

Objectifs :

- Créer ou repérer une direction de référence.
- Apprendre à régler et à utiliser une lunette autocollimatrice.
- S'appropriier la modélisation d'un appareil photographique.
- Valider les informations techniques fournies par le constructeur d'un smartphone.

Important : dans tout le TP, on vérifiera avec soin l'alignement des différents systèmes (avec une feuille de papier blanc par exemple).

I - Lunette autocollimatrice

1) Schéma de principe

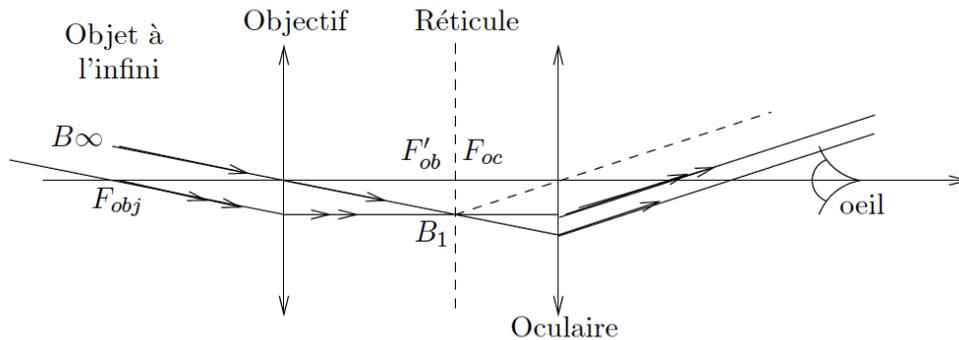


FIGURE 1 –

Une lunette de visée à l'infini permet de voir net des objets rejetés à l'infini. La lunette est en quelque sorte un **viseur ayant une distance frontale infinie**. Contrairement au viseur, dans la lunette, la distance objectif-réticule est réglable.

L'objectif donne de l'objet AB pointé à l'infini une image intermédiaire A_1B_1 dans son plan focal image.

L'oculaire donne de A_1B_1 l'image définitive $A'B'$ qui sera un objet pour l'œil au repos. Il suffit de faire coïncider le plan focal image de l'objectif et le plan focal objet de l'oculaire pour un œil emmétrope (sans défauts).

Une lunette à réticule éclairé peut servir de source de lumière à l'infini ou de lunette de visée.

Les distances réticule-objectif et réticule-oculaire sont réglables séparément.

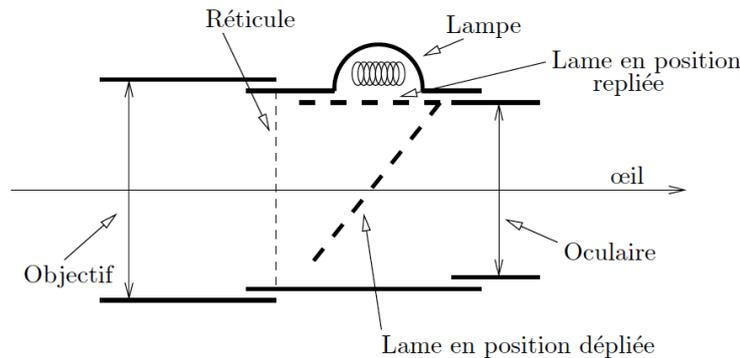


FIGURE 2 –

La lame semi-réfléchissante permet de faire jouer au réticule, s'il est placé dans le plan focal de l'objectif, à la fois le rôle d'objet dont l'image est rejetée à l'infini, et le rôle habituel de réticule de l'oculaire.

2) Réglage de la lunette à l'infini par la méthode d'autocollimation

- Régler l'oculaire de la lunette à sa vue (réticule vu net sans accommoder).

- Allumer la lampe latérale qui éclaire le réticule de la lunette, vérifier que la position de la lame semi-réfléchissante permet l'éclairage du réticule.
- Vérifier que la lunette se comporte bien comme une source de lumière (en plaçant une feuille de papier derrière l'objectif) et placer un miroir plan du côté de l'objectif pour renvoyer la lumière dans la lunette.
- Régler la position de l'objectif pour voir l'image en retour du réticule aussi nette que l'objet. Vérifier qu'il n'y a pas d'erreur de parallaxe (par un hochement de tête).

Le réglage doit être indépendant de la position du miroir.

