



HAL
open science

Note sur les miroirs magiques

M. Bertin

► **To cite this version:**

M. Bertin. Note sur les miroirs magiques. J. Phys. Theor. Appl., 1880, 9 (1), pp.401-407.
10.1051/jphystap:018800090040100 . jpa-00237705

HAL Id: jpa-00237705

<https://hal.science/jpa-00237705>

Submitted on 4 Feb 2008

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

NOTE SUR LES MIROIRS MAGIQUES ;

PAR M. BERTIN,

Avec la collaboration de M. DUBOSCO.

Les peuples de l'extrême Orient, les Chinois et les Japonais, ne connaissaient pas autrefois d'autres miroirs que les miroirs métalliques, et même aujourd'hui ils n'en fabriquent pas d'autres. Cet objet de toilette est en bronze, de formes et de grandeurs diverses, mais toujours portatif. L'une des faces est polie et toujours un peu convexe, de sorte que les images sont rapetissées ; l'autre face est plane ou légèrement concave et elle est toujours ornée de figures en relief, venues à la fonte, d'un travail plus ou moins parfait. Parmi ces miroirs il en est un très petit nombre qui tirent de leur fabrication une propriété merveilleuse : lorsqu'un rayon de soleil tombe sur la surface polie, s'il est réfléchi contre un écran blanc, il transporte sur cet écran l'image des ornements qui sont sur la face postérieure. Au Japon, d'où nous viennent maintenant ces miroirs, ni le fabricant qui les fait, ni le marchand qui les vend, ne se doutent de leurs propriétés ; mais les Chinois les connaissent depuis longtemps et les apprécient ; ils les appellent d'un nom qui signifie *miroirs qui se laissent pénétrer par la lumière*. Nous, nous les appelons *miroirs magiques*.

Les miroirs magiques sont extrêmement rares. On n'en trouve que quatre mentionnés dans les *Comptes rendus* de notre Académie des Sciences. Le premier a été présenté à l'Académie par Arago en 1844 ; le deuxième et le troisième lui ont été signalés en 1847 par Stanislas Julien et par Person, et le quatrième lui a été présenté en 1853 par Maillard. Il est vrai qu'en 1832 Brewster avait déjà donné une théorie des miroirs magiques ; mais cette théorie avait été faite d'après la description d'un miroir de Calcutta, que Brewster n'a jamais eu entre les mains. Enfin, en 1864 et 1865, M. Govi ⁽¹⁾ a présenté à l'Académie de Turin deux Notes sur de très belles expériences qu'il avait faites à l'aide de trois miroirs

(1) Les deux Notes de M. Govi sont traduites dans les *Annales de Chimie et de Physique*, cahier de mai 1880.

J de Phys., t. IX. (Décembre 1880.)

magiques, ce qui porte à sept seulement le nombre de ces miroirs vus en Europe depuis qu'on a pris l'habitude d'y noter les faits scientifiques. Bien peu de personnes donc avaient vu des miroirs magiques lorsque, au mois d'avril, un savant anglais, M. Ayrton, professeur à l'École Polytechnique de Yeddo, vint nous montrer plusieurs de ces miroirs qu'il avait rapportés du Japon. Il les expérimenta avec un plein succès dans les ateliers de M. Carpentier, devant une assistance malheureusement peu nombreuse; puis il repartit pour Londres et nous nous retrouvâmes probablement pour longtemps privés des merveilleux miroirs (1).

Sur ces entrefaites, je reçus la visite de M. Dybowski, mon ancien élève, agrégé des Sciences physiques, qui revenait du Japon, où il avait été pendant deux ans le collègue de M. Ayrton (2). Il rapportait comme objets de curiosité quatre *miroirs de temple*, c'est-à-dire des miroirs anciens : ils sont bien supérieurs aux miroirs actuels, la fabrication des miroirs du commerce, écrasée sans doute par la concurrence que lui font les glaces d'Europe, étant devenue très défectueuse. Nous les essayâmes ensemble; trois étaient circulaires et le plus mince d'entre eux, qui est un disque de 0^m, 153 de diamètre, se trouva légèrement magique.

