

Optique géométrique




ArmorScience


université
de bretagne
occidentale


enib
ÉCOLE NATIONALE
D'INGÉNIEURS DE BREST

Cette valise est un outil ludique permettant d'illustrer les lois de l'optique géométrique par la propagation d'un rayon lumineux à travers des composants optiques. Elle permet par ailleurs d'expliquer le fonctionnement de l'œil et les troubles de la vision en utilisant des modules qui reproduisent la géométrie de l'œil ainsi que d'illustrer le principe de l'appareil photographique.

L'OPTIQUE GEOMETRIQUE EN 3 MOTS

Les origines de l'optique géométrique remontent à l'antiquité. C'est Euclide qui introduisit pour la première fois la notion de rayon lumineux. Il faudra cependant attendre 1625 pour que les lois fondamentales de l'optique géométrique, les lois de Snell-Descartes, du nom des physiciens qui les ont mises en évidence, soient découvertes.

L'optique géométrique se distingue des théories ondulatoires et quantiques de la lumière qui apparaîtront 2000 ans après celle-ci, par l'étude de la propagation d'un rayon lumineux considéré dans son ensemble.

Les applications de l'optique géométrique sont nombreuses et anciennes. Ainsi dès le XII^{ème} siècle, les italiens utilisaient des lunettes de vue. Newton inventa un télescope fonctionnant à l'aide de deux miroirs. Ce type de télescope est aujourd'hui encore utilisé. Les microscopes utilisés en biologie ou encore en médecine utilisent les principes de l'optique géométrique dans leur fonctionnement.

PROGRAMME SCOLAIRE

Primaire :

Les manipulations présentes dans cette valise peuvent être abordées dans le cadre de l'étude de Lumière et ombres dans le thème Le ciel et la Terre au cours du cycle 3.

Collège : 5^{ème} :

- Le laser présente un danger pour l'œil
- La lumière se propage de façon rectiligne
- Le trajet rectiligne de la lumière est modélisé par le rayon lumineux
- La lumière se propage de façon rectiligne
- Le trajet rectiligne de la lumière est modélisé par le rayon lumineux

4^{ème} :

- Dans certaines positions de l'objet par rapport à la lentille, une lentille convergente permet d'obtenir une image sur un écran
- Il existe deux types de lentilles, convergente et divergente
- Une lentille convergente concentre pour une source éloignée l'énergie en son foyer

CHERCHEURS ET LABORATOIRES ASSOCIES

Yann G. BOUCHER (Laboratoire FOTON / ENIB)

Frédéric AUDO (Laboratoire RESO / ENIB)

MATERIEL**MATÉRIEL À PRÉVOIR**

Prise de courant

Une table d'environ 1 m

MATÉRIEL PRÉSENT DANS LA VALISE1 laser multi-faisceaux
(+ pointeur laser)1 source de lumière
blanche collimatée6 schémas (oeil, photo...)
(A, B, C, D, E, F)Un tableau quadrillé
magnétique4 lentilles biconvexes
convergentes (1, 2, 3, 4)1 lentille biconcave
divergente (5)

1 miroir plan (6)



Miroir concave (7)



1 miroir convexe (8)



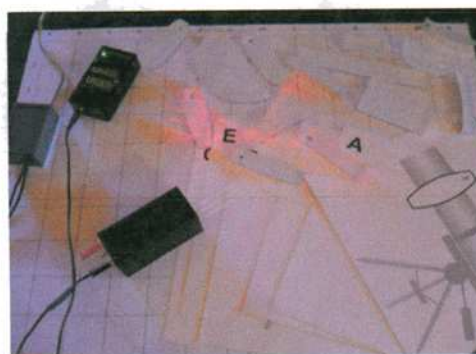
2 lentilles convexes (9 et 12)

1 plaque
parallépipédique (10)

1 prisme (11)

1 lentille plane concave
(13)

1 fibre optique (14)



Les lasers utilisés sont de classe 1 ou 2. Cependant, en aucun cas les faisceaux ne doivent être pointés en direction d'un œil sous peine de dommages. Les lasers ne doivent pas être laissés sans surveillance.



