

Optique en classe de 4^e**Les lentilles convergentes ***

par le groupe d'animateurs 1^{er} cycle
de l'académie de Poitiers.

Introduction.**1) OBJECTIFS.**

1) Définir et trouver expérimentalement les foyers d'une lentille convergente et par suite, mesurer la distance focale de la lentille.

2) Préciser les caractéristiques (position, grandeur, sens, nature) de l'image d'un objet donnée par une lentille convergente selon la distance objet-lentille, comparée à la distance focale, et, prévoir comment varient les distances objet-lentille et lentille-image, en fonction l'une de l'autre.

3) Indiquer le rôle d'une lentille convergente et, par suite, expliquer la formation de l'image (virtuelle ou réelle) d'un objet, donnée par la lentille.

4) Tracer les rayons lumineux issus d'une source ponctuelle, placée sur l'axe d'une lentille convergente, si on donne la position de l'image.

5) Construire l'image d'une flèche lumineuse donnée par une lentille convergente, si on donne le plan dans lequel elle se forme (ou sa grandeur).

Utiliser pour cette construction le rayon passant par le centre optique. (Savoir qu'il n'est pas dévié).

6) Interpréter l'emploi des lentilles convergentes dans certains appareils d'optique (loupe, projecteurs de diapositives ou de films, appareil photographique, microscope ;...) et reconnaître ces appareils si on donne le schéma de leur fonctionnement.

(*) *N.D.L.R.* : Cet article a été publié dans le bulletin de liaison n° 2 de la section académique de Poitiers ; nous le reproduisons avec l'aimable autorisation des auteurs et du bureau de la section académique.

2) **CONNAISSANCES NECESSAIRES** (ce que les élèves doivent avoir revu avant).

- Propagation rectiligne de la lumière.
- Principe de fonctionnement et schéma de la chambre noire.
- Image A' d'un point lumineux A donné par un miroir.
Tracé d'un faisceau issu de A .

3) **MATERIEL NECESSAIRE.**

Il est donné pour chacune des expériences réalisées.

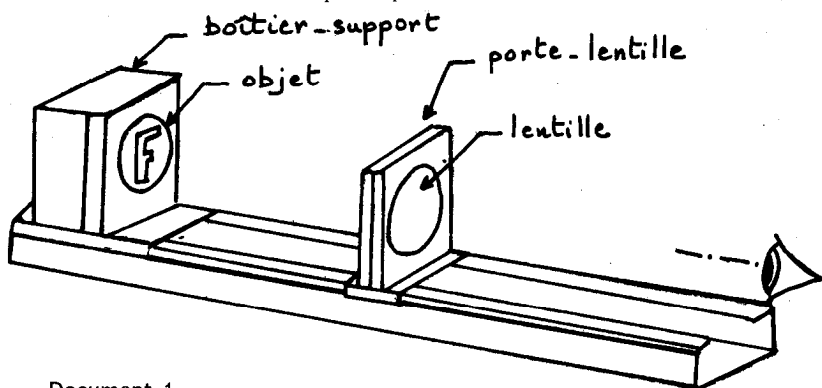
A) **OBSERVATION AVEC UN BANC D'OPTIQUE**

Matériel.

— *Banc d'optique* de 1 m (fabriqué avec « gouttière » d'électricien) avec :

* **OBJET PLAN** (un F), éclairé par une lampe de 3,5 V, montée sur une douille. L'ensemble est placé dans un boîtier-support, construit avec un morceau de gouttière et pouvant coulisser sur le banc. La lampe est alimentée avec une pile plate.

* **LENTILLE CONVERGENTE**, placée dans un porte-lentille, construit comme le boîtier-support précédent (utiliser la lentille de distance focale 10 cm pour que tous les cas soient observables).



Document 1

BANC d'OPTIQUE

— Présenter la lentille : milieu transparent avec surface(s) bombée(s). Introduire le *centre optique* et l'*axe* de la lentille.

