
LA PROPAGATION RECTILIGNE DE LA LUMIERE

C M 1

Françoise JAMEAU
Ecole Jules Ferry, Grenoble
Daniel LACROIX
Professeur de physique
I.U.F.M. de Grenoble

SEANCE 1 : FABRICATION D'UNE CHAMBRE NOIRE

Matériel. Pour chaque enfant :

- deux pots de yaourt « chocolaté » ;
- une feuille de calque ;
- une paire de ciseaux.

Dans la classe :

- un cutter ;
- une miniperceuse (mèche de 1 mm de diamètre).

Chaque enfant reçoit une fiche (p. suivante) décrivant le matériel à utiliser et la marche à suivre pour construire une chambre noire. Ce document, incomplet, conduit les élèves à poser des questions.

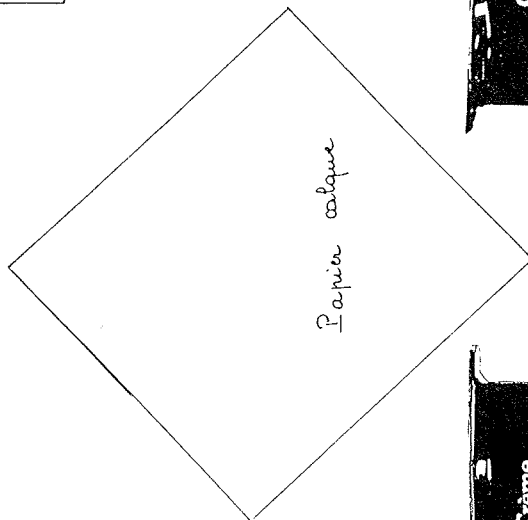
Ces questions sont écrites au tableau puis triées : il y a celles qui concernent la fabrication de la chambre noire et celles qui concernent son utilisation.

Les questions écrites au tableau

Comment évider ? Où doit-on mettre le papier calque ? Pourquoi tracer sur le calque ? Que représente le pointillé ? Pourquoi fabrique-t-on cela ? Pourquoi des pots noirs ? Pourquoi du papier calque ? Assembler : comment ? Doit-on percer le trou au milieu ? Doit-on percer le trou sur les deux pots ? Est-ce que la forme du pot est importante ?

Puis les élèves réalisent chacun une chambre noire.

NOTICE DE
FABRICATION

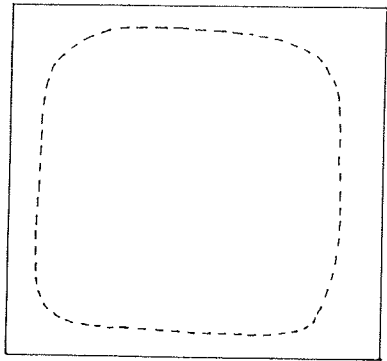


Papier calque



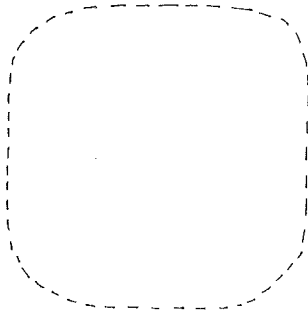
MATERIEL

③



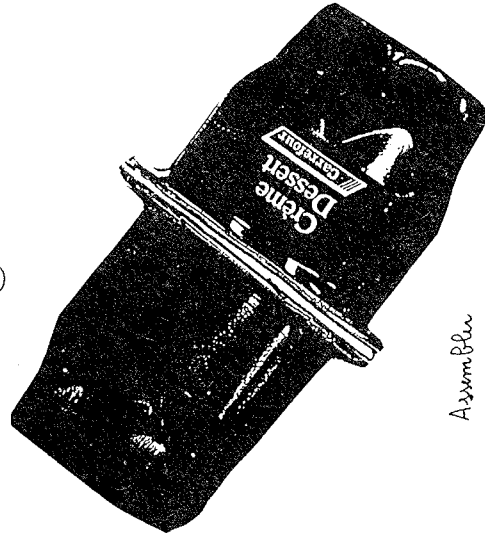
Tracer sur le calque

④



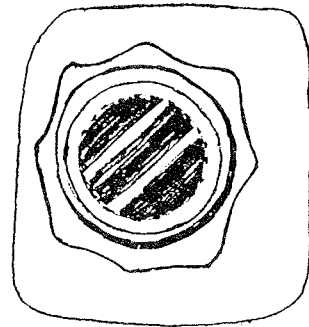
Découper

⑤



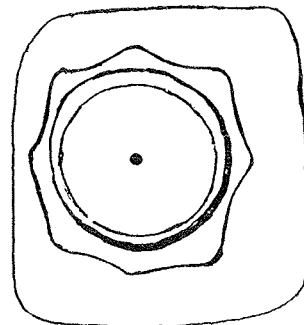
Assembler

②



Enlever

①



Percer un petit trou

Au cours de deux séances ultérieures, on propose aux enfants de compléter la fiche : il s'agit d'élaborer un document qui permette aux enfants d'une classe voisine de réaliser plus aisément la construction de la chambre noire.

Voici deux de ces notices de fabrication.

- 1 Percez sur le dos d'un des pots de yaourt foncés un trou avec une mèche.
- 2 Evider sur le deuxième pot avec un cutter, au dos,
- 3 Tracez sur le papier calque le contour d'un des pots avec un crayon à papier de quel côté? (ouverture ou fond)
- 4 Découpez légèrement à l'intérieur du contour avec un ciseau
- 5 Placez le papier calque entre les deux pots
comment place
t'on les pots fond contre fond ou
ouverture contre ouverture
- 6 Scotcherez dans les angles

-
- ① Percer un petit trou au centre du pot de yaourt avec la mèche
 - ② Evider l'autre pot de yaourt avec le cutter.
 - ③ Tracer le contour du pot de yaourt avec le crayon.
 - ④ Découper le contour du pot de yaourt sur le papier calque, en découpant légèrement à l'intérieur.
 - ⑤ Placer le papier calque entre les deux pots et scotcher dans les angles.

③ (fond ou ouverture)

SEANCE 2 : OBSERVATION D'UNE IMAGE

A - OBSERVATION LIBRE

Avec la chambre noire, les enfants observent ce qui les entoure : des arbres derrière les fenêtres, la fenêtre, les déplacements des camarades, le soleil, leur propre image devant la glace... Chacun note ses observations sur une feuille, puis les observations sont relevées au tableau.

Les observations relevées au tableau

1. Quand on regarde par le gros trou, on voit tout à l'envers sur le calque, mais si on regarde sur le pot, on voit à l'endroit, ça se réfléchit sur le pot.
2. Quand on regarde par le gros trou, on ne voit rien, en fait on voit le papier calque.
3. On dirait une visionneuse.
Quand on regarde par le petit trou, on voit l'objet là où il est et il est clair. Mais quand on regarde par le gros trou, on voit l'objet bien mais foncé.
4. A quoi ça sert ?
Quand on regarde droit (en direction du soleil) on voit seulement le petit trou.
5. On voit à l'envers.
6. «Il» ne marche qu'à la lumière, sinon on ne voit presque rien, c'est sombre.
7. On ne voit que des ombres, on ne voit pas la couleur des personnages.
8. On ne voit pas l'objet si on est près de lui.
9. Quand on souffle dedans, le papier calque vibre.
10. C'est pas normal : quand on place le stylo à droite, on le voit à gauche ; quand on le place à gauche on voit le stylo à droite.
11. Si on regarde l'arbre (le feuillage éclairé), on peut voir la couleur des feuilles.
- 12a. Si je me regarde dans la glace, je me vois à l'envers.
- 12b. Quand on regarde vers le soleil, on ne voit qu'un petit rond lumineux.
- 13a. Quand on fait passer un objet de droite à gauche, il semble passer de gauche à droite.
- 13b. Quand on regarde par le petit trou un objet qui passe de gauche à droite, on le voit passer de droite à gauche.
- 13c. C'est une ombre chinoise.
14. Par le petit trou on voit flou.
15. On voit plus petit qu'en réalité.