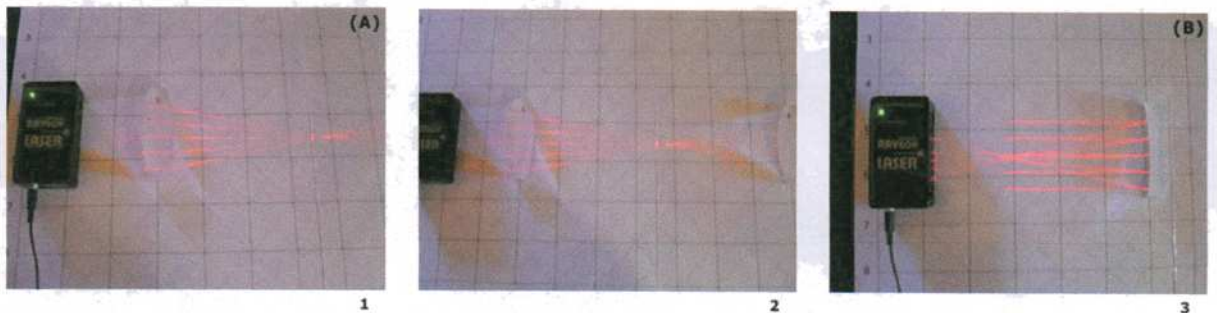
MANIPULATION N° 1

OBJET REEL ET IMAGE REELLE

OBJECTIF

Illustrer les notions de foyer objet réel et foyer image réelle.

MONTAGE



MANIPULATION

1. Placer le laser multi-faisceaux sur le tableau magnétique en position A4 - A7 et mettre en place la lentille convergente 1 en D5 - D6.

>> On observe que les faisceaux se croisent tous en un point. Ce point représente le foyer image réel de la lentille.

2. Placer la lentille convergente 2 de l'autre côté du foyer image en K5 - K6.

>> On observe que les rayons redeviennent parallèles et perpendiculaires à la lentille. Le point de convergence des faisceaux représente le foyer objet réel de la deuxième lentille. Cette construction représente un doublet afocal, l'image de l'objet à l'infini ressort à l'infini du système des deux lentilles.

3. Placer maintenant le miroir concave en G5 - G6.

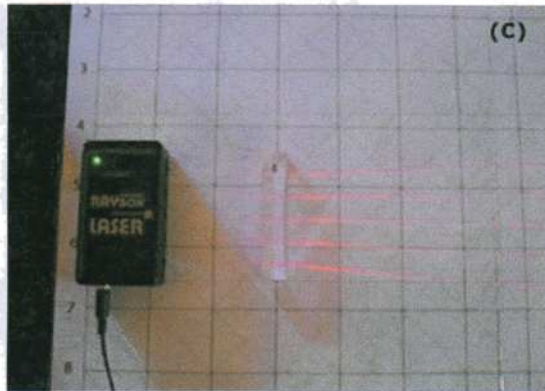
>> On observe que les rayons réfléchis par le miroir se croisent en un point, le foyer réel de la lentille.

CONCLUSION

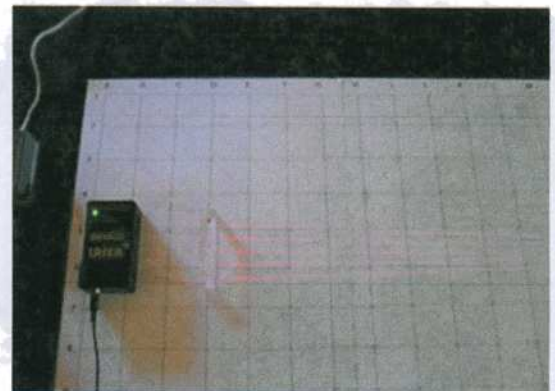
Une lentille convergente fait converger les rayons lumineux parallèles à l'axe optique en un point : le foyer image réel. Les rayons lumineux issus du foyer objet réel ressortent parallèles à l'axe optique après avoir traversé une lentille convergente. Les rayons lumineux qui arrivent parallèles à l'axe optique sur un miroir concave sont réfléchis et se croisent au foyer réel du miroir. C'est ce principe que l'on retrouve dans le télescope de Newton et le récepteur parabolique.