Pour essayer un pareil miroir, il suffit de le présenter au soleil et de recevoir le faisceau réfléchi sur un carton blanc, à une petite distance, 1^m par exemple. Mais, pour obtenir le maximum d'effet, il faut éclairer le miroir par de la lumière divergente; le faisceau réfléchi est alors dilaté, puisque le miroir est convexe; il peut être reçu à une plus grande distance et l'on aperçoit alors sur l'écran une image agrandie des ornements qui sont sur le revers du miroir. Les reliefs du dessin apparaissent en blanc sur un fond sombre. Cette image est ici confuse, parce que le miroir est mauvais; elle serait très nette si le miroir était parfait, mais je ne connaissais aucun moyen de l'améliorer.

(1) Le Mémoire de M. Ayrton est traduit dans le même numéro des *Annales*.

(2) Les Japonais ont voulu d'abord avoir des institutions scientifiques à l'instar de celles de l'Europe; malheureusement ils veulent désormais voler de leurs propres ailes et employer comme professeurs les élèves que nous avons formés. La section française de l'École Polytechnique d'Yeddo, où nous avons envoyé trois élèves de l'École Normale, doit être fermée le 1^{er} juillet; la section allemande l'est déjà; la section anglo-américaine subsistera seule encore pour quelque temps.

Ce moyen a été indiqué pour la première fois par M. Govi dans la seconde des deux Notes que j'ai citées plus haut ; il est une conséquence de la vraie théorie des miroirs magiques. Cette théorie n'a pas été établie tout d'abord.

Stanislas Julien a trouvé dans un auteur chinois du XII^e siècle de notre ère une explication des effets merveilleux de ces miroirs. L'auteur suppose que le dessin en relief qui est sur le revers est reproduit en creux sur la face polie ; on a ensuite coulé dans les tailles de la gravure un bronze plus fin que celui de la masse et on a poli la surface. C'est l'inégalité du pouvoir réfléchissant des deux bronzes qui produit l'effet magique.

La théorie de Brewster n'est pas notablement différente de cette explication chinoise ; le coulage du bronze fin est seulement supprimé. C'est le polissage qui, en effaçant la gravure, la rend invisible à la lumière ordinaire, tout en laissant au métal des variations de densité ou de pouvoir réflecteur qui rendent l'image visible aux rayons du soleil. Mais Brewster ne savait pas que la surface était amalgamée.

Cette théorie, fort heureusement, n'était pas connue en France lorsqu'on a commencé à parler des miroirs magiques, sans quoi le grand nom de Brewster aurait peut-être égaré l'opinion. Le premier physicien français qui eut entre les mains un miroir magique, Person, en donna immédiatement la véritable explication. Il s'assura par une expérience directe que la surface polie du miroir n'était pas régulièrement convexe, qu'elle l'était seulement dans les parties correspondant aux creux de la figure du revers, mais qu'elle était plane dans les parties correspondant aux reliefs. « Les rayons réfléchis sur les parties convexes divergent et ne donnent qu'une image affaiblie ; au contraire, les rayons réfléchis sur les parties planes gardent leur parallélisme et donnent une image dont l'intensité tranche sur le reste (1). »

Cette irrégularité de la surface tient à la manière dont les miroirs sont fabriqués et que nous a apprise M. Ayrton. Sorti de la fonte sous la forme d'un disque plan, le miroir, avant d'être poli, est d'abord rayé dans tous les sens avec un outil pointu, et naturellement il lui offre plus de résistance dans les parties épaisses que

(1) *Comptes rendus des séances de l'Académie des Sciences*, 21 juin 1847.

