

2) La formation des images en classe de quatrième

par Gilbert CHABROL,
Collège Donzelot, Limoges.

L'objectif de cet exposé est de proposer un exemple de progression concernant le thème fondamental de la formation des images depuis la notion de la propagation rectiligne de la lumière jusqu'à des notions élémentaires sur l'utilisation de l'appareil photographique.

I) LA PROPAGATION RECTILIGNE DE LA LUMIERE.

Cette notion peut être illustrée par de nombreux exemples :

- projecteurs utilisés pour l'éclairage des scènes de musique ou de théâtre,
- phares de voitures,
- projecteurs de films ou de diapositives.

En cours, une expérience classique et facile à réaliser est schématisée fig. 1.

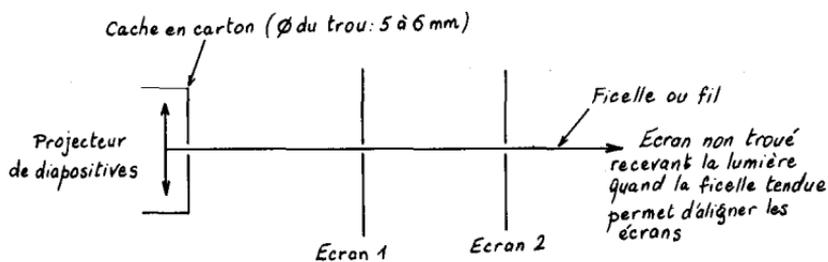


Fig. 1

II) LA CHAMBRE NOIRE.

La chambre noire ou sténopé (*) sera l'élément essentiel sur lequel nous appuierons notre étude. Connue depuis des siècles,

(*) N.D.L.R. : D'après le dictionnaire LAROUSSE et le dictionnaire de physique de J.-P. MATHIEU, A. KASTLER et P. FLEURY, Masson, 1983, le sténopé est le trou circulaire percé dans un écran, limitant les faisceaux utiles qui pénètrent dans l'œil ou la chambre noire.

elle a longtemps été utilisée par les peintres : un croquis montre un artiste en train de cadrer le paysage choisi à partir d'une chambre noire. L'emploi de cet instrument avait permis à Léonard DE VINCI de suggérer le mécanisme de la vision. Le principe de son fonctionnement en a été expliqué au xv^e siècle.

Nous avons utilisé des chambres noires en bois, parallélépipédiques, d'environ 25 cm de longueur.

— La boîte extérieure porte un trou d'environ 1 cm de diamètre. Devant ce trou, une bande de carton de faible épaisseur portant des ouvertures de formes et de tailles diverses joue le rôle de diaphragme.

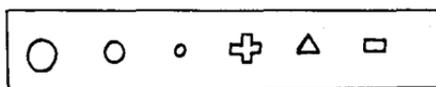


Fig. 2

De plus, nous avons aménagé un petit support qui permet de recevoir les lentilles « ARMELEC » disponibles dans tous les collèges.

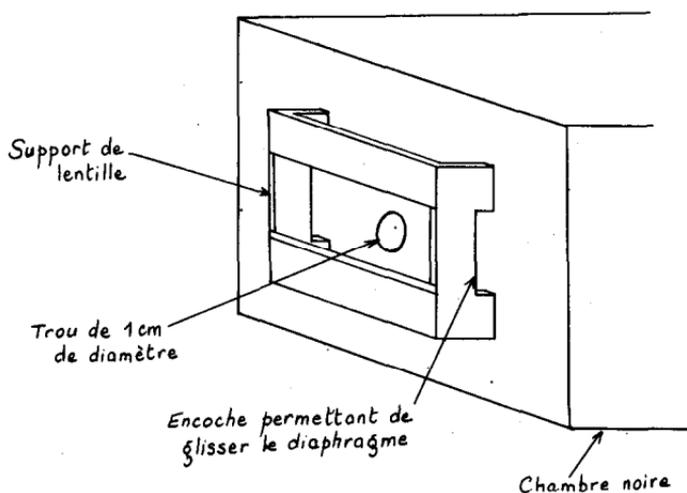


Fig. 3

— L'autre boîte, qui coulisse à l'intérieur de la première, est munie d'un verre dépoli qui joue le rôle d'écran.

