TP8 : Appareil photographique

CAPACITÉS EXPÉRIMENTALES TRAVAILLÉES :

▷ *Acquérir avec un appareil photo numérique l'image, et l'exploiter à l'aide d'un logiciel pour conduire l'étude d'un phénomène.*

▷ *Étudier l'influence de la focale, de la durée d'exposition, du diaphragme sur la formation de l'image.*

▷ *Estimer une valeur approchée d'une distance focale.*

MATÉRIEL :

Source de lumière blanche, objet (lettre P), lentilles minces convergentes, banc d'optique, supports, écran, diaphragme ; smartphone (télécharger l'application Mcamera ou activer le mode manuel de l'appareil photo si l'application est indisponible).

Un **appareil photographique numérique** comporte principalement :

▷ un **objectif**, modélisé par une lentille mince convergente de distance focale f' ;

▷ un **diaphragme**, modélisé par une ouverture circulaire de diamètre D réglable, qui contrôle la quantité de lumière qui pénètre dans l'appareil à un instant donné ;

▷ un **capteur** électronique (CCD ou CMOS), situé derrière l'objectif, à une distance d réglable (par mise au point) entre d_{min} et d_{max}, en fonction de la distance de l'objet à photographier. La valeur $d_{min} = f'$ est utilisée lorsque l'objet à photographier est "à l'infini".

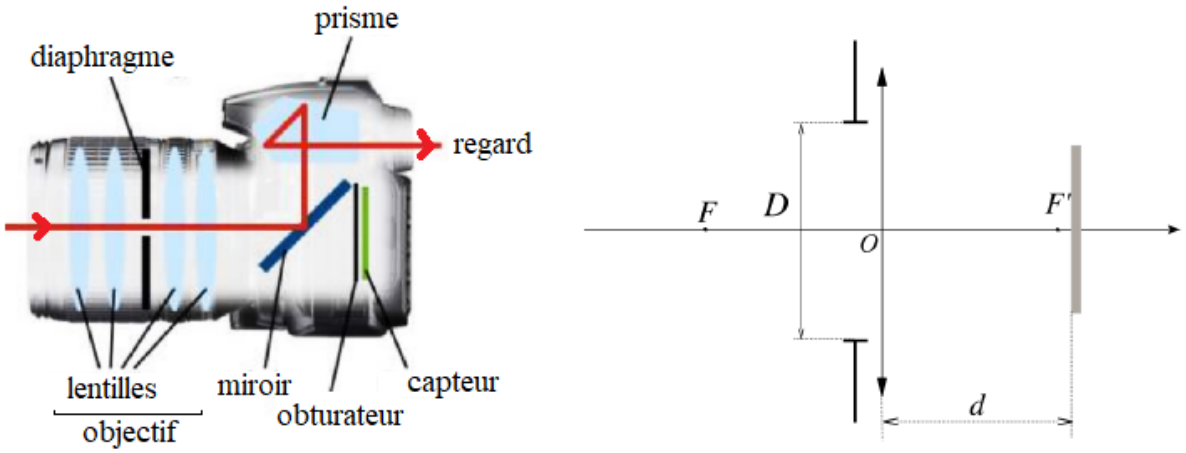


FIGURE 1 – Gauche : schéma d'un appareil photographique numérique ; droite : schéma optique d'un modèle d'appareil photographique

Les photographes professionnels maîtrisent parfaitement l'effet de tous les paramètres réglables. Nous nous focaliserons sur l'influence de trois d'entre eux sur la formation de l'image :

▷ la (distance) **focale** (de l'objectif) : c'est le paramètre que l'on modifie lorsqu'on change la valeur du zoom. Concrètement, un dispositif modifie la distance entre les lentilles qui forment l'objectif dans un appareil photographique classique, ou déforme les lentilles dans un smartphone ;

▷ la **durée d'exposition** (ou temps de pose, lié à la vitesse d'obturation) est la durée pendant laquelle l'obturateur reste en position relevée et laisse passer la lumière : le capteur est soumis à la lumière pendant cette durée.

▷ l'**ouverture du diaphragme** : elle délimite le faisceau lumineux et permet de régler la quantité de lumière qui atteint le capteur.

PROBLÉMATIQUE :

Quelle est l'influence de la focale, de la durée d'exposition et de l'ouverture du diaphragme sur la formation de l'image sur le capteur d'un appareil photographique ?

1 Étude d'un modèle d'appareil photographique

1.1 Protocole 1 - Montage optique

— Avec le matériel disponible, construire sur le banc d'optique un montage qui modélise un appareil photographique.
— Former une image sur l'écran qui modélise le capteur, puis appeler l'enseignant pour qu'il valide le montage.