dans les parties minces. Cette opération le rend d'abord légèrement concave et c'est par la réaction élastique du métal qu'il devient convexe; la convexité est plus sensible dans les parties minces que dans celles qui correspondent aux reliefs du dessin. Cette irrégularité de la surface n'est pas sensible à la lumière diffuse, tandis qu'elle peut, dans les miroirs minces, produire l'effet magique par la réflexion d'une lumière très vive, comme celle du soleil ou de la lampe oxyhydrique. Il en est de même de tous les miroirs mal travaillés. Une lame de plaqué d'argent donne d'excellentes images, tandis que, si on lui fait réfléchir le soleil, on aperçoit dans la section du faisceau réfléchi tous les coups de marteau qu'elle a reçus quand on l'a planée. C'est un vrai miroir magique, seulement l'image réfléchie est irrégulière, tandis que celle du miroir japonais est régulière comme le dessin du revers.

C'est pour renverser définitivement la théorie de Brewster et appuyer par cela même celle de Person que M. Govi a fait ses expériences. Malgré l'intérêt qu'elles présentent, je ne veux pas les rapporter ici, puisqu'on peut les lire dans les *Annales*; je rappellerai seulement la dernière et la plus curieuse, celle qui consiste à chauffer le miroir par derrière. Les parties minces doivent s'échauffer plus rapidement que celles qui sont en relief; elles deviendront plus convexes, les irrégularités de la surface seront plus accentuées et l'effet magique sera augmenté; il pourra même se produire dans les miroirs qui étaient d'abord inertes.

Lorsque j'eus pris connaissance des deux Notes de M. Govi, je proposai à M. Duboscq de s'associer à moi pour répéter d'abord les expériences du savant italien et pour étudier en général la question si intéressante des miroirs magiques, avec l'espoir de pouvoir les reproduire dans ses ateliers. Tel a été, en effet, le résultat définitif de notre collaboration.

Nous n'avions d'abord à notre disposition que le miroir rapporté du Japon par M. Dybowski et qui donnait, par la réflexion des rayons solaires, des images confuses. Ces images deviennent très nettes quand on chauffe le miroir par derrière avec un bec de gaz, et le miroir devient tout à fait magique.

Nous l'avons ensuite fait mouler et reproduire, non pas en bronze japonais, mais en bronze ordinaire. Un premier exemplaire a été travaillé brutalement sur le tour, à la manière japonaise, pour

le rendre magique ; mais il s'est cassé. Un second a été travaillé doucement dans un bassin, puis la surface polie a été nickelée ; mais il n'était pas magique. Seulement il a pris cette propriété à un très haut degré quand on l'a chauffé, et même il en a gardé des traces depuis qu'il a été chauffé plusieurs fois. Plusieurs miroirs japonais, que nous avons pu nous procurer, nous ont donné des résultats analogues.

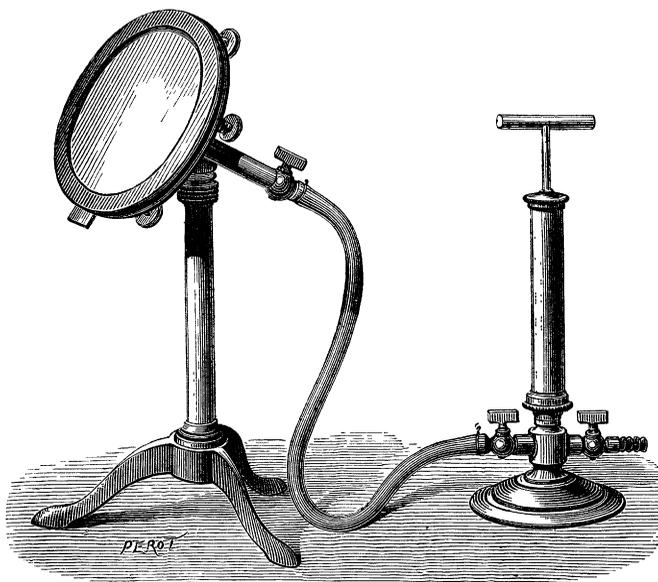
On a gravé des lettres derrière de petits miroirs japonais de forme rectangulaire ; quand le miroir était chauffé, ces lettres apparaissaient noires dans l'image. Quand on faisait un trait autour des ornements du revers, le miroir chauffé devenait tout à fait magique, parce que le dessin ressortait encadré par le trait noir qui limitait les contours des figures.

