Rayons épinglés ou comment tracer les rayons lumineux en quatrième

par Wanda KAMINSKI
L.D.P.E.S., Université Paris 7, I.U.F.M. de Reims

Les activités présentées ici sont destinées aux élèves de quatrième. Il s'agit de leur donner l'occasion d'interpréter les observations d'objets et d'images en faisant appel :

– au principe de propagation rectiligne et isotrope de la lumière,

– au fait que la lumière issue d'un objet **vu**, arrive dans l'œil de l'observateur,

– au phénomène de diffusion de la lumière - chaque point d'un objet éclairé (non noir) renvoie la lumière dans toutes les directions.

DESCRIPTION DU MATÉRIEL

Pour commencer, les élèves auront besoin d'un objet bien éclairé placé sur une «base» de montage en bristol blanc (une grande feuille à petits carreaux). Une petite poupée (par exemple un personnage Lego®) sera parfaite dans le rôle de l'objet. Pour viser différents détails («points lumineux») de l'objet, on réalisera des viseurs en rhodoïd (feuille transparente, plus rigide que celles utilisées pour la rétroprojection). Il en faut au moins deux par montage. La figure 1 montre un tel viseur.

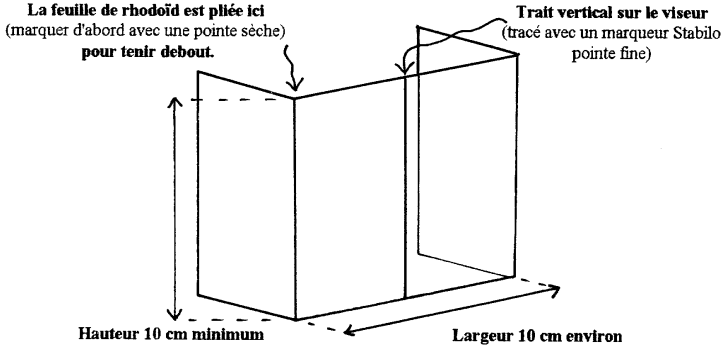

Figure 1 : Viseur transparent avec un trait vertical.

VISER UN OBJET

Pour viser un point-objet (par exemple l'œil du petit personnage Lego® ou la pointe de son chapeau), il faut placer le viseur (mieux : deux ou trois viseurs) entre l'objet et l'observateur. L'observateur voit alors le trait du premier viseur «sur» le point-objet visé. Le deuxième viseur sera posé devant le premier et l'on ajustera sa position pour que son trait cache à la fois le trait du premier viseur et le point visé. Et l'on pourra continuer ainsi avec le troisième...

Cette méthode de visée n'est pas nouvelle et beaucoup d'enseignants la connaissent dans sa version appelée «l'alignement d'épingles», car ce sont des épingles plantées dans la base du montage dont on se sert pour viser. Les traits sur les petites feuilles en rhodoïd remplacent les épingles de la méthode traditionnelle.

COMMENT TRACER UN RAYON ?

Pour tracer une ligne de visée (ou plutôt sa projection sur le plan de la table) il faut marquer sur la base les positions des traits des viseurs (avant de les enlever). Il suffit ensuite de relier ces marques et la position du point-objet. Si l'élève apporte un minimum de soin à toutes ces opérations, il obtiendra ainsi un segment de droite. Le «rayon», dessiné sur la feuille de base, provenant du détail de l'objet (de la projection de ce détail sur le plan de la table) sera prolongé vers la position de l'œil. Il est important de proposer aux élèves de tracer plusieurs «rayons» , issus du même point-objet, mais correspondant aux différentes positions de l'œil de l'observateur. Chaque «rayon» sera le résultat d'une visée. Les viseurs en rhodoïd présentent tous les avantages des épingles sans leurs inconvénients :

– En alignant les traits de deux viseurs (ou trois...) les élèves pourront sélectionner un détail de l'objet observé, même si ce dernier est situé «trop haut» pour le viser avec des épingles.

– Ils ne feront pas de trous dans la feuille de base - cela facilitera le tracé soigné des rayons lumineux.

– Et enfin, ces viseurs ne permettent pas de piquer le voisin, ce qui en quatrième n'est pas à négliger.

Il reste cependant une difficulté d'interprétation qui mérite d'être abordée ici. Un observateur visant un détail de l'objet, voit le trait du viseur (placé entre l'objet regardé et son œil) «barrer» le détail en

question. **L'œil ne reçoit donc pas la lumière issue du point-objet visé !** L'œil voit son entourage immédiat, mais ce qui est derrière le trait reste caché pour lui. **La direction déterminée ainsi représente un «rayon» que l'on a supprimé en l'empêchant d'arriver jusqu'à l'œil.** En intercalant plusieurs viseurs (les traits sur le viseurs se trouvant plus loin «disparaissent» derrière le trait sur le viseur le plus proche de l'œil) on vérifie que le trajet de la lumière supprimée est rectiligne. **Le «rayon» tracé permet de placer l'œil de façon à recevoir la lumière renvoyée par le point-objet** lorsqu'il n'y a rien entre ce dernier et l'observateur.

VISER UNE IMAGE

Un procédé semblable permet d'observer les images réelles formées par une lentille sans avoir besoin d'un écran diffusant.

Le montage (comme sur la figure 2) sera composé d'un objet éclairé (le même) placé sur la même feuille de base en bristol blanc, d'une lentille de courte focale (pas plus de 10 cm, sinon la distance entre l'objet et l'image est trop grande et la manipulation en devient plus compliquée), de deux ou trois viseurs et de l'œil de l'observateur. Si le cadre de la lentille ne permet pas de la poser verticalement sur la base, alors il faudra construire un porte-lentille à cet effet.