MANIPULATION N° 2 :**OBJET VIRTUEL ET IMAGE VIRTUELLE****OBJECTIF**

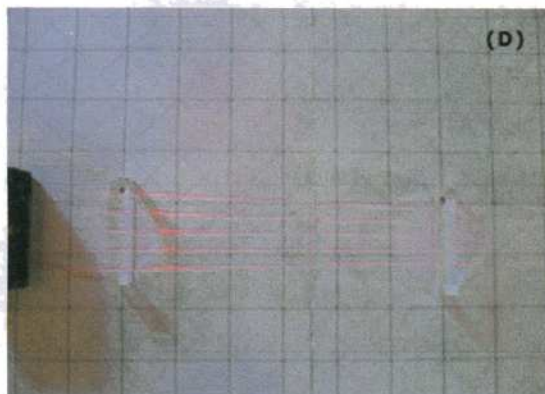
Illustrer les notions de foyer objet virtuelle et de foyer image virtuelle.

MONTAGE

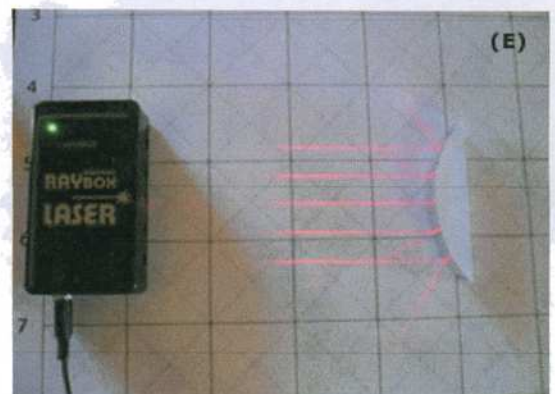
1



2



3



4

MANIPULATION

1. Placer la lentille divergente 5 sur le trajet des faisceaux du laser en D5 - D6.

>> On observe que les rayons lumineux divergent. On peut cependant prolonger les faisceaux vers l'arrière. On remarque alors qu'ils se croisent en un point, le foyer image virtuelle.

2 et 3. Placer maintenant la lentille convergente 4 en D5 - D6 puis la lentille divergente 5 en J5 - J6.

>> On observe que les rayons ressortent de la deuxième lentille parallèlement à l'axe optique. On peut tracer des axes qui prolongent les rayons en sortie de la première lentille convergente, ces axes se croisent en un point, le foyer objet virtuelle. Cette construction représente elle-aussi un doublet afocal, l'image de l'objet à l'infini ressort à l'infini du système des deux lentilles.

4. Placer un miroir convexe en F5 - F6.

>> On observe que les rayons réfléchis divergent. On peut tracer des axes qui prolongent ces rayons. Ces axes se croisent alors en un point, le foyer virtuel du miroir.

CONCLUSION

Les rayons lumineux, après être passés par une lentille divergente, convergent en un point qui n'existe pas physiquement : le foyer image virtuelle. Les rayons lumineux qui ressortent, parallèles à l'axe optique, d'une lentille convergente passent par un point imaginaire : le foyer objet virtuel.

Les rayons qui arrivent parallèles à l'axe optique sur un miroir convexe sont réfléchis et divergent. Ils convergent également en un point imaginaire, le foyer objet virtuel.

MANIPULATION N° 3 :

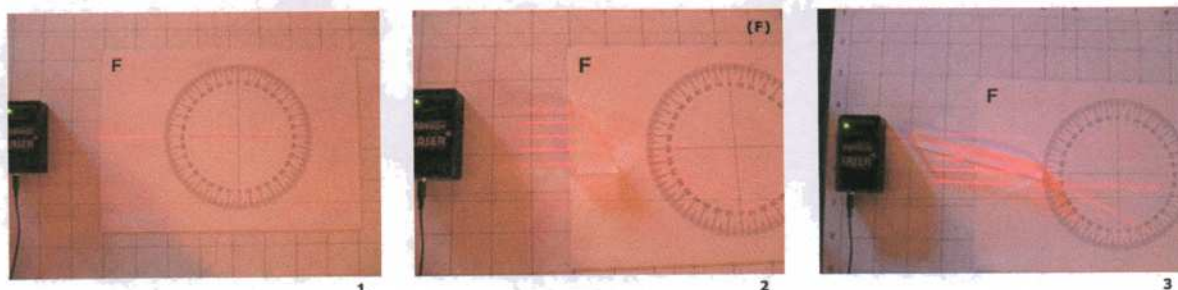
LOIS DE SNELL ET DESCARTES

OBJECTIF

Illustrer les lois de la réflexion et de la réfraction, les lois de Snell-Descartes.