1) **IMAGE OBTENUE EN RECEVANT LA LUMIERE TRANSMISE DIRECTEMENT DANS L'ŒIL.**

Il s'agit de faire observer l'image et ses caractéristiques en fonction de la distance (d) objet-lentille.

Caractéristiques de l'image observée selon la distance objet-lentille

1		<u>Cas 1: Distance objet-lentille petite</u> On voit une <u>image</u>: - <u>droite</u> - <u>plus grande</u> que l'objet - du côté de la lentille d'où vient la lumière (<u>côté objet</u>) - <u>plus éloignée</u> de la lentille que l'objet.
2		<u>Cas 2,3,4: Distance objet-lentille grande.</u> On voit une <u>image</u>: - <u>renversée</u> - <u>de taille variable</u> (plus grande ou plus petite que l'objet) - du côté de la lentille où va la lumière (<u>de l'autre côté de l'objet</u>)
3		<u>REMARQUES:</u> - La taille de l'image diminue quand on éloigne objet et lentille l'un de l'autre. (quand d augmente) - L'image se rapproche de la lentille quand d augmente. (l diminue) - Quand d est grand, la distance l lentille-image ne change pratiquement plus.
4		

Remarque « stratégie ».

Pour introduire ces observations, on peut procéder en 2 étapes :

1) Commencer avec d petit ; l'objet étant situé à l'extrémité du banc, faire déplacer lentement la lentille ($d \nearrow$) et faire regarder l'image :

- avec les 2 yeux : localisation des positions impossible, sauf artifice ;
- avec un seul œil : dégager 2 cas $\rightarrow$ Images droites ou renversées ; faire montrer à la main, à peu près l'endroit où l'on voit les images.

2) Imposer à tous des observations qui permettent de discuter de la même chose en même temps.

Exemple : avec focale de 10 cm, prendre :

$$d_1 = 5 \text{ cm} \quad d_2 = 13 \text{ cm} \quad d_3 = 40 \text{ cm} \quad d_4 = 60 \text{ cm}.$$

Autre remarque.

En un premier temps, on peut ne donner que les cas 1 et 2 du document 2 (images droites ou renversées), et ne pas noter les remarques.

2) ON ESSAIE DE RECEVOIR L'IMAGE SUR UN ECRAN.**Matériel.**

Le même, mais on ajoute un *écran translucide* pouvant coulisser sur le banc (Document 3).

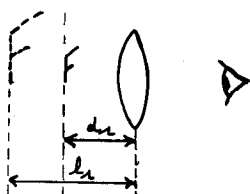
Conclusion.

On voit une image nette sur l'écran seulement si l'on place l'écran dans le plan de l'image positionnée avec les yeux.

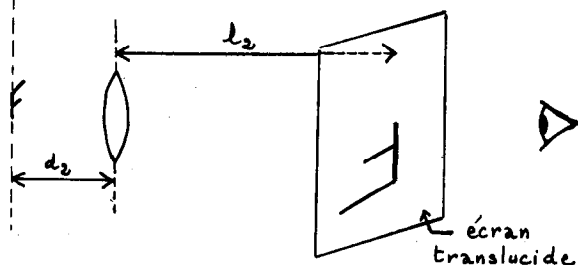
— *L'image vue par l'œil du côté de l'objet et qui ne peut pas être reçue sur un écran (cas 1) est une image virtuelle (voir image à travers un miroir.)*

— *Les images que l'on peut recevoir sur l'écran sont appelées images réelles (cas 2, 3, 4). Ce sont celles qui se forment de l'autre côté de l'objet par rapport à la lentille.*

