

NOUVEAU MODE DE CONSTRUCTION DES GRANDS MIROIRS DE TÉLESCOPE (1)

Depuis 1857, date à laquelle Foucault présenta son premier télescope à

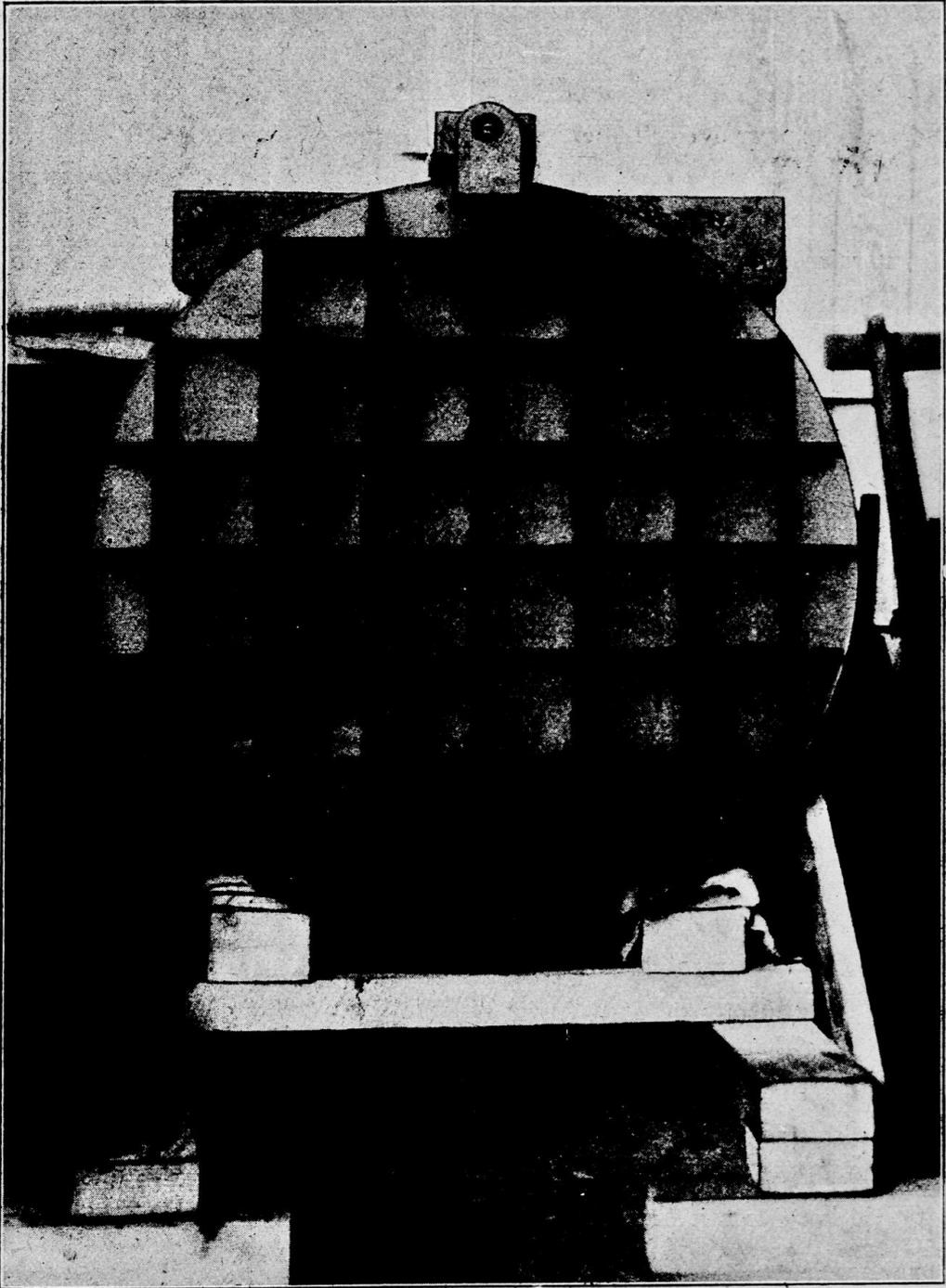


Fig. 27. — Photographie du premier miroir cellulaire construit par M. RITCHEY au Laboratoire Dina (miroir plan de 0^m,75 de diamètre).

l'Académie des sciences, les miroirs de télescope sont constitués par des disques de verre dont une face, travaillée et polie, est rendue réfléchissante par le

(1) Résumé d'une conférence faite à la séance du 4 novembre 1925.

dépôt d'une mince couche d'argent. On a déterminé empiriquement l'épaisseur qu'il faut donner à ces disques, environ un septième ou un huitième de leur diamètre, pour qu'ils ne se déforment pas par flexion. Quand il s'agit de très grands miroirs, on est ainsi amené à couler et à recuire d'énormes masses de verre, ce qui ne va pas sans de grandes difficultés, ainsi qu'on l'a éprouvé lors de la construction du miroir du Hooker Telescope. Il faut du reste un surcroît de précautions pour éviter la flexion de ces disques gigantesques. L'auteur, qui a taillé et poli plus de cent miroirs de tous diamètres, en particulier celui de 60 centimètres de l'Observatoire Yerkes, ceux de 150 et 250 centimètres de l'Observatoire du Mont Wilson, les a soustraits à l'action déformante de la pesanteur au moyen d'un support de son invention (*floating system*) qui exerce sur le dos du miroir des forces convenablement calculées, obtenues au moyen de contrepoids et de leviers articulés.