Ainsi, l'application de la chaleur est certainement très efficace pour rendre les miroirs magiques ; mais elle n'est pas sans inconvénients. D'abord elle détériore les miroirs, qui perdent leur poli, surtout lorsqu'ils sont amalgamés. Ensuite on n'arrive pas toujours à chauffer le miroir partout également et les images sont déformées. Nous avons pensé que le changement de courbure qu'il s'agit de produire s'obtiendrait bien plus uniformément par la pression. M. Duboscq a donc construit une boîte plate en laiton, fermée d'un côté par le miroir métallique et de l'autre par un disque portant à son centre un ajutage qu'on peut relier par un tube en caoutchouc avec une petite pompe à main (*fig. 1*). Cette pompe est à la fois aspirante et foulante. Si le caoutchouc est attaché au robinet de compression, quelques coups de piston suffisent pour comprimer l'air suffisamment dans la boîte ; le miroir devient de plus en plus convexe, le cône de rayons réfléchis s'ouvre de plus en plus, et, dans la partie où il frappe l'écran, l'image du revers apparaît de plus en plus nette. Notre miroir japonais donne alors de très belles images ; la copie qui en a été faite, et qui ne donne rien à l'état ordinaire, devient un miroir magique aussi parfait que tous ceux que M. Ayrton nous a montrés. Un miroir en laiton nickelé, derrière lequel sont gravées des figures en creux à côté d'ornements en relief formés par des lames de fer-blanc soudées, devient très magique par la pression et donne en même temps l'image noire des dessins en creux et l'image blanche des dessins en relief.

C'est là ce que j'appellerai l'image *positive*. On peut aussi avoir

une image *négative* ou inverse de la précédente en raréfiant l'air dans la boîte à pression, et pour cela il suffit d'attacher le caoutchouc au robinet d'aspiration de la pompe. Le jeu de celle-ci raréfie l'air dans la boîte, le miroir devient concave, la section du

Fig. 1.



faisceau réfléchi devient plus petite, et l'image du revers est amoindrie et change de caractère ; les reliefs viennent en noir et les creux en blanc.

Ces expériences exigent une lumière intense. Un bec de gaz est insuffisant ; mais la lumière Drummond suffit parfaitement. On l'intercepte avec un écran percé d'un trou pour que le faisceau divergent qui tombe sur le miroir ne soit pas trop dilaté ; le miroir, qui est mobile sur son support, renvoie ce faisceau soit au plafond, soit sur un écran. Les effets sont beaucoup plus brillants et plus nets avec le soleil. Quand on présente le miroir au porte-lumière, le faisceau lumineux ne le couvre pas tout entier ; il convient de le dilater avec une lentille qui fait converger les rayons solaires en avant du miroir, de sorte que celui-ci reçoit toujours des rayons divergents.

En résumé, en copiant les miroirs japonais, on peut faire maintenant des miroirs dont quelques-uns sont magiques, et on peut les rendre tous magiques par la pression. La boîte à pression, avec un miroir métallique façon japonaise, surtout s'il porte à la fois des ornements en relief et des dessins en creux, constitue un appareil des plus curieux et dont la place est marquée dans tous les cabinets de Physique.

Nous ne nous arrêterons pas là. Un de ces jours, pendant que notre miroir sera rendu magique par la pression, nous voulons faire mouler la surface polie, et nous la ferons reproduire par la galvanoplastie. Cette surface aura toutes les irrégularités de celle du miroir magique et produira dans les rayons réfléchis l'image d'ornements qui n'existeront plus.