Cinq des observations décrivent l'inversion de l'image :

1, 5, 10, 12a, 13a.

Deux autres facteurs ont attiré l'attention des élèves, ce sont la luminosité des objets observés :

6, 7, 11, 12b, 13.

Seule une remarque concerne les dimensions de l'image :

5.

Un seul enfant a noté ce qui se passait lorsqu'il s'éloignait de la fenêtre. Il n'en a pas fait publiquement état.

Remarque 1

Les enfants ont découvert presque tout ce qu'il est possible d'observer, à savoir :

- On n'observe sur le calque que l'image des objets bien éclairés. La fenêtre est bien visible mais pas les murs ni les bureaux.
- Les images sont inversées : la cime des arbres de la cour voisine est en bas de l'image. Si un enfant se déplace devant la fenêtre, son image se déplace la tête en bas. On peut suivre sa progression sur le papier calque.
- Les boîtes qui ont un gros trou donnent une image floue. Celles dont le trou est petit (inférieur à 2 mm) donnent par contre une image plus nette.
- On peut modifier les dimensions de l'image en déplaçant légèrement le couvercle selon une ligne œil-trou-objet observé ou bien en se rapprochant ou en s'éloignant de l'objet lumineux.

Remarque 2

Les enfants évoquent dans ces premiers textes plusieurs facteurs qui décrivent la situation expérimentale :

- la taille de l'image, celle de l'objet, la distance objet-trou, la distance trou-calque ;
- sa luminosité ;
- sa netteté.

Mais ce qui les frappe surtout, c'est l'inversion de l'image par rapport à l'objet. Dans la chambre noire, ils voient un monde «qui marche sur la tête».

De plus, dans leur texte, beaucoup d'enfants mettent une relation deux de ces facteurs et il y a au moins quinze relations possibles. Cette abondance explique peut-être la facilité qu'ils ont à exprimer ces relations, surtout lorsqu'ils ont le matériel entre les mains.

Il est impossible de mener ultérieurement une étude exhaustive de la situation expérimentale. On choisira alors d'étudier l'une des relations, par exemple celle entre les dimensions de l'image et la profondeur de la boîte.

B - OBSERVATION SYSTEMATIQUE

Dans un deuxième temps, les enfants doivent vérifier les affirmations de leurs camarades, dont certaines sont contradictoires :

13c et 7 d'une part, 11 et 3 d'autre part. Ce qui est observé ne peut être à la fois une ombre et une image : certains élèves en prennent conscience.

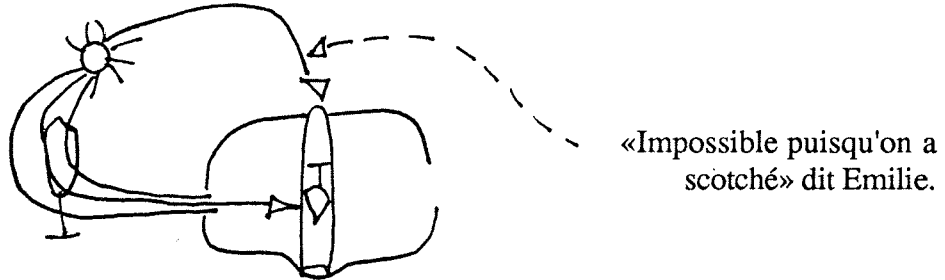
C - INTERPRETATION PAR LES ELEVES

A la fin de cette deuxième séance, on demande d'interpréter l'inversion de l'image.

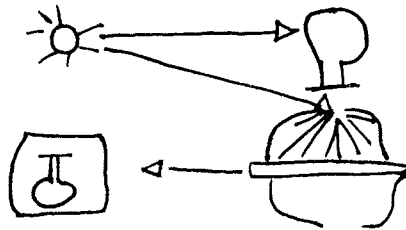
Consigne

«A l'aide d'un dessin, explique la formation de l'image».

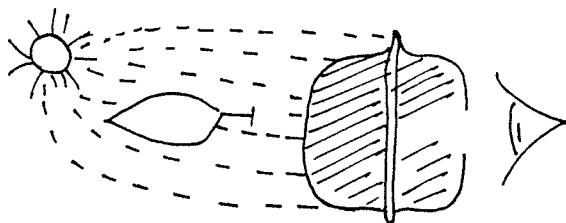
Voici quelques productions :



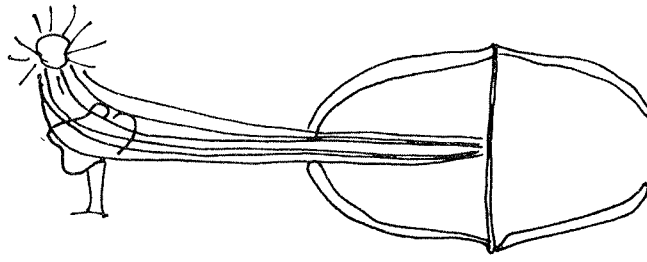
«Le soleil éclaire ce que l'on regarde parce qu'il éclaire tout.
Le soleil avec le calque fait tourner l'image.
Le soleil n'éclaire pas que la boîte». Christophe.



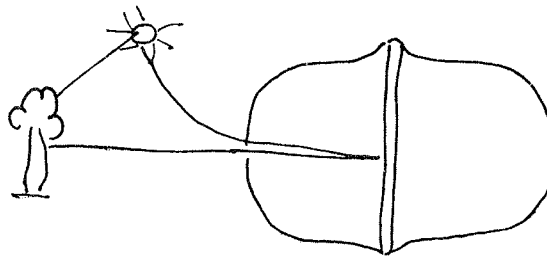
«Le soleil éclaire tout l'intérieur de la boîte.
Le papier calque est éclairé par le soleil». Irène.



«La lumière du soleil entre dans la boîte.
Le papier calque inverse parce que la boîte est noire et que les rayons passent à travers le petit trou.
Le soleil est partout autour de la boîte». Frédéric.



«Si le soleil n'éclaire pas l'arbre, on ne voit pas l'arbre.
La lumière arrive sur le calque et, comme c'est noir tout autour, le calque inverse l'image». Mario.



«C'est une coupe.
Les rayons vont sur l'arbre puis entrent dans la boîte». William.

Les premières productions semblent décevantes. Est-ce l'effet de la fatigue ? En effet, cette séance a été longue.

Quelques jours plus tard, le même travail est à nouveau proposé. Les productions sont les mêmes.

a - Les acquis

En fait, ces premiers dessins ont permis

- de sélectionner les constituants pertinents de la situation expérimentale
 - source lumineuse (soleil), objet lumineux (arbre),
 - présence d'un trou dans une boîte opaque,
 - formation de l'image sur le papier calque,
 - œil,
- de positionner ces constituants dans l'ordre : œil, image, trou, objet «réfléchissant», source lumineuse,
- de prendre conscience que c'est par le trou que passe la lumière qui pénètre dans la chambre noire,
- d'adopter le plan comme moyen de description pertinent du phénomène.

Ainsi sur ces dessins apparaissent deux types d'informations :

- une description du dispositif expérimental,
- la transcription de quelques faits expérimentaux :
 - existence de l'image des seuls objets bien éclairés,
 - image renversée,
 - dimensions réduites de l'image.

b - Les points en suspens

Une propagation rectiligne de la lumière ?