Remarque.

Pour les collègues n'ayant pas les moyens de réaliser ce travail du bois, il est rappelé qu'il est possible de trouver dans le

commerce des boîtes en carton prédécoupées permettant de construire très rapidement un matériel semblable. Référence Jeulin 203-033, prix du lot de 6 = 135 F T.T.C. au 1^{er} janvier 1985.

1) Source lumineuse ponctuelle.

La source quasi ponctuelle est obtenue en collant un carton fin troué (\varnothing du trou : 2 mm environ) devant la lentille d'une lampe de poche ou d'un projecteur de diapositives.

a) FAISCEAU PÉNÉTRANT DANS LA CHAMBRE NOIRE (1).

On utilise successivement les différents diaphragmes.

Sur l'écran apparaît une petite tache lumineuse qui a la même forme que le diaphragme utilisé. De la source ponctuelle A est issu un faisceau lumineux (ensemble de rayons lumineux) divergent qui s'appuie sur les bords du diaphragme. La tache lumineuse se forme à l'intersection du faisceau lumineux et de l'écran.

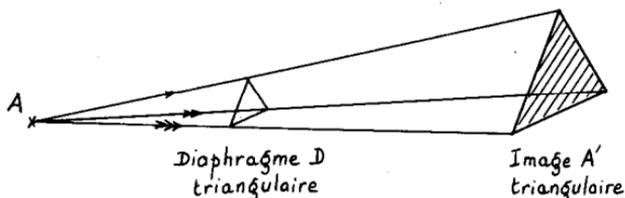


Fig. 4

Il faut remarquer que l'image d'une source ponctuelle est toujours plus grande que le diaphragme. Quand la surface du diaphragme D augmente, l'écran reçoit davantage de lumière.

b) SYMÉTRIE OBJET - IMAGE PAR RAPPORT A UN POINT.

— Quand la source ponctuelle est déplacée vers la gauche, la tache-image A' se déplace vers la droite et inversement.

— Quand la source ponctuelle est déplacée vers le haut, la tache-image se déplace vers le bas et inversement.

c) RETOUR SUR LA NOTION DE RAYON LUMINEUX.

En diminuant le diamètre du diaphragme, on pourrait espérer isoler un rayon lumineux. Il n'en est rien car des phénomènes de diffraction interviennent alors. Le rayon lumineux n'a pas de réalité physique et n'a de sens que du point de vue géomé-

(1) Voir à ce sujet « La chambre noire » de Christian GIRAUD, B.U.P. n° 630, page 521.

trique. Dans toutes les expériences d'Optique, nous n'utiliserons que des faisceaux ou des pinceaux lumineux (REMARQUE : Le phénomène de diffraction n'est pas au programme de la classe de 4^e).

2) Source décomposée en plusieurs points lumineux.

Dans un carton fin, on découpe plusieurs points de faible diamètre formant un chiffre ou une lettre non symétriques. Ce carton est collé devant la lentille d'une lampe de poche : ce sera l'objet lumineux.

On prend un diaphragme circulaire de faible diamètre :

- L'image est renversée (la droite est à gauche, le haut est en bas).
- L'image grandit si l'objet se rapproche du diaphragme.
- L'image grandit si l'écran s'éloigne du diaphragme.

A chaque point objet est associée une tache lumineuse - image et l'ensemble des taches reproduit la forme globale de l'objet.