Q1. Donner trois adjectifs qui qualifient l'image observée.

Q2. Indiquer ce que modélise chaque élément principal du montage.

Q3. L'influence de la durée d'exposition sur la formation de l'image ne pourra pas être étudié avec ce montage. Expliquer pourquoi.

1.2 Protocole 2 - Influence de la focale

On commence par tester l'effet de la distance focale sur la formation de l'image.

— La distance maximale entre la lentille et l'écran est fixée à $d_{max} = 25$ cm. Il ne faudra pas la dépasser.
— Pour plusieurs valeurs de distance focale f' (on change de lentille à chaque fois), déterminer la distance minimale entre l'objet et l'objectif pour pouvoir former une image sur l'écran.
— Pour un objet à distance fixée (que vous indiquerez), mesurer le grandissement pour chaque lentille choisie.

Q4. En vous appuyant sur vos observations, décrire l'influence de la focale sur la formation de l'image, en termes de distance minimale à laquelle l'objet doit se trouver de la lentille pour faire une photographie nette, et en terme de grandissement.

1.3 Protocole 3 - Influence du diaphragme

— Former une image sur l'écran.
— Diminuer progressivement l'ouverture du diaphragme et observer l'effet sur l'image.

Q5. Décrire l(es) effet(s) d'une modification de l'ouverture du diaphragme sur l'image formée. Expliquer qualitativement vos observations.

2 Étude de l'appareil photo intégré à un smartphone

Pour ne pas saturer le capteur, ce qui donnerait une photographie trop claire (surexposée), il faut limiter l'exposition (quantité totale de lumière reçue pendant la prise de

vue, puis traduite par le capteur). Cela dit, il faut aussi assurer une exposition suffisante pour ne pas obtenir une photographie trop sombre (sous exposée).

Pour qu'une photographie soit bien exposée, il est possible de jouer sur trois paramètres :

▷ la durée d'exposition ;

▷ l'ouverture du diaphragme. Un smartphone a généralement un diaphragme de diamètre fixé à sa valeur maximale (pour maximiser la quantité de lumière entrante) ;

▷ la sensibilité ISO (hors programme), qui mesure la sensibilité à la lumière des capteurs numériques. Plus le nombre ISO est élevé, plus la sensibilité de la surface est grande, ce qui permet de prendre une photographie d'un objet même si la luminosité est très basse. Pour un appareil numérique, ce nombre résulte de l'amplification du signal électrique recueilli, ce qui peut générer du bruit et dégrader l'image (notamment lorsqu'on fait des photos de nuit).

2.1 Protocole 4 - Influence de la durée d'exposition

— Télécharger et ouvrir l'application Mcamera (attention, il en existe plusieurs de noms très proches, celle-ci est gratuite !). Elle permet de travailler avec le mode manuel de l'appareil photographique du smartphone.

— Prendre plusieurs photographies : d'un objet très sombre, sombre, normal, lumineux, très lumineux, avec des durées d'exposition (exposure time ou shutter speed (SS)) différentes. Essayer aussi avec un objet en mouvement.

Q6. Pour un objet très sombre (par exemple une surface noire), relever la durée la plus grande qui permet d'obtenir une image bien exposée.

Q7. Pour un objet très lumineux (par exemple une ampoule allumée), relever la durée la plus faible qui permet d'obtenir une image bien exposée.

Q8. Conclure quant à l'influence de la durée d'exposition sur la qualité d'une photographie.

2.2 Protocole 5 - Mesure de la focale de l'objectif d'un smartphone

— Sans utiliser le zoom (la focale f' reste fixe), prendre une photographie d'un objet de dimensions connues (par exemple une règle de longueur a et de largeur b) à une distance L connue du téléphone. Pour exploiter facilement cette photographie, il est préférable que l'objet soit placé devant un fond blanc.

— Sur la photographie elle-même (sur l'écran du téléphone), mesurer les dimensions de l'objet.

Dans ce qui suit, on prendra par défaut les dimensions du capteur suivantes : $4,80$ mm $\times 3,60$ mm, assez standard, ce qui permettra d'obtenir des résultats avec un bon ordre de grandeur.

Q9. Déterminer les dimensions réelles de l'image sur le capteur de l'appareil photo.

Q10. En déduire le grandissement γ de l'image sur le capteur (relativement à l'objet photographié), puis la distance d entre le capteur et l'objectif de l'appareil photo.

Q11. En déduire la distance focale f' de la lentille.