Il reste malheureusement une autre cause grave de déformation, qu'il est impossible d'éviter pratiquement : ce sont les variations de température du miroir. Les bords du disque suivent ces variations plus vite que le centre, de sorte que le verre, mauvais conducteur de la chaleur, n'a pour ainsi dire jamais la même température en tous ses points. Si la température extérieure monte,



Fig. 28. — L'effet de bord.

Sous l'influence des variations rapides de température, le centre du miroir se déforme peu, mais ses bords s'élèvent ou s'abaissent. La largeur de la zone affectée croît très rapidement avec les dimensions du miroir, et beaucoup plus vite que celles-ci.

les bords s'échauffent les premiers, ils se dilatent par rapport au reste du miroir. L'inverse a lieu si la température s'abaisse. En somme, la zone extérieure du disque est constamment en

mouvement par rapport à son centre : c'est ce que l'auteur a appelé *l'effet de bord* (*edge-effect*) (fig. 28). Pendant la taille, on évite cet inconvénient en maintenant dans l'atelier une température constante et en évitant l'échauffement du disque. On peut alors donner à la surface la forme théorique, et la vérifier à loisir. Une fois amené au degré de perfection voulu, le miroir est mis en place dans la coupole, où il est soumis aux variations diurnes de température extérieure. L'effet de bord se fait immédiatement sentir et la surface perd la perfection qu'elle avait en sortant des mains de l'opticien.

Quand on veut obtenir des images très fines et sans déformation au cours des séances de pose photographique, qui durent parfois une dizaine d'heures, il est indispensable de supprimer par un diaphragme toute la zone extérieure où se fait sentir l'effet de bord.

Or, la largeur de cette région aberrante croît très vite avec l'épaisseur du miroir, ainsi que l'auteur l'a constaté. De quelques centimètres pour une ouver-

ture de l'ordre d'un mètre, elle passe à quelques décimètres dans le cas du miroir de 2^m,50.

Ajoutons aux inconvénients de l'effet de bord les difficultés qu'on éprouve à couler et à recuire des masses de verre de plusieurs tonnes, et l'on comprendra pourquoi le diamètre actuellement atteint ne peut être utilement dépassé avec les méthodes de construction mises en œuvre jusqu'à présent. C'est du moins l'opinion de l'auteur, basée sur trente-cinq années d'expérience.

Pour remédier à l'effet de bord, on a essayé de faire des miroirs au moyen de substances vitreuses à faible coefficient de dilatation, telles que le quartz fondu, le verre pyrex, etc... L'auteur ne méconnaît pas l'intérêt de ces tentatives, mais il estime qu'elles ne sont pas susceptibles de fournir une solution immédiate du problème, du moins en ce qui concerne les très grands miroirs, comme celui que M. et M^{me} Dina lui ont demandé de réaliser. L'objet de cette communication est de faire connaître la voie tout à fait différente dans laquelle il a dirigé ses recherches.

Le nouveau mode de construction qu'il préconise et que l'expérience vient de consacrer tout récemment, supprime à la fois les difficultés inhérentes à la fabri-

cation du verre et les inconvénients de l'effet de bord. Le miroir proprement dit est constitué par un plateau mince, de 15 à 20 millimètres seulement d'épaisseur.

Un second plateau, de mêmes dimensions, forme le dos du miroir. Il est placé à une certaine

distance en arrière du premier. Les deux plateaux sont reliés entre eux, et rendus solidaires, par tout un système de cloisons de verre mince qui découpent l'intérieur du disque composite ainsi constitué en un grand nombre de cellules, où l'air peut circuler grâce à des ouvertures pratiquées dans les cloisons. Les cloisons sont collées entre elles et aux plateaux par un ciment inaltérable (fig. 29).

Pour faire un miroir plan, on utilise comme plateau supérieur une glace plane. Pour faire un miroir concave, on emploie une glace préalablement bombée, ayant la forme d'un grand verre de montre retourné. L'épaisseur de ce plateau n'est donc pas réduite vers le centre comme le serait celle d'une glace plane ultérieurement creusée.