Avec un L :

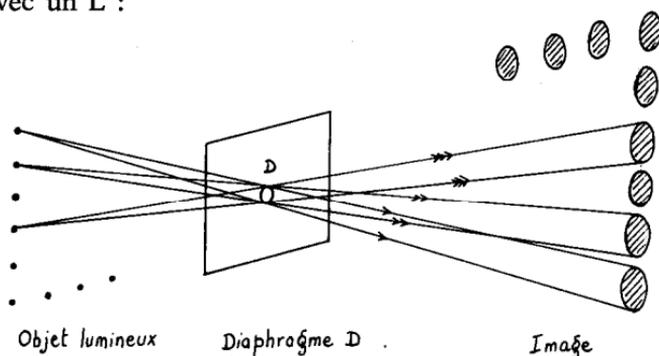


Fig. 5

En changeant la forme du diaphragme, seules la forme et la surface des taches - images changent.

Si le diaphragme est trop grand, les taches - images peuvent se superposer partiellement, d'où un aspect flou.

3) Objet lumineux étendu.

La source lumineuse est maintenant un ensemble de points lumineux non séparés. On peut utiliser :

- une flamme de bougie,
- un chiffre ou une lettre découpés dans du papier calque et collés devant la lentille d'une lampe de poche.

Il vaut mieux choisir un diaphragme circulaire de faible diamètre. L'image obtenue est renversée.

Cette image visible sur l'écran de la chambre noire est appelée une image réelle de l'objet. A chaque point-source est associée une tache lumineuse-image de même forme que le diaphragme. Ces taches lumineuses vont obligatoirement se superposer partiellement.

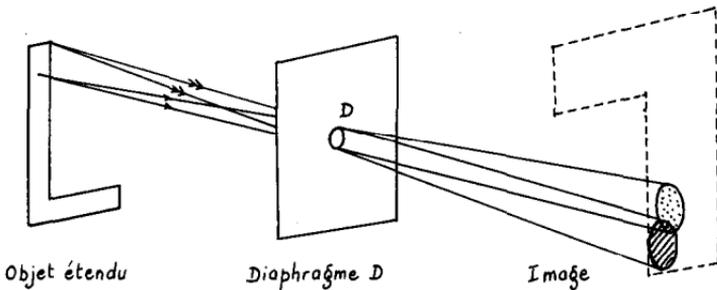


Fig. 6

Une image est dite nette si à tout point-objet correspond un point-image et un seul et réciproquement. Or, dans l'expérience précédente, à tout point-objet correspond une tache lumineuse étendue : l'image réelle obtenue n'est pas nette. Sur l'écran de la chambre noire, il se formera une image plus nette si on diminue le diamètre du diaphragme. Mais alors l'image devient moins lumineuse. Il faut remarquer qu'on peut modifier les positions de l'objet et de l'écran sans changer la netteté de l'image.

III) CHAMBRE NOIRE MUNIE D'UNE LENTILLE CONVERGENTE.

1) La lentille fait converger la lumière.

Tous les élèves ont utilisé des loupes qui sont des lentilles convergentes de faible distance focale. Ils savent qu'on peut concentrer les rayons du Soleil arrivant sur la lentille.

F' est appelé le foyer et f est la distance focale.

La caractéristique essentielle d'une lentille est sa vergence :

$$C = \frac{1}{f}.$$

Si f est en mètres, C est en dioptries (δ).

La vergence des lentilles convergentes est notée positivement.

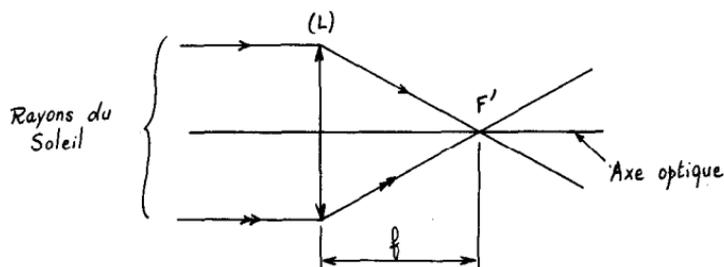


Fig. 7

2) Image donnée par une lentille.

On utilise la propriété de faire converger les rayons pour améliorer l'image.

Dans le support prévu à cet effet devant la chambre noire, on place la lentille marquée $+ 10 \delta$ ($f = 10$ cm). L'objet utilisé est celui du paragraphe précédent : un L par exemple ; il est placé à une trentaine de centimètres devant la chambre noire sur l'axe optique de la lentille.