3) Mesure à l'aide d'une lunette autocollimatrice

a) Réalisation d'un objet à l'infini (utilisation de la lunette comme source de lumière)

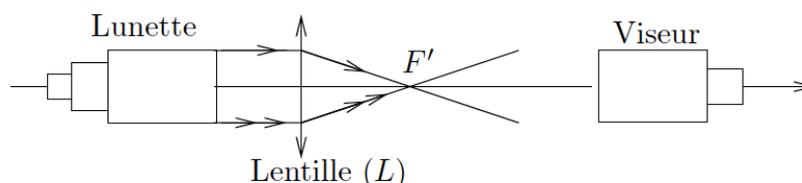


FIGURE 3 –

Le réticule de la lunette joue le rôle d'objet rejeté à l'infini pour la lentille (L).

Dans quelles conditions l'image du réticule à travers (L) est-elle réelle ?

En déduire une mesure de la distance focale de la lentille (L) à l'aide du viseur à frontale fixe.

La mesure est-elle toujours possible ?

b) Étude d'un objet à l'infini

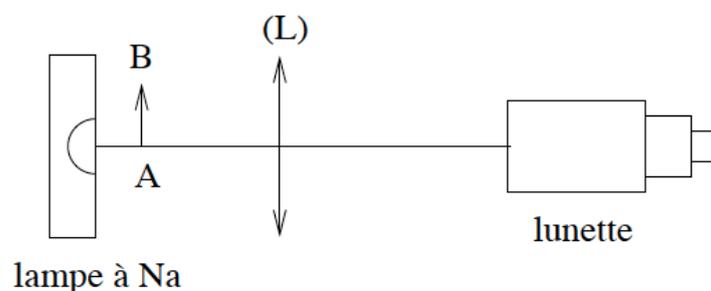


FIGURE 4 –

On déplace la lentille convergente (L) par rapport à l'objet réel AB pour voir l'image nette de AB superposée à celle du réticule dans la lunette. Où se trouve l'image de l'objet réel AB à travers (L) ?

En déduire une méthode de mesure de la distance focale de la lentille (L) à l'aide d'un viseur à frontale fixe.

La mesure est-elle toujours possible ?

4) Comparaison : viseur à frontale fixe et lunette autocollimatrice

Quelles sont les analogies et les différences entre un viseur et une lunette ? On pourra répondre à cette question en réalisant un tableau (à faire à la maison)

II - Appareil photo

Au cours de cette séance, nous allons explorer les différentes possibilités offertes par l'appareil photographique de votre smartphone. En particulier, nous allons remonter aux caractéristiques physique de votre appareil.

Pour cela, il faut activer le mode manuel (parfois appelé mode " Pro ") de l'appareil photographique de votre smartphone.

Les appareils AppleTM ne permettent pas d'accéder de base au mode manuel. De très nombreuses applications sont disponibles pour cela. On pourra pour ce TP utiliser par exemple l'application gratuite " M Camera ".

1) Exposition d'une photographie

L'exposition désigne la quantité totale de lumière reçue puis traduite par la surface sensible pendant la prise de vue. Elle dépend de trois paramètres détaillés ci-dessous. Pour qu'une photographie soit bien exposée, il faut jouer sur ces trois facteurs pour obtenir le résultat optimal.

a) Durée d'exposition

Le temps de pose (ou durée d'exposition ou vitesse d'obturation) τ est le temps durant lequel le diaphragme est ouvert et laisse passer la lumière. C'est donc la durée pendant laquelle le capteur va être soumis à la lumière. En photographie, ce temps s'exprime généralement en secondes ou fractions de secondes.

→ Prendre plusieurs photographies en modifiant la durée d'exposition et observer le résultat.

b) Sensibilité ISO

La sensibilité ISO est la mesure de la sensibilité à la lumière des pellicules et des capteurs numériques. L'échelle ISO doit son nom à l'Organisation internationale de normalisation (International Organization for Standardization) qui publie les normes la définissant. Plus le nombre ISO est élevé, plus la sensibilité de la surface est grande ce qui permet des photographies de très basse luminosité. Les références standards sont : 50, 100, 200, 400, 800, 1600 et 3200.

Pour un ancien appareil argentique, elle dépendait de la pellicule photographique. Pour un appareil numérique, elle résulte de l'amplification du signal électrique recueilli, ce qui peut générer du bruit et dégrader l'image. C'est généralement assez visible sur des photos de nuit si le réglage de l'appareil est automatique.