- Cas 1 : Impossible



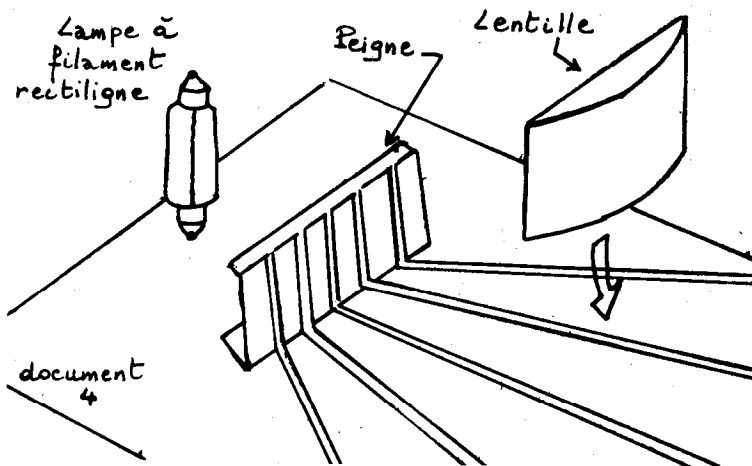
- Cas 2, 3, 4 : Possible



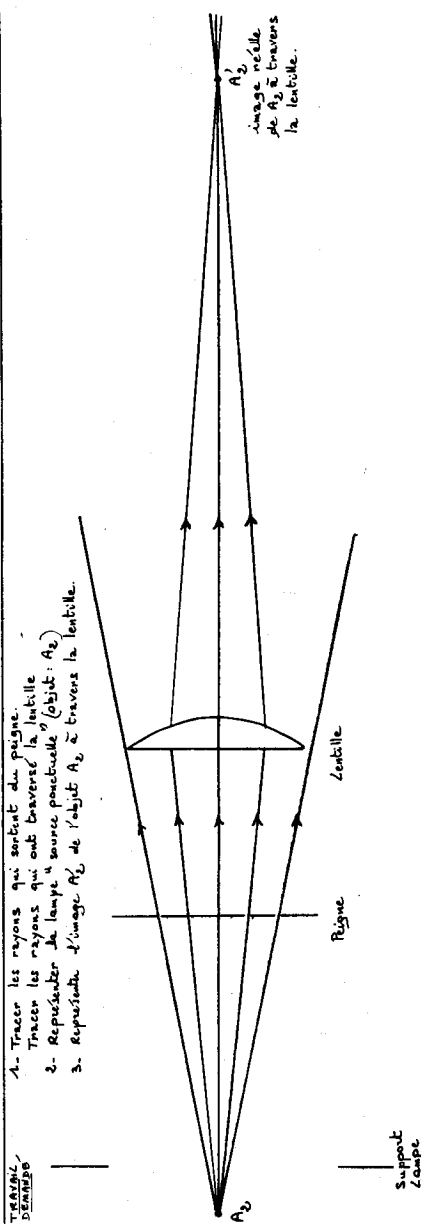
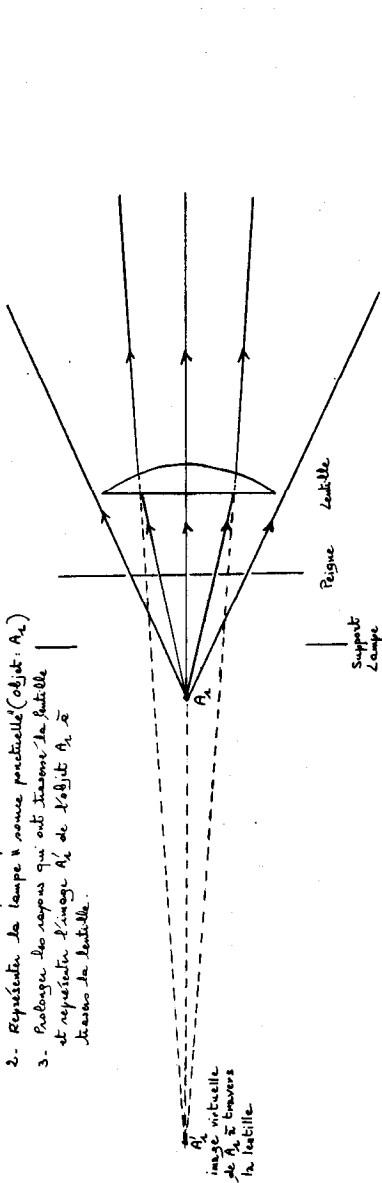
Document 3

B) EXPLICATIONS : COMMENT SE COMPORTE UN RAYON QUAND IL TRAVERSE UNE LENTILLE ?