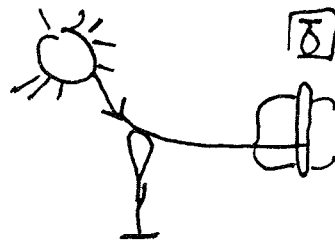
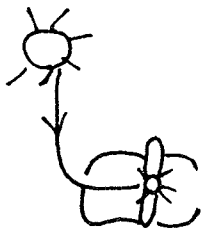
Si les dessins transcrivent le fait que l'on ne peut observer que l'image des objets bien éclairés, ils ne décrivent pas le mécanisme de formation de cette image. En particulier, les élèves ne font pas référence à une propagation rectiligne de la lumière, ce qui ne leur permet pas d'établir une mise en relation point par point de l'objet et de son image. Ils ont l'intuition que c'est la lumière qui est à l'origine de la formation de l'image, mais ils n'imaginent pas que c'est une propriété de sa propagation qui en est la cause.

La fonction du trou ?

Beaucoup d'enfants observent et notent qu'ils voient seulement l'image des objets très éclairés. Nadia affirme : «on revoit qu'à la lumière» ; Cédric écrit : «un objet dans le noir on ne le voit pas», et Marc : «si je regarde la lumière du soleil, je vois un point lumineux». Leurs dessins tiennent compte de cette contrainte. Pour obtenir une image, il faut deux ingrédients : une source lumineuse et un objet. La source de lumière apparaît systématiquement sur tous les dessins.

Procédons à une analyse plus détaillée.

Les dessins doivent répondre à la question : «par quel mécanisme l'arbre, le soleil et la chambre noire peuvent-ils produire une image inversée ?».

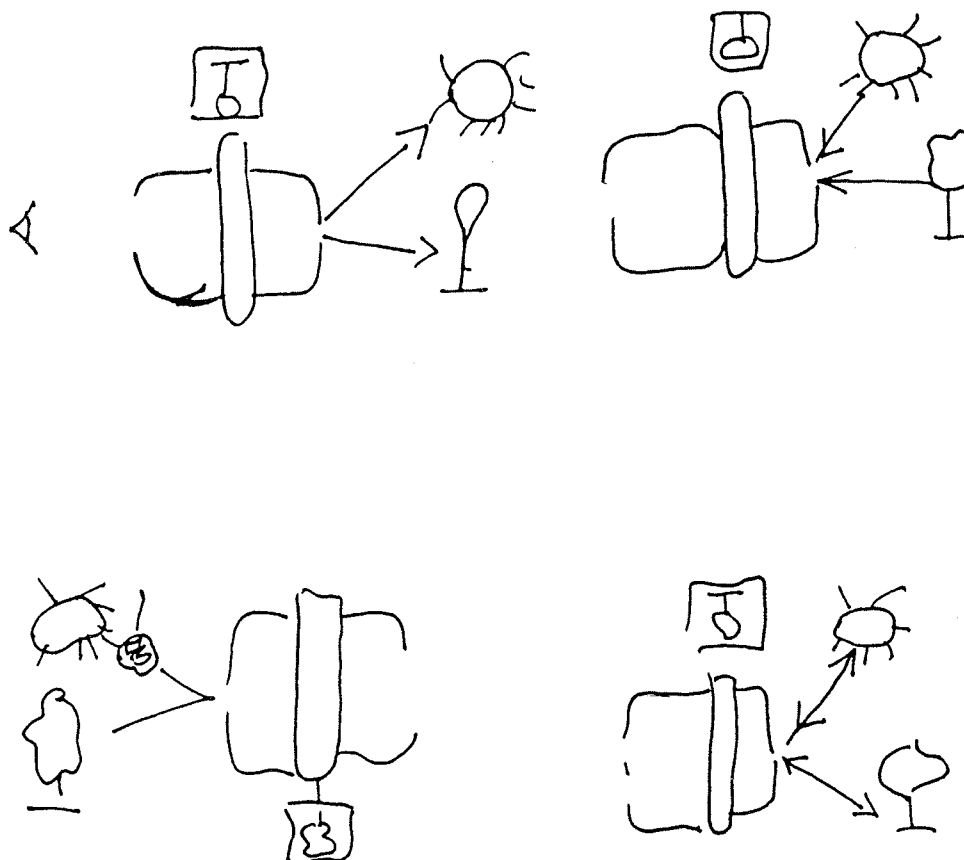


Huit enfants dessinent un trajet orienté. Partant du soleil, effleurant ou non l'arbre, passant par le trou et rejoignant le papier calque. Ci-dessus la longue flèche unique désigne un parcours de la lumière.

Certains enfants justifient leur dessin : «il faut regarder du côté du jour», «si je regarde la lumière du soleil, je vois un point lumineux». Mais d'autres expriment sans équivoque : «la lumière passe par le trou et va jusqu'au papier calque».

Ces productions insistent sur le fait expérimental que seuls les objets brillants ou bien éclairés sont visibles dans la chambre noire. Mais rien ne permet de comprendre comment se forme l'image inversée. Comment ces trajets sinueux arrivent-ils à passer par le trou ? Le trou est-il un milieu transparent ordinaire ? Est-il une pompe à lumière ? Cette hypothèse sera examinée au cours de la troisième séance.

c - Nécessité de simplifier le dispositif expérimental



Dix enfants dessinent l'arbre et le soleil. Un segment orienté ou non relie le trou au soleil, un autre le trou à l'arbre. Là encore les enfants mettent l'accent sur les ingrédients qui sont nécessaires pour obtenir une image, une source lumineuse et un objet qu'elle éclaire.

Sur ces dessins les flèches ne pénètrent pas dans la boîte. Ainsi les enfants ne se prononcent pas sur ce qui se passe dans la chambre noire : cela reste mystérieux.

L'étude d'un tel dispositif expérimental comprenant une source lumineuse et un objet éclairé est malaisée pour ces enfants. On leur proposera ultérieurement de manipuler des situations simplifiées où l'objet lumineux dont on étudie l'image est constitué de sources lumineuses ponctuelles et en petit nombre (1 ou 2).

d - A quel rythme mener ces activités ?

Les mêmes activités ont été menées dans un autre CM₂ à Varcès (Isère). Les enfants avaient à leur disposition des boîtes télescopiques.

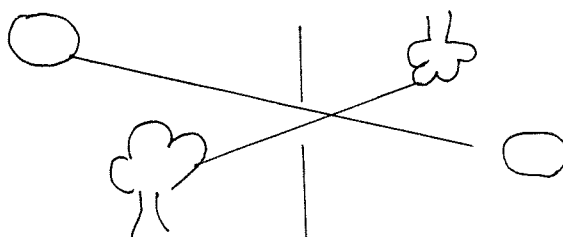
Voici les observations qu'ils ont faites. Remarquons qu'elles sont du même type que celles des élèves de la classe de Madame Jameau.

