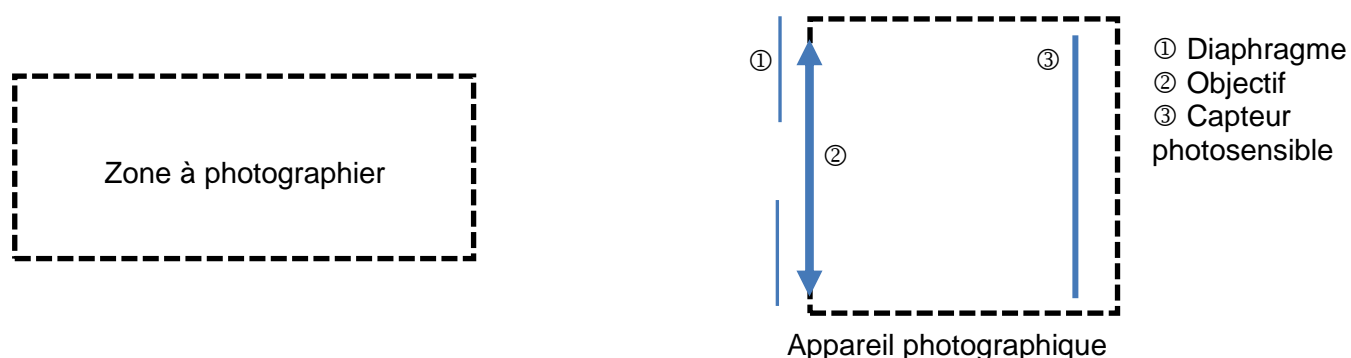
- Banc optique gradué, source de lumière (avec rallonge de fil) et condenseur.
- Diaphragme de diamètre ajustable, et de diamètre fixe.
- Capteur de lumière (photodiode).
- Lentilles convergentes et divergentes de distance focales connues.
- Ecran blanc et grille quadrillée.
- Objets : lettre et fente.

Objectifs du TP

- Réaliser un appareil photographique « éclaté » réglé à l'infini.
- Caractériser (quantitativement) le rôle du diaphragme (luminosité, profondeur de champ).
- Fabriquer un téléobjectif.

I. Introduction : rappels sur l'appareil photographique

On étudie dans ce TP un modèle d'appareil photographique éclaté dont les principaux éléments sont rappelés ci-dessous :



Dans un appareil photographique numérique (APN), l'image se forme sur un capteur constitué de pixels. Il y a stigmatisme approché si l'image d'un objet ponctuel est au niveau du capteur de taille inférieure à celle du pixel. On étudie des situations où l'objet est suffisamment loin de l'objectif pour que l'on puisse se placer dans les conditions de Gauss : il y a également aplanétisme approché et l'image peut être considérée nette.

En macrophotographie ce n'est pas nécessairement le cas. En effet, l'objectif étant très proche de l'objet à photographier, les angles incidents peuvent être élevés.

Le photographe contrôle essentiellement deux paramètres pour une prise de vue :

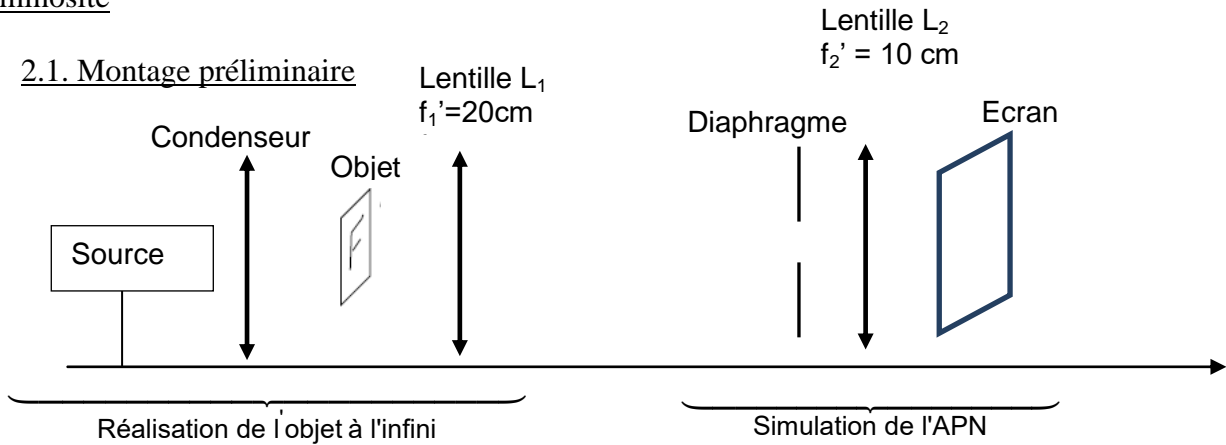
- La durée d'exposition : plus elle est élevée, plus l'image obtenue est claire.
- L'ouverture, via le diamètre du diaphragme : plus le diaphragme est fermé, moins, à durée d'exposition constante, le capteur reçoit de lumière. L'image est alors plus sombre.