1) OBSERVATION AVEC UNE LENTILLE CYLINDRIQUE.



Document 4



Matériel.

- Lampe navette 6 V ou 12 V sur support avec source d'alimentation.
- Peigne avec 5 fentes.
- Lentille cylindrique.

Isolons quelques rayons.

Travaux pratiques élèves (voir document 5).

Les 2 schémas de ce document sont les reproductions à échelle réduite des tracés obtenus lors des manipulations d'élèves.

Ils sont l'un sous l'autre pour comparer rapidement les distances d_1 et d_2 .

Remarque « stratégie ».

— Ne pas employer des rayons trop marginaux ; n'employer que les $2/3$ de la lentille $\rightarrow$ sinon il y a des aberrations ; donc n'utiliser que 3 rayons (les 5 ne convergent pas au même endroit car on est loin des conditions de Gauss).

— Ne pas dessiner les rayons à l'intérieur de la lentille sauf le rayon axial (il n'est pas dévié).

— Discuter où il faut placer l'œil pour voir directement l'image, comme en AI et l'indiquer si nécessaire et le faire réellement.

— Dégager 2 cas : d petit et d grand.

Conclusion.

1) Les rayons lumineux se propagent en ligne droite à partir de la source.

Ils changent de direction quand ils traversent la lentille (sauf le rayon qui passe au centre optique).

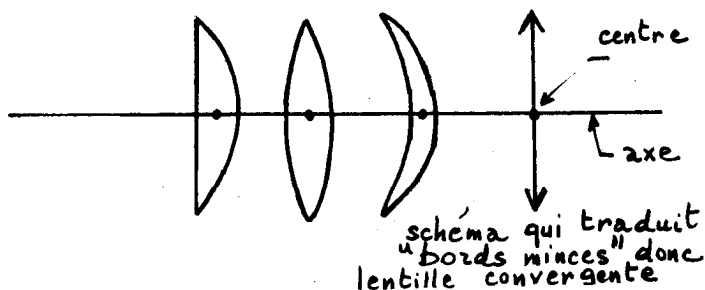
Ils repartent en ligne droite après traversée de la lentille.

2) *Les lentilles convergentes rabattent les rayons vers l'axe :*

a) Si le faisceau lumineux d'entrée est trop divergent (objet rapproché : cas 1), le faisceau de sortie ne peut pas être suffisamment rabattu et il reste divergent ; l'image est virtuelle.

b) Si le faisceau d'entrée est assez peu divergent (objet éloigné : cas 2, 3, 4), le faisceau de sortie peut converger : l'image est réelle.

2) SCHEMATISATION DES MONTAGES AVEC LENTILLES CONVERGENTES.



Document 6

Ces 3 types de lentilles sont convergentes ; leurs bords sont minces. On convient de les représenter par le schéma de droite.

Rappel.

Un objet plan (F par exemple) sera représenté par une flèche.



→ On réalisera les tracés des rayons donnant l'image du pied (en III) ou de la tête (en IV) ci-après :

3) RECHERCHE DE LA DISTANCE LIMITE OBJET-LENTILLE A PARTIR DE LAQUELLE L'IMAGE CHANGE DE NATURE.

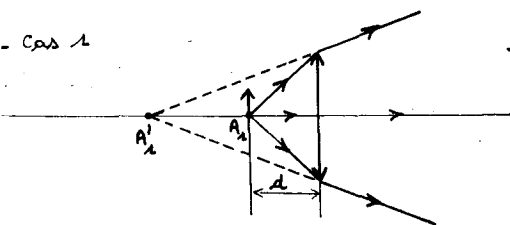
Remarque « stratégie ».

