

Matériel

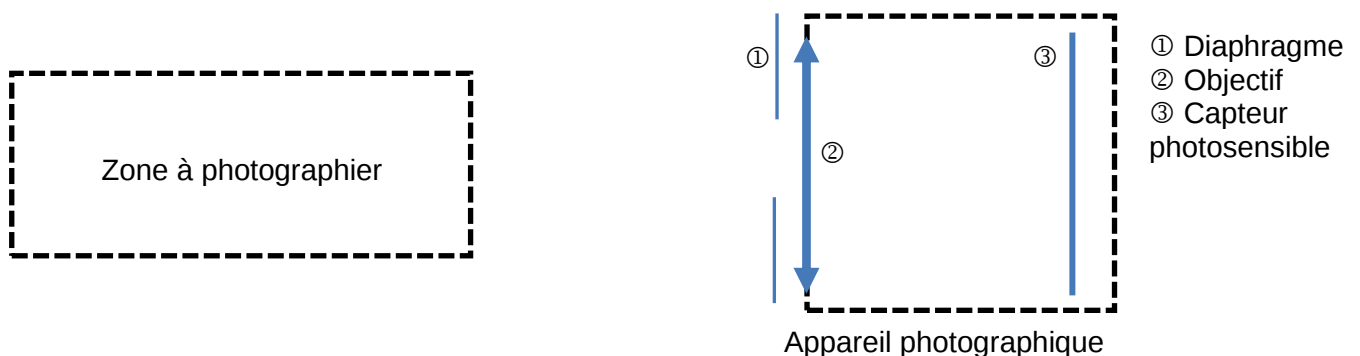
- Banc optique gradué, source de lumière (avec rallonge de fil) et condenseur.
- Diaphragme de diamètre ajustable, et de diamètre fixe.
- Capteur de lumière (photodiode).
- Lentilles convergentes et divergentes de distance focales connues.
- Ecran blanc et grille quadrillée.
- Objets : lettre et fente.

Objectifs du TP

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

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.

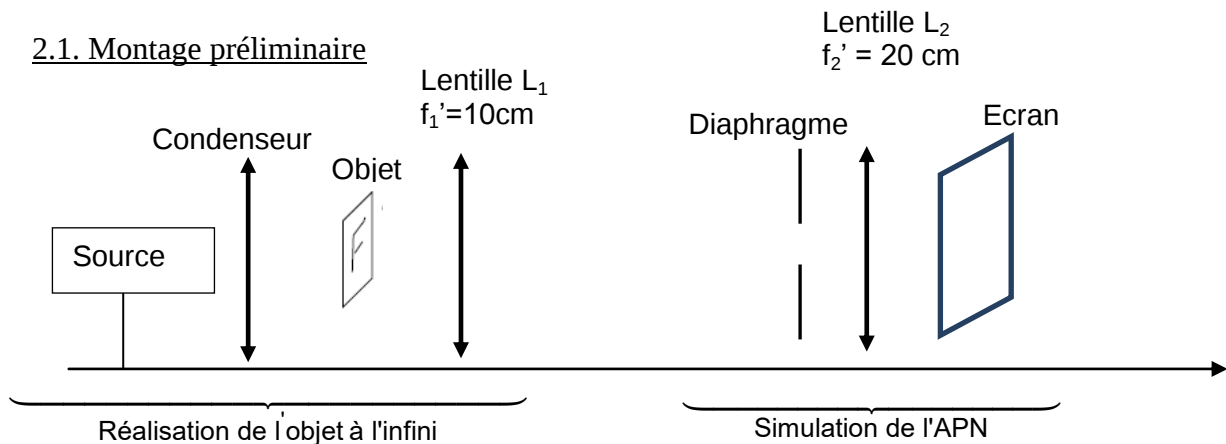
En macrophotographie ce n'est pas nécessairement le cas. En effet, l'objectif étant très proche de l'objet à photographier, les angles incidents peuvent être élevés.

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

- 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.
- La durée d'exposition : plus elle est élevée, plus l'image obtenue est claire.

II. Profondeur de champ

2.1. Montage préliminaire



On prend soin d'éclairer l'objet correctement à l'aide du condenseur.

☞ En utilisant la méthode d'auto-collimation, réaliser un objet à l'infini à l'aide d'une lentille convergente L_1 de focale $f'_1 = 10$ cm.

L'appareil photo est constitué du diaphragme, d'une lentille L_2 de focale $f'_2 = 20$ cm et d'un écran.

☞ Quelle doit être la distance lentille-écran pour un objet à l'infini ?

Réaliser l'image d'une diapositive (lettre F) et vérifier la distance lentille-écran.

Le diaphragme permet de contrôler la profondeur de champ de l'image mais également la luminosité.

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 que l'objet est à une distance d_{obj} de l'objectif telle que :

$$d_{\text{obj}} > d_{\text{min}} \text{ où } d_{\text{min}} = f'_2 \cdot \frac{D}{\varepsilon} \text{ est la distance hyperfocale.}$$

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

2.2. Mise en œuvre

On place l'APN à l'extrémité du banc optique, la lentille (L_2) sur une graduation entière.

Pour vérifier la formule donnant la distance hyperfocale, on propose le protocole suivant :

- On enlève le condenseur.
- On remplace l'objet initial par une fente fine,
- On remplace l'écran par une grille (feuille de papier millimétrée) 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 côté $\varepsilon = 1$ cm.

- On fixe un premier diaphragme sur la lentille L_2 , de diamètre D (on utilisera les 5 plus grands diaphragmes).

- 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.

☞ Copier le script python fourni *echanges/ptsi1/ressources/physique chimie/TPoptique* dans vos documents. Ouvrir PYZO, puis ouvrir le script et le compléter. On obtient le résultat de la mesure de d_{min}/D et une estimation de l'incertitude de mesure de type A (évaluation statistique).

Connaissant la valeur de référence de f'_2/ε , on obtient aussi l'écart normalisé. Conclure.

III. Luminosité : influence du diaphragme

On va mesurer 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 .

On repart du montage préliminaire.

- 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 sous le logiciel Regressi, déterminer la valeur de α . Quelle est la valeur attendue ? Conclure.