Pour la plupart des expériences du TP, on utilise un objet à l'infini.

→ En utilisant la méthode d'auto-collimation, réaliser un objet à l'infini à l'aide d'une lentille convergente L_1 de focale $f'_1 = 20$ cm. On prendra soin d'éclairer l'objet correctement à l'aide du condenseur.

II. Luminosité

2.1. Montage préliminaire



L'appareil photo est constitué du diaphragme, d'une lentille L_2 de focale $f'_2 = 10$ cm et d'un écran.

☞ Quelle doit être la distance lentille-écran ?

Réaliser l'image d'une diapositive (lettre F).

La distance lentille-écran est-elle celle que vous aviez prévue ?

2.2. Influence du diaphragme

On mesure la luminosité de l'image en un point à l'aide d'une photodiode alimentée : la tension relevée par un voltmètre est proportionnelle à l'éclairement reçu E .

- Remplacer la lettre par un point source (plus petit diaphragme disponible sur le dispositif tournant).
- **Régler la source et le condenseur de sorte que l'éclairement soit centré et le plus uniforme possible au niveau de la première lentille.**
- Remplacer l'écran par la photodiode et la positionner de façon à ce que toute la lumière arrive au niveau du capteur (centre de la cible). Brancher les deux câbles sur le voltmètre.
- Fixer un diaphragme sur la lentille, de diamètre D . On utilisera les 4 diaphragmes les plus petits et on commencera par le diaphragme le plus grand des quatre. On vérifiera que le diaphragme est uniformément éclairé et que la photodiode ne sature pas.

☛ Attention, la batterie interne de la photodiode se décharge très vite, il faut mettre le curseur sur « Arrêt » entre 2 mesures.

On admet que la tension mesurée V est proportionnelle à l'éclairement reçu. On propose une loi liant le diamètre D du diaphragme et la tension V : $V = k D^\alpha$, où k est une constante

- En utilisant une régression linéaire appropriée, déterminer la valeur de α .
- Quelle est la valeur attendue ? Conclure.

III. Profondeur de champ

3.1. Position du problème

On remplace l'objet diaphragme par la lettre (diapositive), et la photodiode par l'écran.

On éloigne légèrement la lentille L_1 de la diapositive.

☞ L'image reste-t-elle nette ?

Le diaphragme, s'il permet de contrôler la luminosité, permet également de contrôler la profondeur de champ de l'image. Pour un capteur constitué de pixels de dimension ε placé dans le plan focal image de l'objectif de l'APN, l'image est nette sur le capteur tant que l'objet est à une distance d_{obj} de l'objectif

$d_{\text{obj}} > d_{\text{min}}$ où $d_{\text{min}} = f_2' \cdot \frac{D}{\varepsilon}$ est la distance hyperfocale.

☞ A l'aide d'un tracé géométrique et de la relation de conjugaison de Descartes, établir la relation précédente (voir cours).

3.2. Mise en œuvre

Pour la vérifier on propose le protocole suivant :

- On enlève le condenseur.
- On remplace l'objet initial par une fente fine, l'APN étant réglé sur l'infini et étant placé à l'extrémité du banc optique, sur une graduation entière.
- On remplace l'écran par une grille (feuille de papier à petits carreaux) simulant la matrice CCD du capteur. On fait l'image de la fente fine au milieu d'un pixel, qui est représenté par un carré de 1 cm de côté.
- On fixe un premier diaphragme sur la lentille, de diamètre D .
- On enlève alors la lentille L_1 ayant servi à produire l'objet à l'infini et on accole la source (lampe) à la fente. On doit alors observer un disque lumineux. L'objet pour l'APN est alors à distance finie.
- On déplace en bloc la source et la fente jusqu'à atteindre la limite de stigmatisme (la taille de la tâche tient tout juste sur un pixel). On note alors la distance d_{min} .
- On réitère le processus en changeant la taille du diaphragme.

☞ En réalisant le protocole, établir le résultat de la mesure de d_{min}/D .

On réalisera une estimation de l'incertitude de mesure de type A (évaluation statistique). Pour cela, on utilisera le programme python fourni.

Connaissant la valeur de référence de f_2'/ε , déterminer l'écart normalisé et conclure.

IV. Influence de la distance focale sur la taille de l'image

On utilise à nouveau la diapositive.

Refaire une mise au point à l'infini à l'aide d'une lentille L_2 de focale 20 cm, en laissant l'APN à l'extrémité du banc optique.

- En changeant la lentille L_2 , vérifier (qualitativement) que plus la distance focale est élevée, plus l'image est grande.

☞ Quel est l'encombrement du dispositif pour une lentille de distance focale $f_0' = 1\text{m}$?

Mesurer quatre carreaux de la diapositive à l'écran.