On reprend exactement A1 mais on s'attarde sur la recherche de la distance f , sur la schématisation, sur l'explication grâce aux données de B1.

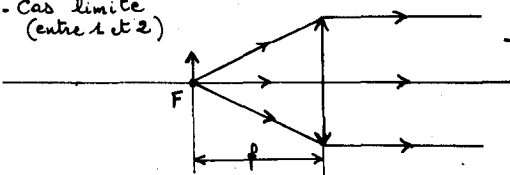
On construit l'image du « pied » de l'objet plan (le pied de l'objet étant sur l'axe de la lentille).

1) Distance focale d'une lentille.

- Cas 1

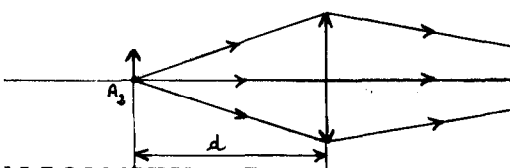
- Si $d < f$:

l'image est virtuelle, du
côté de l'objet (d'où
vient la lumière)

- Cas limite
(entre 1 et 2)- Si $d = f$:

le faisceau sortant n'est
ni divergent, ni convergent.
(les rayons sont // à l'axe.)
Le "pied" de l'objet est au
foyer objet F de la lentille.

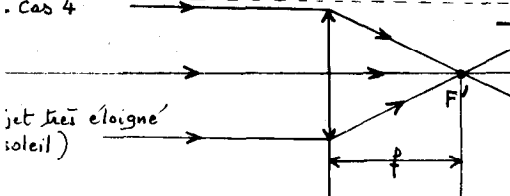
- Cas 2

- Si $d > f$:

l'image est réelle, du
côté opposé à l'objet (où
va la lumière.)

- Cas 3 : en parler ; (éloigner l'objet de la lentille et observer que
l'image s'en rapproche.) → Parler du cas particulier où la
taille de l'image est = à celle de l'objet : l'objet est à la
distance $2f$ de la lentille.

- Cas 4

- Si d est grand :

l'image (réelle) est à la
distance f de la lentille.
Le "pied" de l'image
est au foyer image F'
de la lentille.

jet très éloigné
(soleil)

Document 7

Conclusion.

— La distance $d = f$ s'appelle la distance focale de la lentille. Quand $d = f$, le « pied » de l'objet est situé au foyer objet F de la lentille. Les rayons sortent de la lentille parallèles à l'axe.

— Un objet très éloigné donne une image réelle qui se situe à la distance f de la lentille. Le « pied » de l'image est au foyer image F' de la lentille.

2) Convergence d'une lentille.

a) COMPARAISON DE 2 LENTILLES CONVERGENTES.

Laquelle fait converger le plus ?

- celle qui rabat le plus les rayons,
- celle qui a la focale la plus courte (ou la plus bombée),
- celle qui « grossit » le plus (cas 1 : image virtuelle).

b) DÉFINITION DE LA CONVERGENCE.

La lentille qui fait converger le plus est celle qui a la focale la plus courte.

La convergence d'une lentille (en dioptries) est l'inverse de sa distance focale, mesurée en mètre.

$$c = \frac{1}{f}$$

$\delta \leftarrow$ $c = \frac{1}{f}$ $\rightarrow m$

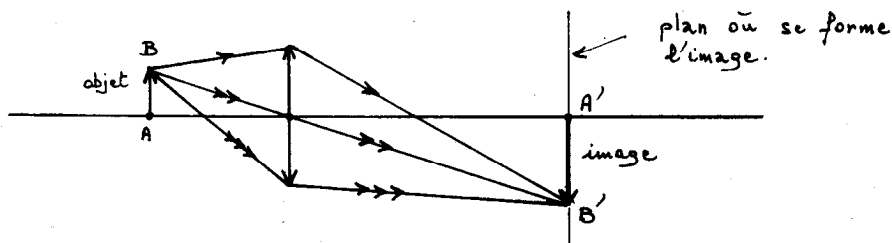
Donner des exemples :

- Lentille 1 : $f_1 = 10$ cm,
 $c_1 = ?$
- Lentilles 2 : $f_2 = 25$ cm,
 $c_2 = ?$

4) TRACE DE L'IMAGE D'UN OBJET SI ON DONNE LE PLAN DANS LEQUEL ELLE SE FORME.