Remarque : La longueur de ce montage est grande même si la focale de la lentille utilisée reste raisonnable (on se souviendra que la distance minimale objet - image réelle est de 4f et que l'on a besoin de placer l'œil 30 cm au-delà de la position de l'image pour bien voir).

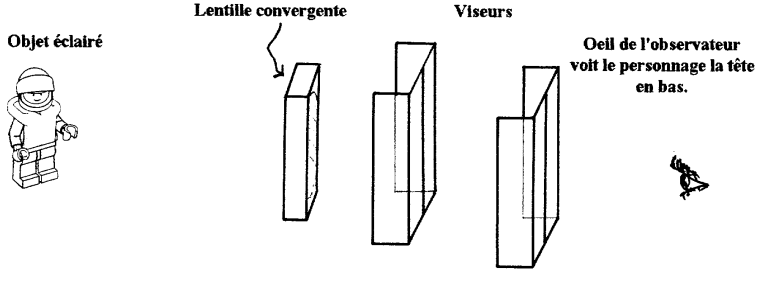

Figure 2 : Montage servant à viser l'image et à tracer des trajets de la lumière.

Il est utile de commencer par refaire la même chose qu'avant - en alignant les traits des viseurs, regarder vers l'objet «à côté» de la lentille. Ensuite, l'élève pourra essayer de viser «à travers» la lentille. Si son œil est bien placé, il verra le petit personnage la tête en bas et de taille différente (sinon il faut éloigner la lentille de l'objet et l'œil de la lentille). L'élève est alors prêt à viser l'image. La méthode reste inchangée : placer les viseurs entre la lentille et l'œil de façon à «barrer» le détail choisi par le trait le plus proche de l'œil, et à faire «disparaître» le trait de l'autre viseur. Après, il faut marquer soigneusement toutes les positions (du point-objet, de la lentille, des traits des viseurs) sur la base, pour pouvoir tracer la ligne de visée.

TRACER UN SCHÉMA EXPÉRIMENTAL

On commence par enlever tout de la feuille de base et relier les positions des traits des viseurs. On prolonge ce segment vers la lentille et vers l'œil - **la lumière se propage en ligne droite entre la lentille et l'œil**. Après cela **on reconstitue le trajet de la lumière entre l'objet et la lentille : on sait que ce trajet est rectiligne** (la lumière ne traverse que l'air), **on connaît le départ** (le détail choisi de l'objet) **et l'arrivée** (le point de la lentille d'où part la lumière arrivant ensuite dans l'œil). **Il est important que les élèves tracent plusieurs «rayons» pour un point donné de l'objet** : il faut pour cela remettre le matériel sur la base et déplacer un peu l'œil sans perdre de vue l'image du même point. Pour la nouvelle position de l'œil, on recommence la visée et le tracé comme ci-dessus.

On verra que tous les «rayons» dessinés se croisent en un point - la position de l'image. Par conséquent, **pour l'œil qui reçoit la lumière, le point-image se comporte un peu comme le point-objet : il lui envoie la lumière.**

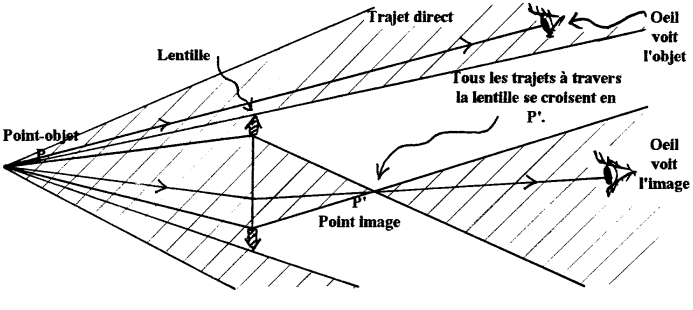

Figure 3 : Schéma expérimental.

Le schéma obtenu (qui ressemblera à celui de la figure 3) **permet d'expliquer la formation d'image par ce qui se passe avec la lumière, issue d'un point-objet et traversant la lentille.** Il constitue un outil d'interprétation «grandeur nature» : par exemple, en remettant tous les éléments du montage sur le schéma, déjà tracé par quelqu'un d'autre, l'élève peut faire des observations «conscientes».

POUR ÉVITER TOUT MALENTENDU

Tracer les trajets de lumière sur un schéma expérimental, comportant un objet diffusant, une lentille, deux ou trois viseurs et l'œil de l'observateur, n'est peut être pas à la portée de n'importe quel élève de quatrième. Les manipulations décrites ici demandent du temps, beaucoup de soin dans la réalisation et du matériel de qualité raisonnable : si les lentilles utilisées déforment trop, alors les schémas ne seront pas bons malgré tous les efforts.

L'enseignant, s'il le juge utile, peut prendre un «raccourci» et proposer aux élèves des schémas déjà partiellement tracés sur la base du montage. Le rôle de l'élève sera d'analyser et de compléter le schéma en «visant l'image» et en dessinant un rayon ou deux (par exemple : pour une nouvelle position de l'œil ou pour un autre détail de l'objet).

Mais avant tout, l'efficacité de cette proposition dépend de l'état de connaissances de l'élève. En particulier, **les trois règles citées au début de l'article doivent être introduites auparavant.** Au cours des activités proposées ici, l'élève pourra les approfondir en les faisant fonctionner dans une situation plus complexe, où elles serviront à atteindre un nouvel objectif : **interpréter la formation d'image par une lentille convergente**.