Sur l'écran, l'image se présente sous forme d'une tache lumineuse floue. Il faut faire une « mise au point », c'est-à-dire déplacer l'écran en verre dépoli jusqu'à ce que l'image soit nette. Pour une position donnée de l'objet, il n'existe qu'une position de l'écran correspondant à une image nette. Cette image réelle est lumineuse et renversée.

La fig. 8 correspond à un objet lumineux ponctuel A.

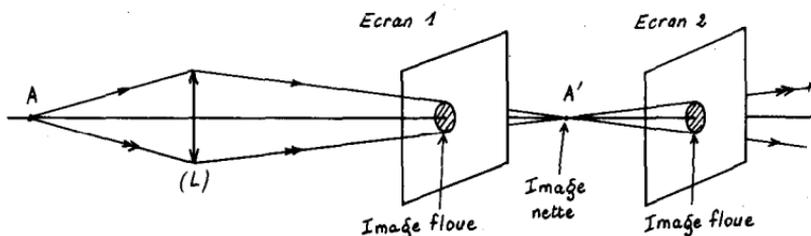


Fig. 8

A' est l'image nette du point-source A (A' est la conjuguée de A).

Si on remplace la lentille marquée $+ 10 \delta$ par la lentille $+ 20 \delta$ ($f = 5$ cm), il faut refaire la mise au point même si l'objet n'a pas bougé. Donc la mise au point dépend de la distance focale de la lentille f ou de sa vergence C .

3) Comparaison avec la chambre noire seule.

* L'objet est à une distance donnée fixe de la chambre noire. On déplace l'écran :

- l'image garde la même netteté approximative avec la chambre noire seule,
- l'image nette devient floue avec la lentille.

* Dans le cas d'une chambre noire seule, la lumière émise par un point de la source se trouvait étalée sur une tache.

Avec la lentille, la lumière émise par un point puis recueillie sur toute la surface de la lentille est concentrée en un point de l'image. Il y a donc un gain de luminosité.

4) Retour sur la mise au point.

On abandonne momentanément la chambre noire. La lentille marquée $+10\delta$ est maintenant placée sur un support. Une plaque de carton sert d'écran. L'objet lumineux n'a pas changé.

* On fixe les positions de l'objet et de la lentille :

- on fait la mise au point en déplaçant l'écran : il n'existe qu'une seule position conduisant à une image nette.

* On fixe la lentille et l'écran :

- on fait la mise au point en déplaçant l'objet : il n'existe qu'une seule position.

* On fixe l'objet et l'écran (leur distance doit être supérieure à $4f$) :

- on fait la mise au point en déplaçant la lentille : on fait apparaître 2 positions possibles de la lentille.

IV) LATITUDE DE MISE AU POINT ET PROFONDEUR DE CHAMP.

Ce sont 2 termes que l'on rencontre souvent à propos des instruments d'Optique. Il est assez facile de les définir en utilisant à nouveau la chambre noire munie d'une lentille.

1) Latitude de mise au point.

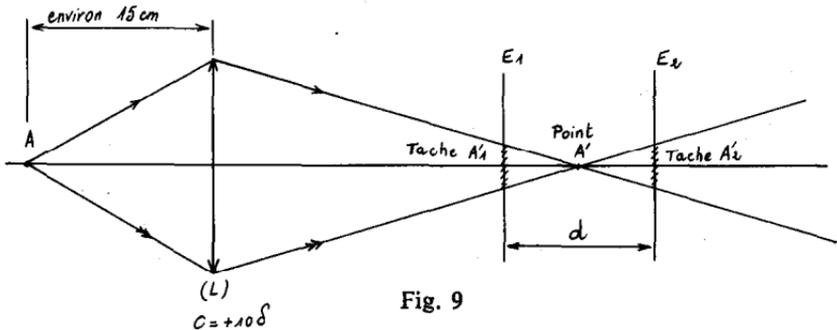


Fig. 9

La mise au point est faite en déplaçant l'écran E. On constate alors qu'on peut déplacer l'écran de part et d'autre de la position idéale sans que la netteté de l'image se dégrade trop.