On construit l'image de la « tête » de l'objet plan.

Exercice : à faire en cours.



On utilise le rayon passant par le centre optique car il n'est pas dévié (construire ensuite le faisceau issu de B).

Tous les rayons issus de B et qui rencontrent la lentille, la traversent et convergent au point B', image réelle de B.

Remarque.

Possibilité de définir ici le grandissement : $\frac{A'B'}{AB}$.

Autre exercice : Ne pas donner le plan dans lequel se forme l'image mais la taille de l'image → Tracé très voisin.

C) APPLICATIONS : INSTRUMENTS D'OPTIQUE

Remarques « stratégie ».

* Cette partie n'est pas détaillée.

* Elle consiste à explorer rapidement quelques appareils sous forme d'exercices qui consistent à :

- chercher parmi les cas 1, 2, 3, 4 lequel correspond à l'emploi normal de l'appareil,
- prévoir comment se déplace l'image, ce que devient sa taille si on change d .

Il s'agit d'exercices qualitatifs expérimentaux employant les données de A et B.

* On peut explorer avec quelques détails un appareil d'application, l'appareil photographique par exemple (1 séance ou 2 si l'on traite aussi le problème de la pellicule).

1) LOUPE-VISIONNEUSE DE DIAPOSITIVES.

* Cas 1.

* $d < f$.

* Se servir correctement d'une loupe (où placer l'objet et l'œil ?)

2) PROJECTEUR DE DIAPOSITIVES (OU DE FILMS). AGRANDISSEUR.

* Cas 2.

* $f < d < 2f$.

* *Exercice* : On éloigne l'écran de l'appareil ; que faut-il faire pour avoir une image de même netteté ?

Réponse : l augmente, donc il faut diminuer d .

Comme on ne peut pas bouger l'objet (diapositive ou film), il faut rapprocher la lentille de l'objectif : il faut donc visser.

3) APPAREIL PHOTOGRAPHIQUE.

* Cas 3 et 4.

* $d > 2f$.

* *Exercice* : Le photographe s'éloigne de l'objet ; que faut-il faire pour avoir une image de même netteté ?

Réponse : d augmente, donc il faut diminuer l .

Comme on ne peut pas bouger l'image (pellicule), il faut rapprocher l'objectif de la pellicule : il faut donc visser.

→ Vérifier sur le réglage des distances d'un appareil.

* *Champ d'un appareil photo.*

OBJECTIFS : Standard ($f = 50$ mm), grand angle (f courte), télé-objectif (f grande).

* *Retour sur chambre noire (avec lentille).*

EXPÉRIENCE : Avec banc d'optique + chambre noire.

Le trou est plus ou moins grand (diaphragme) → expliquer pourquoi la position de l'image reste la même.

Retour sur luminosité et netteté.

4) APPAREILS UTILISANT 2 LENTILLES EN MEME TEMPS : MICROSCOPE - JUMELLES - LUNETTE ASTRONOMIQUE.

Exemple : Microscope.

OBJECTIF : Donne d'un objet A une image réelle A' très agrandie (l'objet est à une distance de l'objectif légèrement supérieure à sa focale : quelques millimètres).

OCULAIRE : Sert de loupe pour observer A' et donne de A' une image virtuelle A'' encore agrandie (l'image réelle A' se forme donc à une distance de l'oculaire inférieure à sa focale : quelques centimètres ; et l'image virtuelle A'' est plus éloignée de l'oculaire que A').

Conclusion.

L'image est localisée : elle se forme dans un plan dont la position dépend de la distance objet-lentille.