Les observations avec les boîtes télescopiques

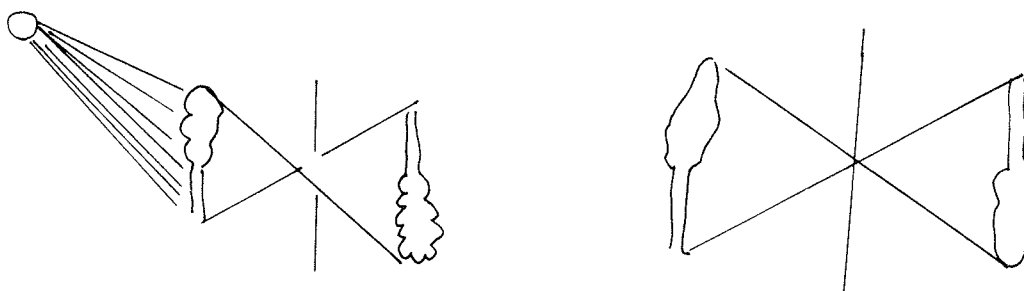
- Dans le gros appareil, il y a un gros rond. Quand on tire, au fur et à mesure les carrés grossissent, et les les rentrant, ils deviennent ronds.
- Quand on l'avance, il y a l'air. Quand on met à la lumière, on peut voir dans l'appareil un petit rond blanc. Et quand on ne met pas à la lumière, on voit un petit point noir. Et quand on recule, le petit rond devient plus petit. Et quand on voit à l'envers, on peut voir les fenêtres en entières.
- Je trouve que cet appareil est curieux. C'est bizarre, on voit les images à l'envers. Quand on tire l'appareil droit devant nous, l'image est plus petite. Cet appareil est coulissant, c'est un tube.
- Si l'on regarde le haut de la fenêtre, on voit le bas et si l'on regarde le bas, on voit le haut.
- Si on ne le met pas à la lumière, on n'y voit rien. On y voit à l'envers.
- Quand on tire la boîte à coulisse vers nous, on voit plus gros et quand on la rentre, on voit plus petit. La photo est à l'envers, il n'y a pas de lumière.
- Quand on recule le tube, l'image à l'envers grossit et s'affaiblit.
- Dans le gros appareil, il y a un gros rond. Dans le petit appareil, on voit trouble.
- Dans l'appareil, il y a une image noire et blanc. Dans le gros appareil; on voit les fenêtres en noir et blanc.

Une semaine plus tard, on demande à ces enfants d'interpréter leur observation.

On obtient des résultats très différents de ceux obtenus dans la classe de Madame Jameau. Les productions mettent en évidence les mêmes acquis. Mais en outre, certains ont été capables de mettre en correspondance l'objet et son image



Certains imaginent même une mise en relation point par point de l'objet et de son image : en fait, cette mise en relation se fait sur certains points remarquables, souvent le haut et le bas de l'objet lumineux.



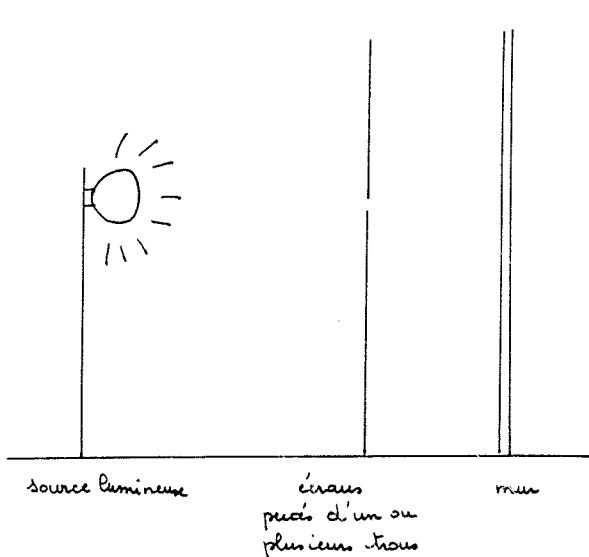
Cette mise en relation est matérialisée par des segments de droite qui se coupent au voisinage du trou, ce qui permet d'interpréter l'inversion de l'image. La présence de la source de lumière peut inciter à penser que la propagation de la lumière est à l'origine du phénomène.

Dans la classe de Madame Jameau, il faudra attendre la troisième séance, une semaine plus tard, pour obtenir les mêmes résultats. Or, seules quelques heures séparaient la construction de la chambre noire, l'observation du phénomène et son interprétation. A Varcès, une semaine séparait l'observation de l'interprétation.

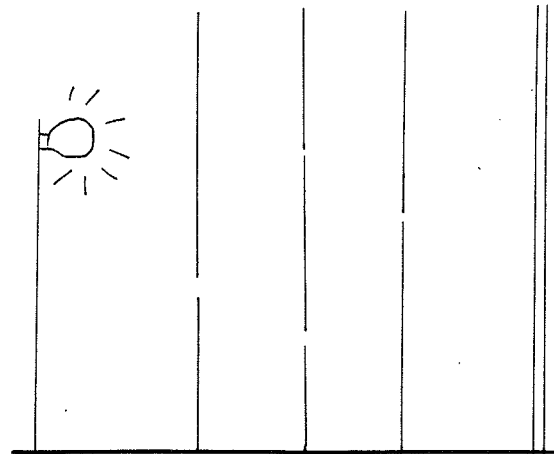
Nous retiendrons de cette comparaison, qu'il est indispensable de laisser un temps suffisant de «décantation», si l'on veut que les enfants construisent leurs propres représentations des phénomènes. Ici une semaine semble un délai adapté.

SEANCE 3 : LA LUMIERE EST-ELLE ASPIREE PAR LE TROU ?

Des schémas (pp. 86-87) se dégagent l'idée d'une lumière aspirée par le trou. On en fait une hypothèse. Sous cette hypothèse, on cherche à prévoir le chemin emprunté par la lumière dans les deux montages suivants :