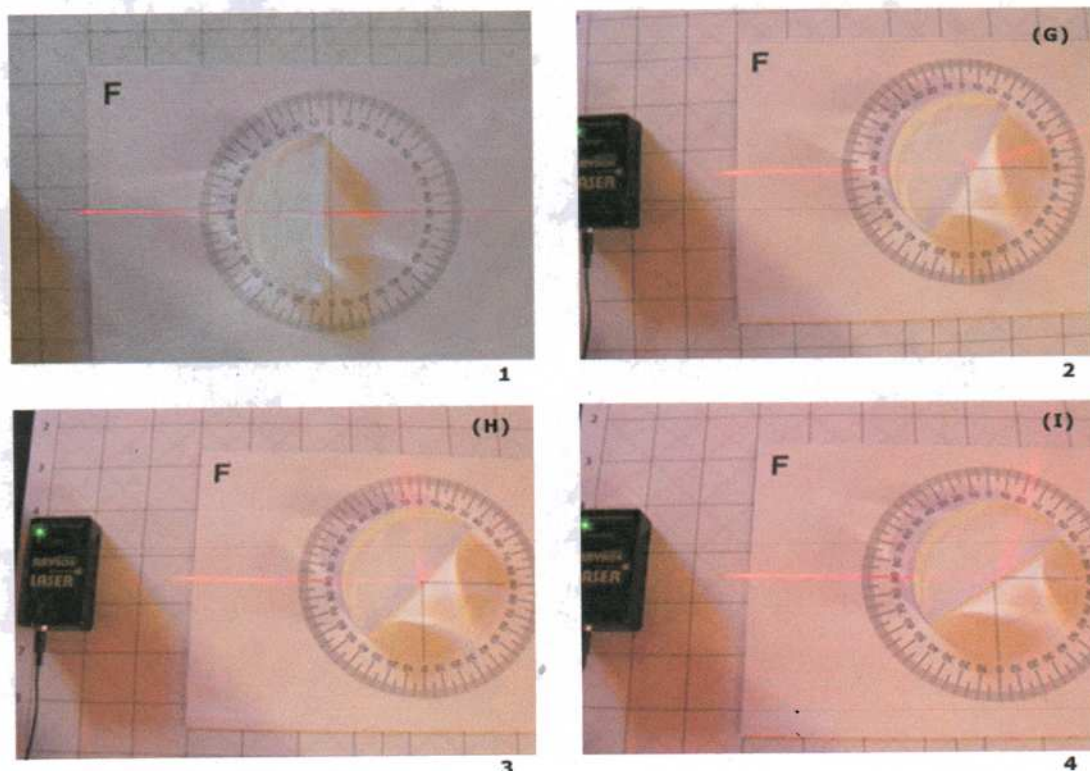
MONTAGE ET MANIPULATION

1. Mettre en place, sur le schéma F, le prisme en triangle en E5 - E6, le grand côté du triangle perpendiculaire face aux faisceaux du laser.



>> On observe que les rayons lumineux qui arrivent parallèles à l'axe sont déviés vers la base du prisme, il y a déflexion de la lumière. En effet, à chaque interface entre l'air et le verre dont l'indice est différent, les rayons sont réfractés. On observe le même phénomène en plaçant la lame à faces parallèles légèrement penchés par rapport à l'horizontale.

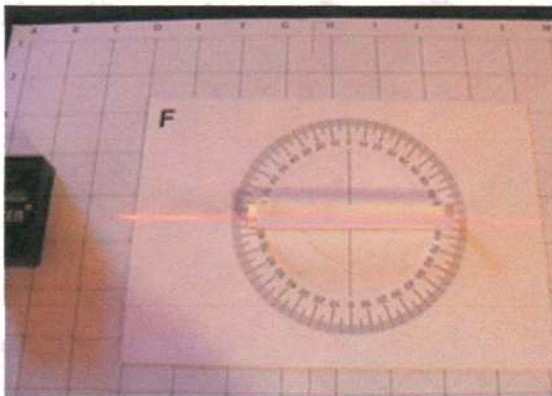
2. Appuyer 3 fois sur le bouton du laser pour n'avoir plus qu'un seul faisceau. Placer le tapis F en D/L – 3/8 et la demi-boule. Faire varier l'angle d'incidence du rayon.



