

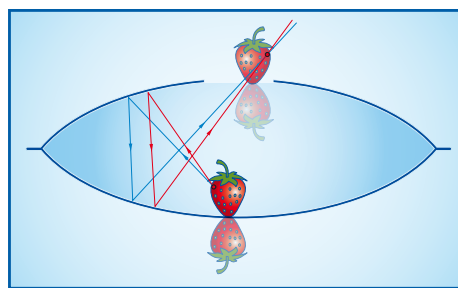
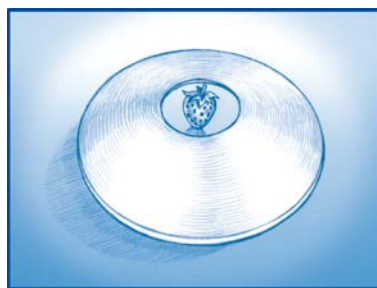
Quand on place un petit objet lumineux au centre de courbure du miroir sphérique, tous les rayons émis arrivent perpendiculairement à la surface du miroir : par conséquent, ils rebroussement chemin, de sorte que l'image se forme à l'endroit où se trouve la source lumineuse. Cette image n'est cependant pas observable, car l'objet empêche les rayons d'atteindre un observateur placé plus loin.

Considérons maintenant une source lumineuse placée très loin du miroir, sur l'axe. Ses rayons arrivent parallèles à l'axe ; après réflexion, ils convergent en un point unique, le foyer du miroir, situé à mi-chemin entre le sommet et le centre de courbure du miroir. Inversement, les rayons d'une source placée au foyer émergent parallèles à l'axe.

On peut maintenant expérimenter plus librement. Regardons-nous dans le miroir sphérique au fur et à mesure que nous nous en éloignons (voir la figure 1). Lorsque nous sommes tout près, tout se passe comme avec un miroir plan : nous nous voyons en simple réflexion derrière le miroir. Quand on s'éloigne, la courbure se fait de plus en plus sentir : notre image reste derrière le miroir, mais elle grossit peu à peu, jusqu'à devenir démesurée lorsqu'on arrive au foyer. En pratique, nous ne voyons plus rien à ce stade, et cela persiste tant que notre œil se trouve entre le foyer du miroir et son centre de courbure. L'image formée se trouve en effet derrière nous, sans que personne ne puisse la voir puisque nous bloquons les rayons.

Puis, quand on se place au-delà du centre de courbure, notre image, plus petite et inversée, se forme entre le foyer et le centre de courbure, toujours devant le miroir. C'est ce type d'image que nous voyons lorsque nous nous regardons dans le creux d'une cuillère métallique (pour autant, on a toujours la sensation que l'image est derrière le miroir, ce qui reste un mystère pour les deux auteurs de cette rubrique).

Revenons au mirascope. Il est composé de deux miroirs paraboliques identiques et accolés en vis-à-vis, de telle sorte que le sommet de chaque miroir coïncide avec le foyer du second. En pratique, l'un des deux miroirs est évidé au centre afin que la lumière puisse rentrer et sortir du dispositif (voir



2. LE MIRASCOPE EST CONSTITUÉ DE DEUX MIROIRS PARABOLIQUES en vis-à-vis, de telle façon que le sommet de l'un coïncide avec le foyer de l'autre. Quand on place un petit objet près du sommet du miroir inférieur, son image (ainsi que celle de sa réflexion dans le miroir inférieur) se forme au niveau de l'ouverture du miroir supérieur. La droite et la gauche y sont inversées. L'objet paraît comme s'il flottait en l'air.

la figure 2). Cette géométrie peu naturelle n'aurait sans doute pas été imaginée si les miroirs que nettoyait C. Landry n'avaient été des miroirs de projecteurs de défense anti-aérienne datant de la Seconde Guerre mondiale : ils étaient en effet découpés en leur milieu pour placer le support de la lampe du projecteur.

Un face à face renversant

Que se passe-t-il si l'on place une source lumineuse au sommet central du miroir inférieur du mirascope ? Cette source (qui peut être un objet éclairé à travers l'ouverture par la lumière ambiante) se situe au foyer du miroir supérieur. Les rayons qui en sont issus partent dans toutes les directions vers le haut et frappent le miroir supérieur où ils sont réfléchis vers le bas, parallèles à l'axe vertical. Leur réflexion sur le miroir inférieur les focalise au foyer de ce dernier, c'est-à-dire au sommet du miroir supérieur, d'où ils semblent émerger aux yeux d'un observateur extérieur.