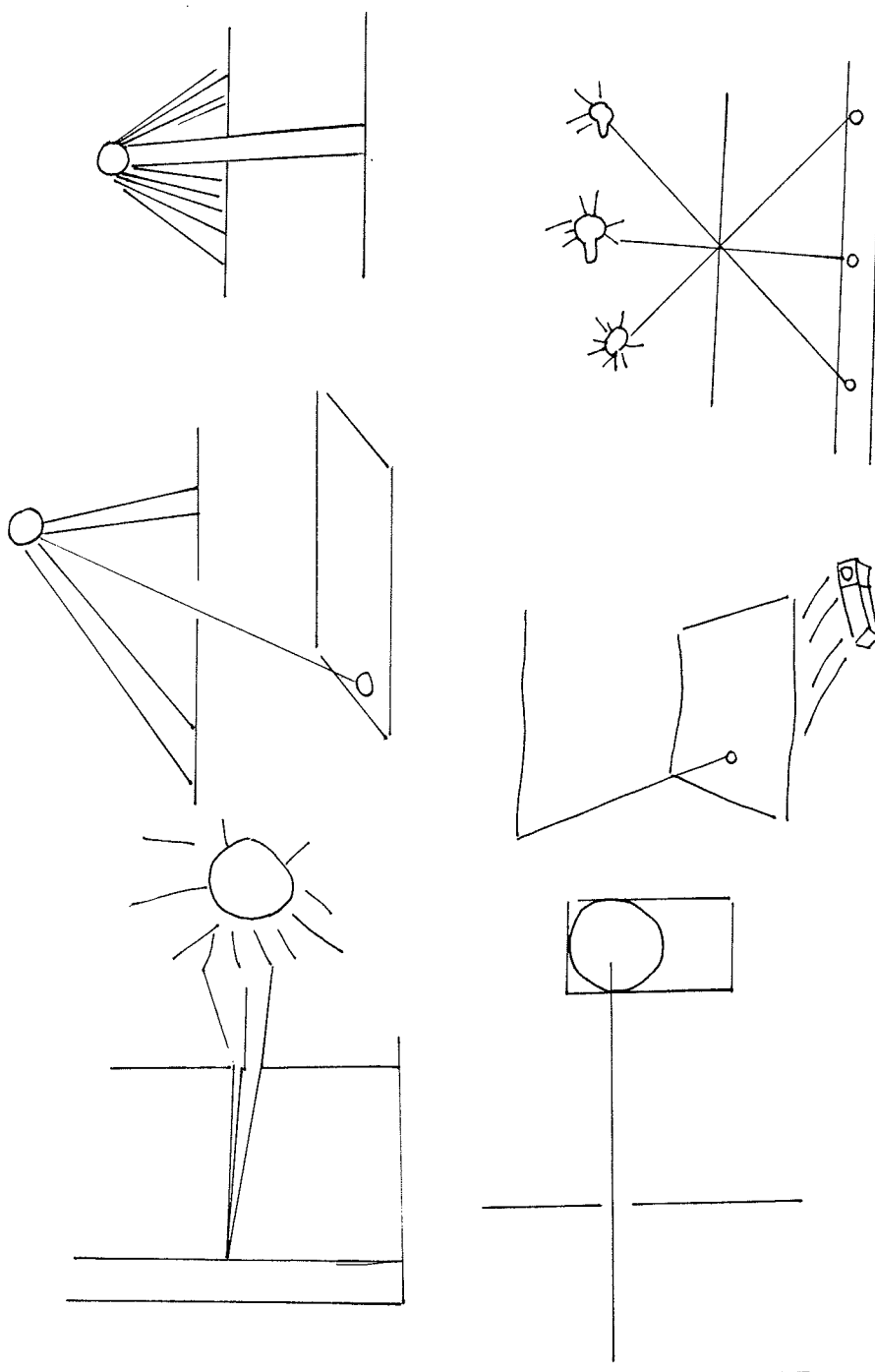


Expérience 1



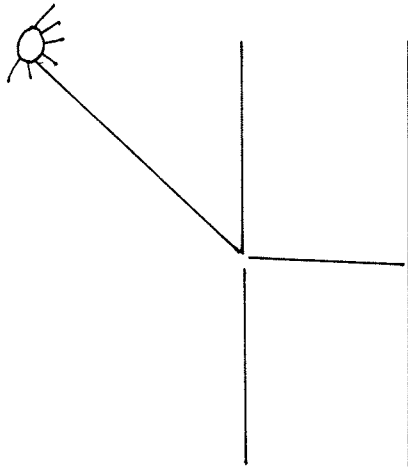
Expérience 2

Dans les deux cas, selon cette hypothèse, la lumière devrait parvenir jusqu'à l'écran, ce que contredit l'expérience.

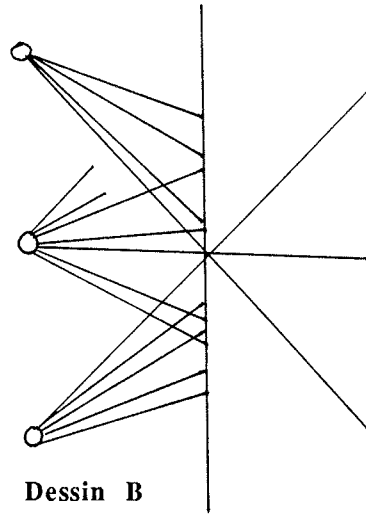


SEANCE 4 : LA LUMIERE SE PROPAGE EN LIGNE DROITE

Deux dessins de l'expérience n° 1 sont reproduits au tableau, puis commentés par l'ensemble de la classe.



Dessin A



Dessin B

On s'intéresse tout d'abord au dessin A.

«C'est faux, les rayons doivent aller tout droit. Ici, il y a une cassure au niveau du trou».

On s'intéresse ensuite au dessin B.

- «La première ligne verticale, c'est la feuille percée d'un trou, derrière c'est le mur».
- «Il est juste, les lumières sont droites. Si on met la lampe en haut elle descend». On demande alors aux enfants de préciser ce que désigne «elle» : la lumière, le rayon, la source lumineuse, l'ampoule, les rayons de lumière ?
- «Les rayons sont droits, rectilignes. C'est une ligne droite, ça ne fait pas de zig zag».
- «Quand la lampe est en haut, le rayon qui passe par le trou descend, il va tout droit».
- «Quand il n'y a pas de trou, la lumière ne passe pas».

Pour relancer la discussion, une question est posée aux enfants :

«Quelles différences y a-t-il entre les dessins A et B ?».

- «Dans le premier le rayon n'est pas rectiligne».
- «Dans le deuxième sont représentés plusieurs rayons, ça précise mieux».
- «On pourrait croire que le rayon, s'il n'y en avait qu'un, se dirige automatiquement vers le trou. (Or) quand on allume une lampe, on voit partout».

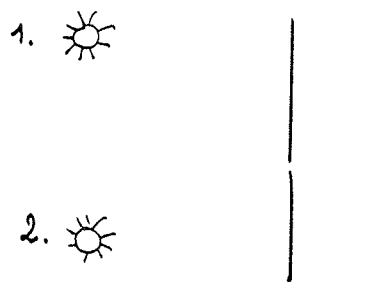
L'auteur du dessin B intervient :

«J'ai cherché à expliquer qu'il y a un rayon rectiligne qui passe par le trou. Les autres tapent contre le carton. Celui qui passe le fait parce qu'il y a un trou».

Les enfants questionnent :

- «Pourquoi avoir représenté plusieurs ampoules ?».
- «C'est pour montrer que pour toute position de l'ampoule, un rayon peut passer».

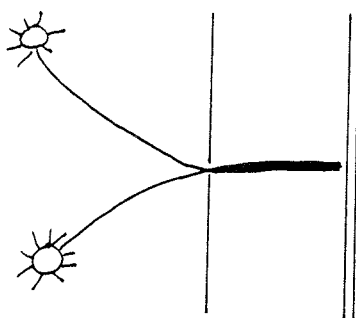
Pour renforcer l'idée d'une lumière se propageant en ligne droite, même à la traversée du trou, et pour évoquer l'inversion de l'image, la maîtresse propose un travail complémentaire. Elle réalise au tableau le schéma :



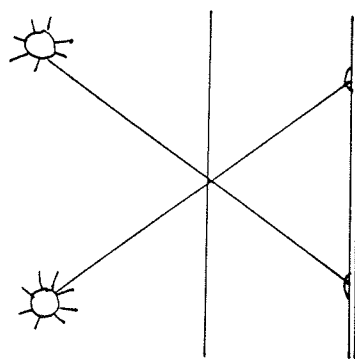
Des remarques fusent :

- «Il y a plusieurs sources lumineuses» ;
- «Il y en a deux. Sont-elles toutes les deux allumées en même temps ?» ;
- «Je vois une feuille avec un trou».

On demande alors aux enfants de dessiner le chemin de la lumière qui passe par le trou. Deux propositions sont reproduites au tableau :



Dessin C



Dessin D

Caroline explique son dessin (C) : «les deux rayons se rencontrent. Ils forment un rayon unique. Il part comme ça, car il faut bien que la lumière arrive sur l'écran».

La plupart des enfants ont réalisé un dessin du type D. Mais il subsiste des erreurs.

SEANCE 5 : SUR LES TRACES D'UN RAYON LUMINEUX

Matériel

Deux ampoules fixées à 5 cm l'une de l'autre sur un socle en bois recouvert de papier millimétré.

Deux boîtes peu profondes, sans couvercle, forment la chambre noire. Le fond de l'une de ces boîtes est constitué de papier calque. Le fond de l'autre est percé d'un trou. Les deux boîtes sont posées sur le papier millimétré.