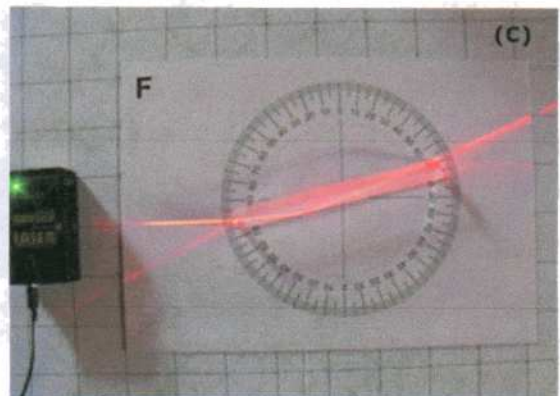
>> On observe que lorsque l'angle est nul, il n'y a pas de réflexion. Quand l'angle est petit il y a transmission et réflexion. Lorsque l'angle devient supérieur à une valeur critique, il y a réflexion totale : plus aucun rayon n'est transmis. On peut aussi constater que l'angle d'incidence augmente en même temps que la puissance transmise diminue.

3. Placer la lame à faces planes de E6 à I4 de manière à ce qu'elle forme un angle important avec le rayon incident.

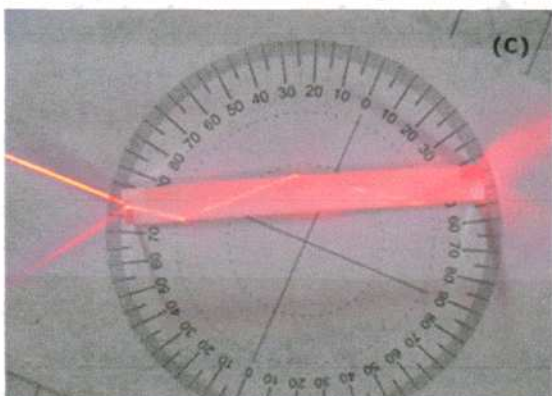
>> On observe que le rayon est piégé dans la lame. Il y a réflexion totale sur les bords de la lame; elle forme alors un guide d'onde.