A' est l'image du point A. Un écran placé en A' correspond à une mise au point parfaite : à un point-objet est associé un point-image.

Si on place l'écran E entre les positions E_1 et E_2 , l'image de A n'est plus un point mais une petite tache lumineuse. Si les dimensions de cette tache sont faibles, l'œil continue à l'assimiler à un point. Si les dimensions de ces taches correspondent au maximum de tolérance de l'œil (de l'ordre de 1/10 mm), on dira que la distance d qui sépare les 2 positions E_1 et E_2 est la latitude de mise au point.

Si on diaphragme la lentille, la latitude de mise au point augmente. Elle est alors égale à d' supérieure à d .

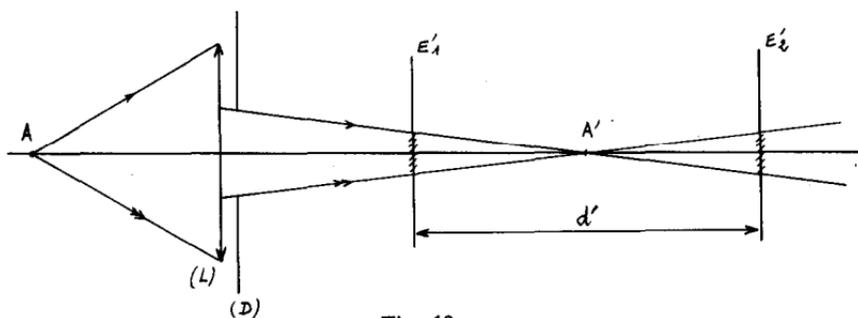


Fig. 10

2) Profondeur de champ.

L'expression « latitude de mise au point » concernait la position de l'écran alors que le terme « profondeur du champ » concerne la position de l'objet.

Il est possible de conserver le même dispositif expérimental mais il vaut mieux placer l'objet à une distance supérieure (60 à 80 cm).

a) L'objet est de nouveau placé sur l'axe optique de la lentille. On relève sa position L. On fait la meilleure mise au point possible en agissant sur l'écran E (fig. 11 a).

b) La chambre noire et l'écran sont maintenant fixes. On rapproche l'objet lumineux de la lentille. L'image associée A'_1 s'éloigne de la lentille et, sur l'écran E qui intercepte le faisceau convergent avant le point de convergence A'_1 , se forme une tache lumineuse. On rapproche l'objet ponctuel jusqu'au moment où,

sur l'écran, son image devenue floue atteint le maximum de tolérance de l'œil, et on relève la position A_1 de l'objet (fig. 11 b).

c) A partir de la position A , on éloigne maintenant l'objet de la lentille. L'image A'_2 se rapproche de la lentille. L'écran intercepte alors un faisceau divergent. On déplace l'objet jusqu'au moment où, sur l'écran, l'image devenue floue atteint le maximum de tolérance de l'œil et on relève la position A_2 de l'objet (fig. 11 c).

En conclusion, si l'objet est situé entre des points A_1 et A_2 , son image est nette sur l'écran E . Cette zone comprise entre A_1 et A_2 est appelée la profondeur de champ p .