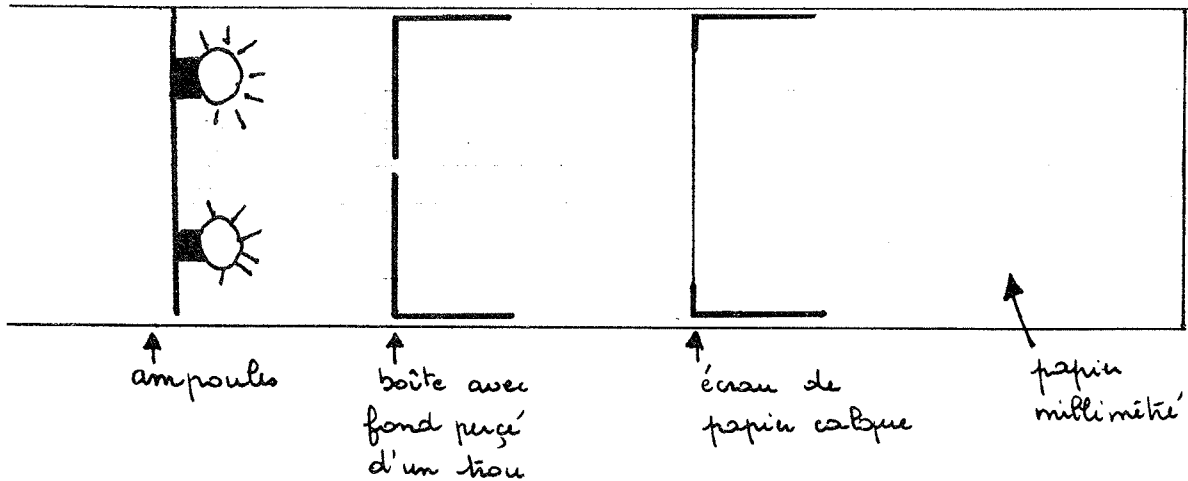


Schéma de la vue de dessus du montage

A - DEROULEMENT

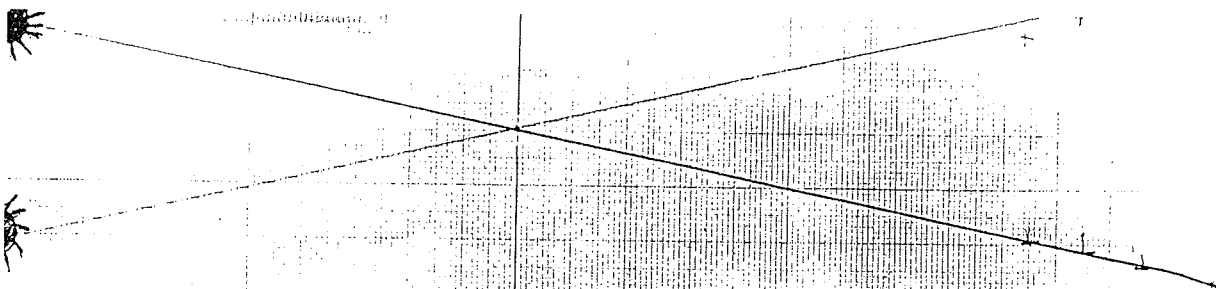
On se place dans la pénombre pour effectuer les relevés. Pendant la manipulation, les ampoules et le cache percé d'un trou (deuxième boîte) restent fixes : on déplace uniquement la boîte portant l'écran.

Pour différentes positions de l'écran, on reporte sur le papier millimétré les positions des images des deux ampoules observées sur l'écran. On signale également la position du trou et des ampoules.

B - INTERPRETATION DES RELEVÉS

On demande aux élèves d'indiquer la trajectoire de la lumière.

a - Sept groupes sur douze ont perçu le phénomène, comme par exemple :



Ils cherchent à placer sur une même droite l'ampoule source, les images successives de cette même ampoule et le trou. Généralement, un des relevés se prête à ce travail. Ensuite, ils tracent un segment de droite qui passe

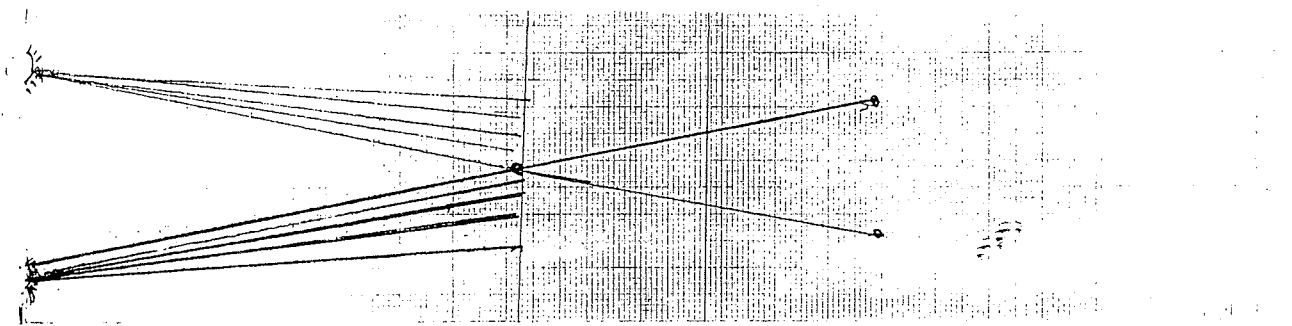
- par le trou,
- par l'autre ampoule,
- et si possible, par le maximum de points images.

Le traitement proposé est compatible avec les hypothèses suivantes :

- la lumière se propage en ligne droite,
- le trou est ponctuel,
- la source est une source étendue.

Avec leur raisonnement, un cône de lumière devrait passer par le trou. Il est fort probable que les images relevées appartiendraient toutes au cône ainsi défini. Mais ils n'ont pas l'idée de l'existence d'un faisceau lumineux : ainsi pour eux, les points qui ne sont pas situés sur la droite ne le sont pas parce que les relevés sont erronés.

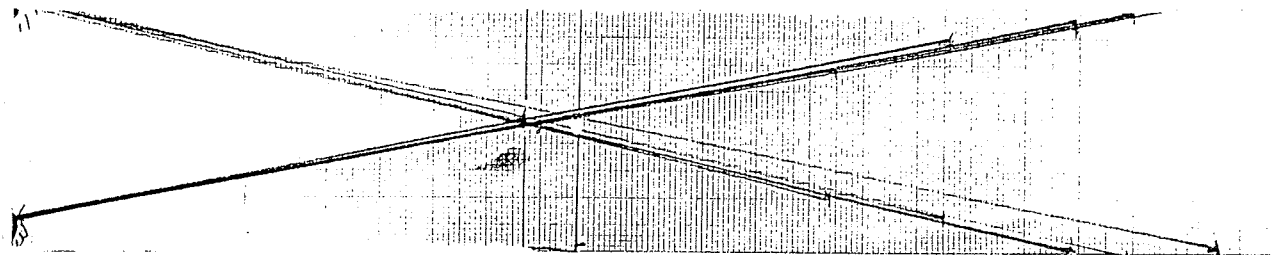
b - Certains groupes n'ont signalé qu'une position de l'écran.



Dans ce cas l'interprétation ne pose pas de difficulté, d'autant plus que ce problème a été résolu antérieurement.

c - Lorsque les points sont dispersés, les élèves ont tendance à utiliser d'autres hypothèses :

- la source est ponctuelle,
- le trou n'est pas ponctuel,
- la lumière se propage en ligne droite.