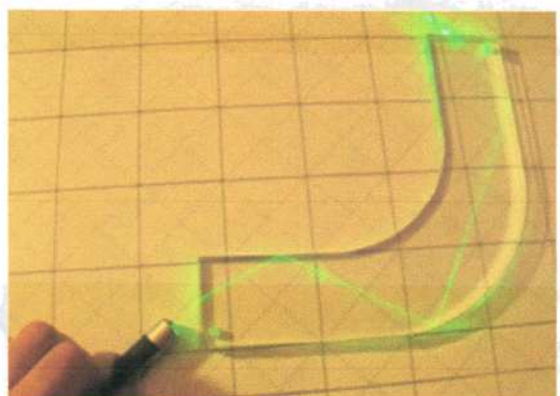
1



2



3



4

CONCLUSION

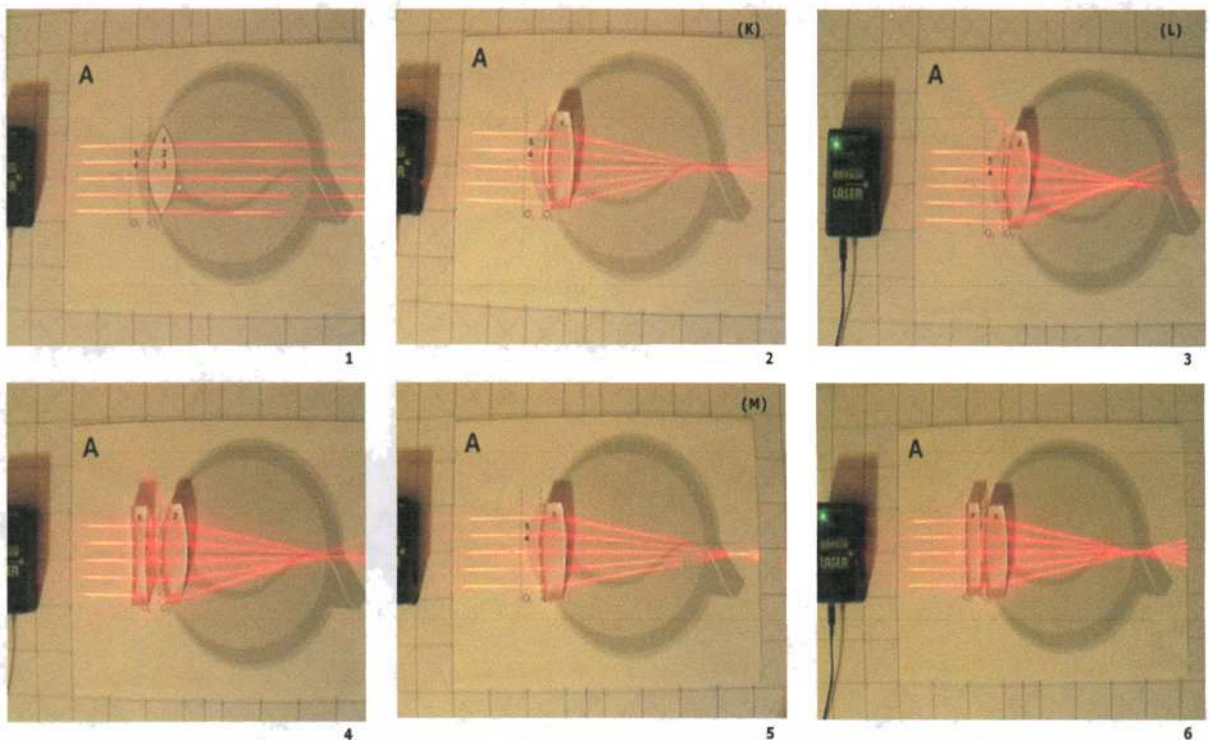
Les rayons qui arrivent sur une surface d'indice différent sont réfractés, transmis et réfléchis. Ainsi à la sortie du prisme on observe une déflexion de la lumière. Lorsque l'angle d'incidence et l'indice du milieu traversé sont supérieurs à une valeur critique, on observe alors une réflexion totale. Il n'y a plus de transmission de lumière. C'est ce principe qui est utilisé pour la propagation de la lumière dans la fibre optique.

MANIPULATION N° 4 : L'OEIL

OBJECTIF

Illustrer le fonctionnement de l'œil.

MONTAGE



MANIPULATION

1 et 2. Les 5 faisceaux du laser sont utilisés dans cette manipulation. Placer la lentille convergente 1 sur le schéma de l'œil A en D/L - 3/9.

>> On observe que les rayons convergent en un point, le foyer image qui coïncide avec la rétine. C'est le modèle de l'œil emmétrope (normal).

3. Placer maintenant la lentille convergente 2 de focale plus petite.

>> On observe que les rayons ne se croisent plus sur la rétine mais avant. C'est le modèle de l'œil myope qui converge trop.

4. Rajouter la lentille divergente 5.

>> On observe que les rayons se croisent maintenant sur la rétine. La lentille divergente a permis de corriger la myopie.

5. Placer la lentille 3 dont la focale est supérieure à la lentille 1.

>> On observe que les rayons lumineux se croisent après le plan de la rétine. C'est le modèle de l'œil hypermétrope qui diverge trop.

6. Rajouter la lentille convergente 4 devant l'œil.

>> On observe que les rayons se croisent maintenant en un point qui coïncide avec la rétine. La lentille convergente a permis de corriger l'hypermétropie de l'œil.

CONCLUSION

Le cristallin de l'œil humain fonctionne comme une lentille convergente. La myopie est due à un cristallin trop convergent. Elle se corrige par le port de lunettes à verres divergents. L'hypermétropie, quant à elle, est due à un cristallin trop divergent. Elle se corrige par le port de lunette à verres convergents.