Si l'on déplace la source hors de l'axe, les rayons émergents sont renvoyés parallèles par le miroir du haut, mais inclinés, et ce d'autant plus que le point est décalé : ils seront focalisés au voisinage du sommet du miroir supérieur. Grâce à des constructions géométriques, les férus d'optique pourront se convaincre que si l'on dispose un objet plat sur le miroir inférieur, son image réelle, symétrique de l'objet par rapport à l'axe, apparaîtra comme flottant en l'air dans l'ouverture du miroir supérieur. La beauté

LES AUTEURS



Jean-Michel COURTLY et Édouard KIERLIK sont professeurs de physique à l'Université Pierre et Marie Curie, à Paris. Leur blog : <http://blog.idphys.fr>

BIBLIOGRAPHIE

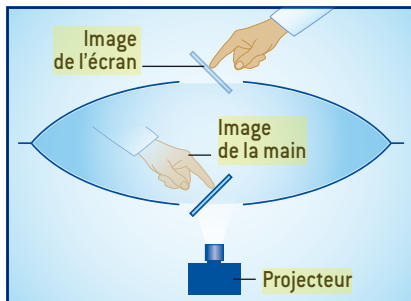
L. Bu, *Modeling the mirascope using dynamic technology*, Loci, mai 2011 (<http://tinyurl.com/n3nrmkm>).

A. Butler *et al.*, *Vermeer: Direct interaction with a 360° viewable 3D display*, UIST'11, Proceedings of the 24th annual ACM symposium on User interface software and technology, pp. 569-576, ACM, 2011.

A. Sieradzian, *Teaching geometrical optics with the "optic mirage"*, *The Physics Teacher*, vol. 28, pp. 534-536, 1990.

Retrouvez les articles de J.-M. Courty et E. Kierlik sur www.pourlascience.fr





3. LE MIRASCOPE permettrait de réaliser une interface où l'on manipule un objet virtuel, ici un écran. On place au sommet du miroir inférieur un écran. L'image de cet écran se forme au sommet du miroir supérieur. Les doigts de l'opérateur viennent manipuler l'image de l'écran. L'image de la main, formée près de l'écran réel, est détectée par une caméra (non représentée) qui traduit ensuite les positions des doigts en instructions.

du dispositif est qu'il en est de même pour un objet en relief, avec en prime l'image de la réflexion de l'objet sur le miroir inférieur (une image de l'image-miroir).

Cette illusion est remarquable et l'on a vraiment envie de saisir l'image formée. On peut renforcer l'illusion en éclairant cette image avec un pointeur laser : l'image semble diffuser la lumière comme si l'objet était effectivement là. En réalité, les rayons du pointeur se sont réfléchis dans le mirascope, ont éclairé le point correspondant de l'objet réel où ils ont été diffusés, et c'est l'image de cette diffusion que l'on voit.

Au-delà de l'aspect ludique, le mirascope a-t-il un avenir ? Pour certains, oui. Une idée est de placer au sommet du miroir inférieur un système de projection 3D constitué d'un écran semi-transparent en rotation rapide. Cette rotation, synchronisée avec le projec-

teur qui affiche sur l'écran un motif bidimensionnel, permet de créer une image à trois dimensions, en jouant sur la persistance rétinienne. On ne peut pas toucher cette image 3D, car elle est formée dans l'espace occupé par l'écran tournant. Mais grâce au mirascope, elle est transportée au sommet du miroir supérieur, dans une zone vide de matière que l'observateur peut toucher sans danger avec ses doigts (voir la figure 3).

Le mirascope fonctionne à l'envers aussi : il forme une image des doigts dans la zone de projection, près du sommet du miroir inférieur, où leurs positions peuvent être détectées par une caméra. Un traitement informatique approprié permet alors de simuler l'interaction de notre main avec un objet représenté par l'image 3D : appuyer sur des touches, faire tourner l'objet, etc. Une inédite interface 3D !



les conférences

entrée libre dans la limite des places disponibles

à la Cité des sciences et de l'industrie

CYCLE Le cerveau aux manettes > les mardis à 19h

Avec les interfaces cerveau-machine, la réalité rejoint la science-fiction. Désormais, le cerveau commande un ordinateur, sans faire appel à aucun muscle ni aucun nerf périphérique... Des jeux vidéo aux traitements médicaux, les applications sont nombreuses.

4 mars : L'interface cerveau-machine : comment ça marche ?

11 mars : Jeu vidéo et réalité virtuelle commandés par le cerveau

18 mars : Voir son cerveau en action

programme complet sur
cite-sciences.fr

En partenariat avec