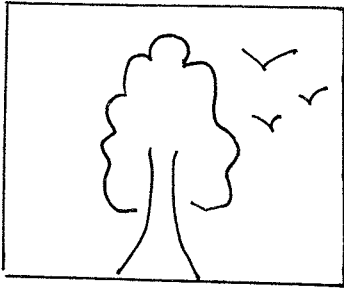


Ils choisissent un point source sur l'ampoule et le relie à ses différentes images. On obtient ainsi : trois, quatre, cinq trajets possibles. Sont-ils empruntés au hasard ? Certains sont-ils erronés ? Il paraît en sortir la notion d'un faisceau lumineux s'appuyant sur le trou, mais ceci n'apparaît pas.

SEANCE 6 : EVALUATION

Chaque enfant a reçu les feuilles d'exercices ci-après :

- ① A l'aide de la boîte noire, vous fixez un arbre dans la cour de l'école ; voilà ce que vous voyez sur le papier calque de la boîte.



VRAI ☐
FAUX ☐

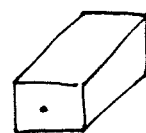
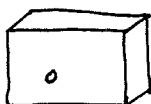
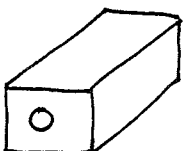
Si vous êtes
 • d'accord cochez
la case VRAI
 • en désaccord
cochez la case
FAUX et dessinez
ce que vous
auriez vu.

- ② Une boîte ayant un grand trou permet d'obtenir :
- a) ☐ une image nette ;
☐ une image floue .

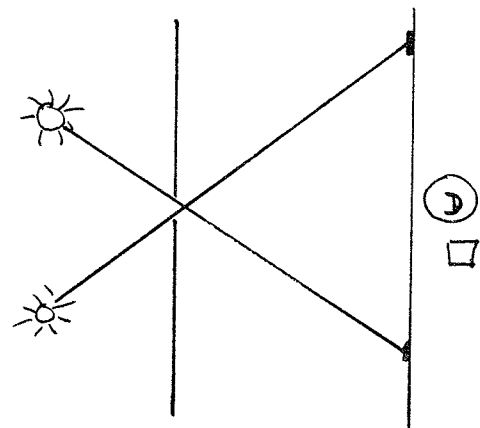
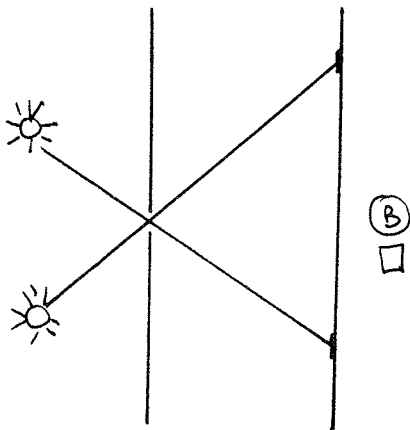
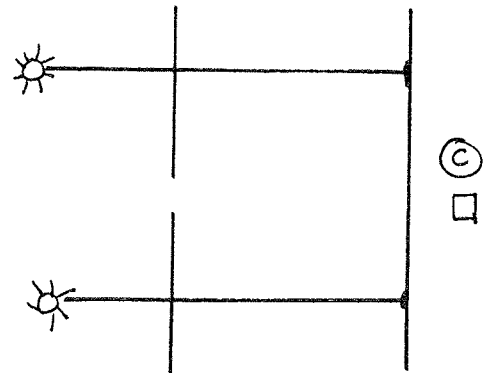
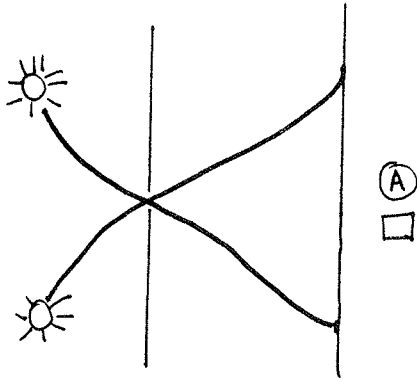
Une boîte ayant un petit trou permet d'obtenir :

- b) ☐ une image nette ;
☐ une image floue .

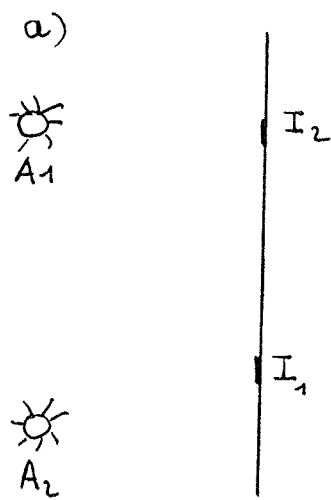
- ③ Choisissez la boîte qui permettrait d'avoir une image nette et de petite taille (cochez la bonne case)



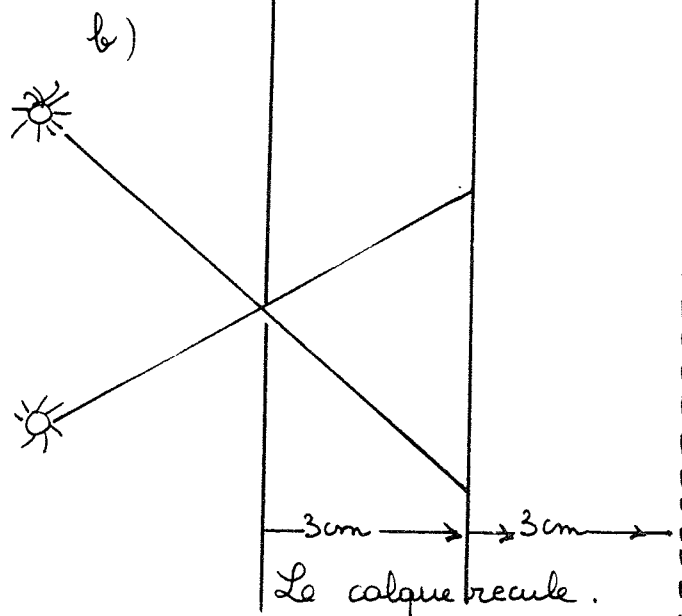
④ Mettez une croix à côté du dessin qui vous paraît juste



⑤ Complétez les dessins



Où se trouve
le trou?



Où pourra-t-on obtenir
l'image?

- ⑥ Dessinez l'image de la flamme de la bougie. Mesurez
ses dimensions



Les résultats bruts pourraient paraître décevants.
 En effet :

20 élèves ont répondu correctement à la question	1
13 " " "	2-a
8 " " "	2-b
2 " " "	3
21 " " "	4
19 " " "	5-a
7 " " "	5-b
0 " " "	6

Quatre enfants n'ont pas répondu complètement à la question 1. Ils ont seulement coché la case faux. Ils n'ont pas dessiné ce qu'ils pourraient voir. Ces quatre enfants n'ont pas pris en compte la consigne en entier.

La prise en compte partielle des consignes est la cause des échecs constatés aux questions 5-a, 5-b et 6 : c'est ce que met en évidence l'activité suivante.

Enfin, il est à noter qu'aucune activité n'avait amené les enfants à réfléchir sur ce qui fait l'objet des questions 2 et 3. Ceci relativise le taux d'échec élevé.

Les feuilles sans annotation sont distribuées à nouveau aux élèves. On relit collectivement les consignes. On encadre les mots importants. Les enfants doivent corriger ce qui leur semble inexact.

Voici les résultats obtenus à ce second tour :

24 élèves	répondent	correctement	à la question	1
24	"	"	"	4
24	"	"	"	5-a
22	"	"	"	5-b
15	"	"	"	6

A la question 6, neuf enfants ont dessiné l'image de la flamme sur le calque sans déterminer ses dimensions. Deux réponses sont demandées dans cette question 6 ; les résultats sont incomplets, ce qui arrive souvent en une telle circonstance.