→ Prendre plusieurs photographies en modifiant la sensibilité ISO et observer le résultat.

c) Diaphragme d'ouverture

L'ouverture du diaphragme, ou nombre d'ouverture de l'objectif, est défini par la relation $N = f'/D$ qui se réécrit $D = f'/N$. Plus N est élevé, plus le diaphragme est fermé. L'indication qui s'affiche sur l'écran est généralement de la forme F/N (F pour focale). Les valeurs de N couramment rencontrées sont les suivantes :

N	1	1,4	2	2,8	4	5,6	8	11	16	22	32
-----	---	-----	---	-----	---	-----	---	----	----	----	----

Pour passer d'une valeur de N à celle qui lui est supérieure, on multiplie sa valeur par $\sqrt{2}$. Ainsi, lorsqu'on double le temps d'exposition, il faut augmenter N d'un cran pour retrouver les mêmes conditions d'exposition.

Les smartphones ont généralement un diaphragme fixe et il n'est pas possible d'influer sur ce paramètre. Ce diaphragme est généralement le plus grand possible dans l'espace disponible pour maximiser la luminosité entrante. Les deux autres paramètres précédents peuvent ainsi être réglés sur des sensibilités plus faibles.

2) Distance focale de l'appareil photographique

a) Estimation de la focale de l'appareil

L'optique d'un appareil photographique de smartphone est composé de plusieurs lentilles, voire de lentille déformable. Ainsi, la focale de l'appareil peut changer. Les constructeurs garantissent des valeurs de focales équivalentes, donnée dans des unités qui dépendent fortement de l'histoire de la photographie.

→ Prendre une photographie d'un objet de dimensions connues à distance connue.

→ Rechercher les caractéristiques techniques du smartphone, en particulier la taille physique de la plaque photosensible. La taille des capteur photographiques est généralement donnée sous forme " $1/x''$ ", cette valeur étant la valeur de la diagonale du capteur en pouces. On trouvera sur la page wikipedia :

https://en.wikipedia.org/wiki/Image_sensor_format

les équivalences en taille du capteur.

Si vous ne trouvez pas la taille du capteur photographique, il faut passer par la taille du détecteur. Il est en effet souvent simple de trouver le grain des détecteurs ainsi que leur nombre car c'est considéré par des clients peu connaisseurs comme un argument commercial (souvent à tort). On peut donc remonter à la surface du détecteur. En faisant un produit en croix avec la surface de la photographie, on peut remonter au facteur de proportionnalité entre les longueurs de la photographie et du capteur.

→ À l'aide de votre photographie, en déduire la taille réelle de l'image sur le capteur.

→ En déduire le grandissement de votre image, puis la distance entre le capteur photographique et la lentille. En déduire enfin la distance focale de la lentille de votre appareil.

Il peut être compliqué de comparer avec la valeur réelle si on n'y a pas accès. Les constructeurs ne donnent parfois pas directement la valeur de la focale équivalente, il faut alors la rechercher sur des sites techniques de photographie sur internet.

Attention, toujours pour des raisons historiques et d'uniformité, les constructeurs donnent la valeur de la focale équivalente rapport au format de pellicule photographique 36×24 , de diagonale 43.26 mm. Pour comparer avec votre mesure, vous devez avoir $f'_{\text{constructeur}} = f'_{\text{mesure}} \times 43.26/d$ avec d la diagonale du capteur.

Il est parfois possible aussi d'avoir accès à beaucoup d'informations dans les propriétés de l'image, visibles sur ordinateur (par exemple avec le format .heic sous MacTM).

→ Reproduire plusieurs fois l'expérience pour évaluer la précision de la mesure.

b) Profondeur de champ

En première approximation, on peut montrer que $p \approx 2gL^2N/f'$ avec g le grain du détecteur, L la distance de mise au point et $N = f'/D$ le nombre d'ouverture, D étant le diamètre d'ouverture du diaphragme.

On constate que le diaphragme d'ouverture a une influence sur la profondeur de champ. Toutefois, les capteurs des smartphones sont trop petits pour que l'ouverture maximale ait, d'un modèle à l'autre, un impact significatif sur la profondeur de champ. Celle-ci est en partie gérée via les logiciels de traitement d'image.

→ À l'aide de la formule fournie et des caractéristiques de votre smartphone, estimer la profondeur de champ pour une distance de mise au point fixée.

→ Proposer puis mettre en oeuvre un protocole expérimental permettant de mesurer cette profondeur de champ.