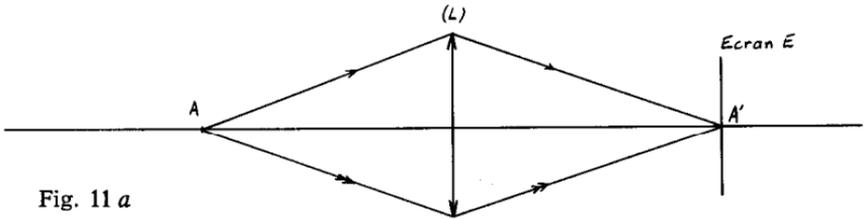


Fig. 11 a

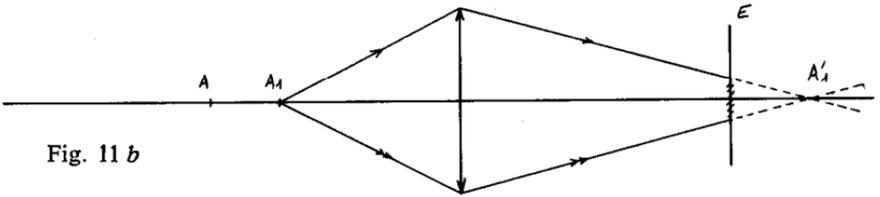


Fig. 11 b

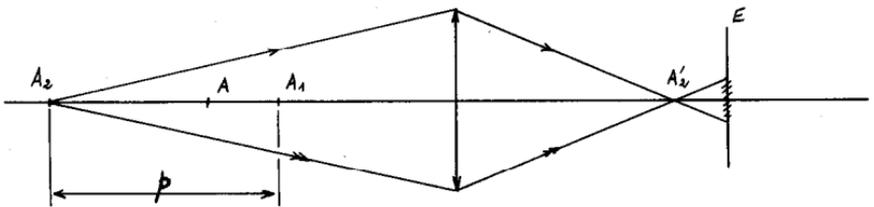


Fig. 11 c

Comme cela a été fait pour la latitude de mise au point, il est facile de montrer que si on diaphragme la lentille, la profondeur de champ augmente.

V) APPLICATIONS A LA PHOTOGRAPHIE.

Les analogies entre notre matériel et l'appareil photographique sont évidentes :

- La chambre noire est présente dans les 2 cas.
- La lentille convergente de la chambre noire et l'objectif de l'appareil photo jouent le même rôle.
- La pellicule du film remplace l'écran en verre dépoli.

La différence essentielle tient dans le fait que nous avons fait la mise au point en déplaçant l'écran par rapport à la lentille, alors qu'en photo, on déplace l'objectif par rapport à la pellicule.

Se retrouvent sans difficulté :

- l'image renversée,
- la latitude de mise au point,
- la profondeur de champ.

Deux études complémentaires peuvent être proposées :

1) Le champ de l'appareil photographique.

Reprenons la chambre noire munie de la lentille marquée $+ 10 \delta$ ($f = 10$ cm) et cadrans un paysage : il faut être très attentif aux limites du champ observé.

Remplaçons la lentille $+ 10 \delta$ par une autre marquée $+ 20 \delta$ ($f = 5$ cm) : le champ observé maintenant est beaucoup plus grand. Nous venons de faire apparaître la notion de « grand angle » très utilisée en photographie (le grand angle est un objectif de focale assez courte : f de 18 à 35 mm).

Si l'on a à sa disposition des lentilles de 20 à 25 cm de focale, on peut montrer ce qu'est un téléobjectif (objectif de distance focale plus grande et supérieure à 80 mm). Le champ est cette fois-ci beaucoup plus réduit.

2) Profondeur du champ de l'appareil photographique.

Nous avons vu qu'un diaphragme de faible dimension augmente la profondeur du champ. Cherchons les autres facteurs ayant une influence sur cette grandeur.

Devant la chambre noire, disposons des objets lumineux en profondeur, à 10 ou 20 cm les uns des autres et faisons la mise au point sur l'un d'entre eux.

On se rend compte, en changeant de lentille, que la profondeur de champ augmente :

- quand la distance focale de la lentille diminue,
- quand la distance à laquelle on fait la mise au point augmente,
- quand le diamètre du diaphragme diminue.

Remarque.

Certains appareils photographiques sont dépourvus de mise au point. Les objectifs utilisés sont fixes et ont une courte distance focale. Le diaphragme étant relativement petit, ils ne permettent les prises de vue qu'au soleil ou à l'aide d'un flash pour des objets pas trop rapprochés : la netteté des images obtenues est tout à fait approximative.

CONCLUSION.

Cet exposé montre tout le parti que l'on peut tirer de la chambre noire seule ou associée à une lentille convergente pour l'enseignement de l'optique géométrique en classe de 4^e.