Les résultats très contrastés de la question 2 impliquent un nouveau moment d'expérimentation. Les enfants manipulent à nouveau les boîtes pour mettre en relation les qualités de l'image et les dimensions du trou.

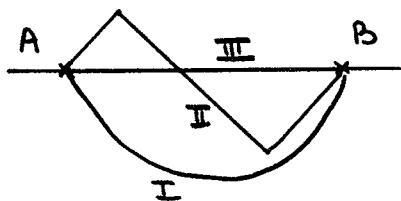
CONCLUSION

Essayons de dégager comment a évolué la notion de propagation de la lumière au cours des activités décrites.

- Dans les premiers dessins réalisés par les enfants, la ligne reliant l'objet à son image, ligne souvent unique, exprime à la fois **une mise en relation globale de l'objet et de son image** et **un éventuel trajet suivi par la lumière**. Son tracé tient compte des propriétés optiques des milieux utilisés : il se fraye un chemin uniquement dans les milieux transparents.

Quand la séance consacrée à l'interprétation est séparée d'une semaine de celle où a lieu l'observation, on observe déjà deux tracés sécants sur certains dessins. Ce sont souvent des segments de droite se coupant au voisinage du trou.

Si ces segments de droite représentent le trajet de la lumière, il ne s'agit que d'un trajet possible parmi beaucoup d'autres comme le suggère l'expérimentation suivante. Au cours d'activités sur les phases de la lune, on avait proposé à des élèves de CM₁ l'exercice suivant :



«Une source lumineuse est placée en A. Elle éclaire un point B. Quel trajet suit la lumière pour aller de A en B ?».

Chacune des trois possibilités indiquées a été choisie par le tiers de la classe.

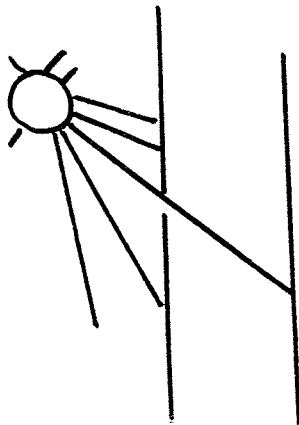
Il serait intéressant de proposer quatre ou cinq trajets. Il est probable que chaque trajet serait choisi par un groupe d'élèves dont le nombre dépendrait du nombre de solutions proposées.

On retrouve des considérations analogues dans certains schémas : certains enfants considèrent un objet lumineux qui rayonne dans toutes les directions. Une question se pose : **comment ces énumérations lumineuses concourent-elles à la formation de l'image ?** Les trajets tiennent compte là encore des contraintes liées aux conditions expérimentales. Ils se développent dans le milieu transparent situé autour de l'ampoule, se regroupent au niveau du trou et, partiellement ou complètement associés, vont par le plus court chemin jusqu'au point image. Souvent l'un de ces trajets est un segment. On a l'impression que **les énumérations lumineuses sont aspirées par le trou**, comme la fumée, par le conduit de cheminée : pour les enfants, le trou a un rôle actif, c'est une pompe. Ils n'imaginent pas qu'il ne fait que laisser passer la lumière qui arrive en ce point. Cette idée a été reprise dans les activités pour montrer

- que le trou n'est pas une pompe à lumière,
- que les trajets réellement suivis par la lumière ne sont pas quelconques.

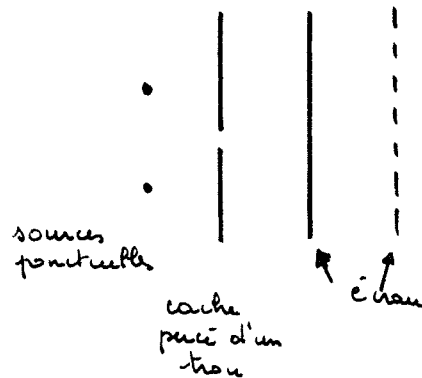
• Dans les dessins ultérieurs, **les segments reliant l'objet à l'image mettent chacun en relation un point de l'objet lumineux et son image.** Ces segments qui se croisent au niveau du trou permettent de rendre compte de l'inversion de l'image.

Ces segments définissent aussi le mécanisme physique de formation de cette image. Ils représentent le trajet réellement suivi par certains rayons de lumière issus de la source lumineuse, ce qui donne un sens plus profond à la représentation graphique. Les schémas représentant un large faisceau de lumière arrivant sur le trou sont particulièrement éloquents : les rayons sont tous arrêtés sauf un, celui qui arrive sur le trou et qui passe sans déviation.



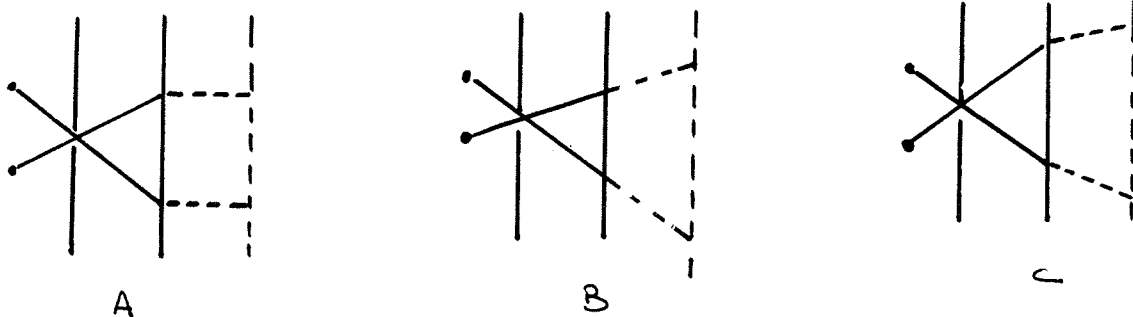
• Lors de la cinquième séance, on a cherché à suivre «pas à pas» le trajet de la lumière. Les mises en relation d'un point de l'objet et de ses images à l'aide d'un ou de plusieurs segments de droite passant par le trou sont compatibles avec le phénomène physique d'une propagation rectiligne de la lumière. Pour avoir une

confirmation qu'ils perçoivent bien le phénomène physique sous-jacent, on a proposé quelques exercices lors d'une sixième séance.



Deux sources lumineuses ponctuelles forment deux images sur un écran. On se propose de déplacer l'écran et de l'éloigner du trou. On demande aux enfants d'imaginer ce qui va se passer.

Les enfants imaginent trois éventualités :



Les propositions ont deux caractéristiques communes : elles permettent, quelle que soit la position du cache de maintenir l'inversion de l'image ; la mise en relation entre objet et image se fait par une succession de segments tous à la règle.

L'inversion apparaît là encore comme le phénomène clé de cette situation expérimentale. Le choix de l'éventualité B par plus de 85 % des enfants et le rejet par la quasi-totalité du mécanisme proposé en 4-A pour expliquer l'inversion montre que le caractère rectiligne de cette propagation est bien perçu et que c'est à lui que les enfants attribuent l'origine de l'inversion de l'image.

Ainsi pour beaucoup d'enfants, l'interprétation du phénomène s'est construite en quatre étapes :

- Pour représenter l'inversion de l'image, ils ont d'abord positionné l'objet et son image.
- Ils ont établi une relation graphique en reliant à l'aide d'un seul trait l'objet à son image.

- Ils ont mis en relation quelques points remarquables de l'objet et leur image à l'aide de segments de droites.
- Ils ont identifié ces segments aux seuls trajets effectivement empruntés par la lumière.

Arrivés à cette étape les enfants sont alors aptes à comprendre des phénomènes plus complexes liés à la propagation rectiligne de la lumière, les phénomènes astronomiques par exemple.