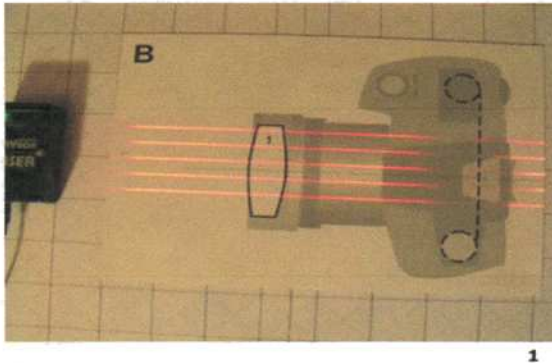
MANIPULATION N° 5 :

L'APPAREIL PHOTOGRAPHIQUE

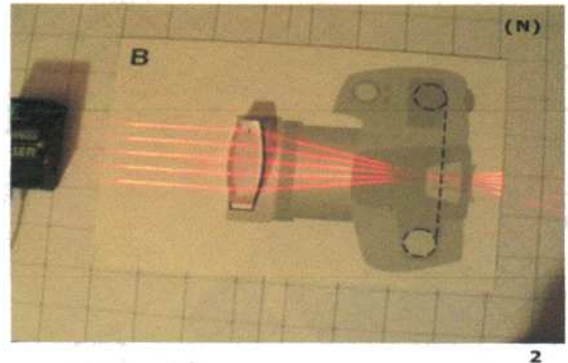
OBJECTIF

Illustrer le fonctionnement d'un appareil photographique.

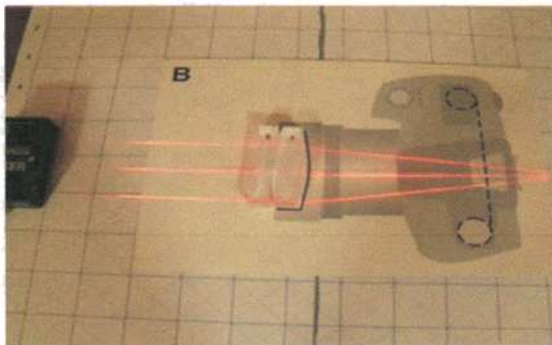
MONTAGE



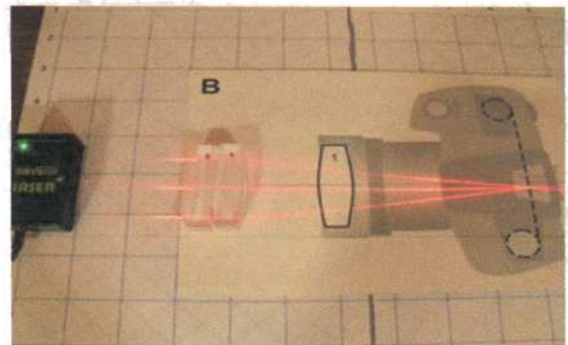
1



2



3



4

MANIPULATION

1 et 2. Positionner la lentille convergente 1 sur le plan de l'objectif du schéma B.

>> On observe que les rayons lumineux qui arrivent parallèles sur la lentille, se croisent en un point qui coïncide avec le plan du détecteur. Lorsque la mise au point est faite à l'infini pour, par exemple, photographier des paysages, le point de convergence des rayons, le foyer image réel, coïncide aussi avec le plan focal. Le plan focal et le plan du détecteur coïncident alors.

3. Positionner la lentille divergente 5 devant l'objectif de l'appareil photographique.

>> Le foyer objet virtuel de la lentille divergente représente le foyer objet réel de la lentille convergente et permet de modéliser des rayons qui proviendraient d'un objet à une distance finie et arriveraient sur la lentille convergente. On remarque alors que les rayons ne se croisent plus dans le plan focale. L'objectif doit donc être translaté par rapport au plan du détecteur de manière à ce que les rayons lumineux se croisent dans ce dernier sinon l'image est entachée d'un flou. Cette opération correspond à la mise au point de l'objectif d'un appareil photographique.

CONCLUSION

La mise au point de l'objectif d'un appareil photographique par rapport au plan du détecteur permet de faire coïncider le plan du détecteur avec le plan contenant le point de convergence des rayons lumineux, le plan focal. En effet, lorsque la mise au point est faite à l'infini, par exemple pour photographier des paysages, les rayons arrivent parallèlement à l'axe optique et convergent sur le plan du détecteur qui correspond alors au plan focal. Cependant, lorsque les rayons sont issus d'un objet situé à une distance finie, ils convergent à l'arrière du plan focal, le plan du détecteur doit être translaté pour coïncider avec le plan focal pour qu'il n'y ait pas de flou sur l'image.