Les avantages du système sont évidents. La tâche du verrier est grande-

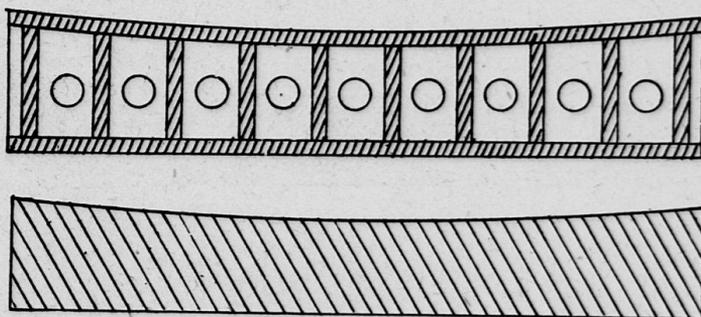


Fig. 29. — Section schématique d'un miroir cellulaire, montrant les deux plateaux, le cloisonnage, ainsi que les trous d'aération pratiqués dans les cloisons transversales. En bas, section d'un disque plein de même diamètre.

ment simplifiée, puisqu'on ne lui demande plus de préparer des masses de verre exceptionnellement grandes en épaisseur. Le verre destiné à la fabrication des disques cellulaires dépasse à peine la glace commerciale. Il est donc relativement aisé de l'obtenir de qualité parfaite, très homogène, et bien recuit.

Le poids du miroir est environ le quart ou le cinquième du poids d'un disque plein. La rigidité n'en souffre pas, au contraire.

Enfin, et surtout, l'équilibre de température du disque est assuré presque instantanément par la circulation d'air qu'on peut, au besoin, provoquer artificiellement. Il n'y a plus d'effet de bord.

L'auteur n'avait construit que de petits modèles de miroirs cellulaires

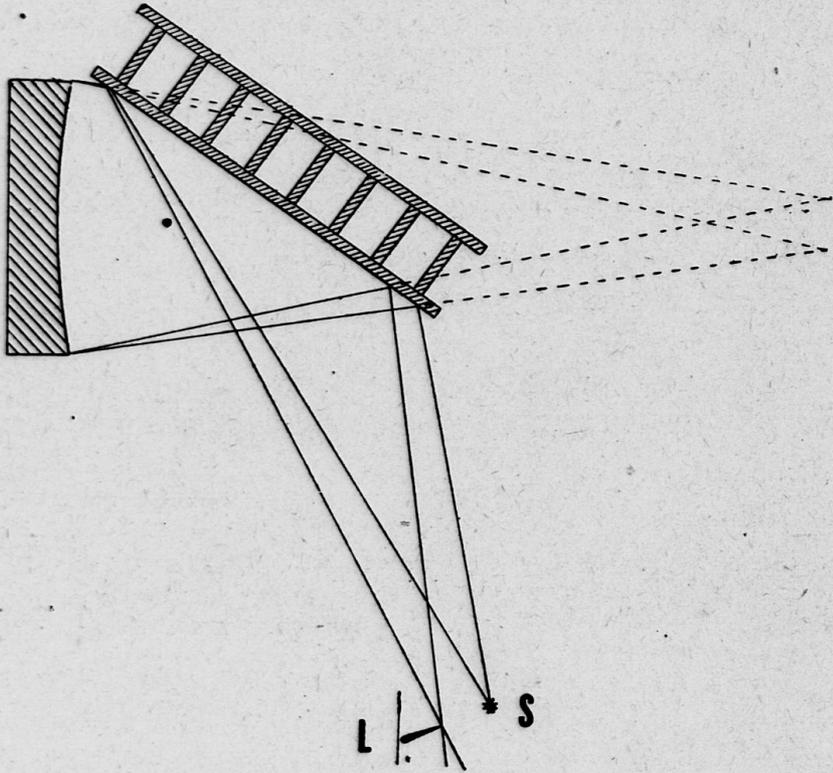


Fig. 30. — Vérification optique du premier miroir plan cellulaire de 75 centimètres, associé à un miroir sphérique préalablement étudié en son centre de courbure. En S, la source ponctuelle de lumière; en L, la lame de couteau (Méthode de Foucault).

quand il vint en Europe il y a deux ans. Depuis lors, des essais à grande échelle ont pu être menés à bien au laboratoire Dina, installé à l'Observatoire de Paris, dans la galerie de la Méridienne, mise par M. B. Baillaud à la disposition de M. et M^{me} Dina et de l'auteur. Les premières recherches ont porté sur l'assemblage et le collage du verre. On a adopté comme ciment une résine synthétique connue sous le nom de *bakélite* — ou *millusite*, — qui se transforme en une substance absolument fixe, quand on la chauffe pendant quelques dizaines d'heures à une température modérément élevée. Les conditions de son emploi

ont été étudiées avec soin. De très nombreuses expériences ont été faites pour déterminer l'état qu'il convient de donner aux surfaces à assembler et à coller, le mode d'application de la bakélite, la pression qu'il faut exercer sur les joints pendant la cuisson qui amène la prise du ciment, etc. On a essayé à la traction un grand nombre de pièces d'essai : jamais le collage n'a cédé, c'est toujours le verre qui s'est rompu, et l'on a de ce côté toute la sécurité désirable.

La technique ainsi établie, un premier miroir cellulaire plan de 75 centimètres de diamètre a été mis en construction, puis taillé et poli, et enfin, mis en exa-

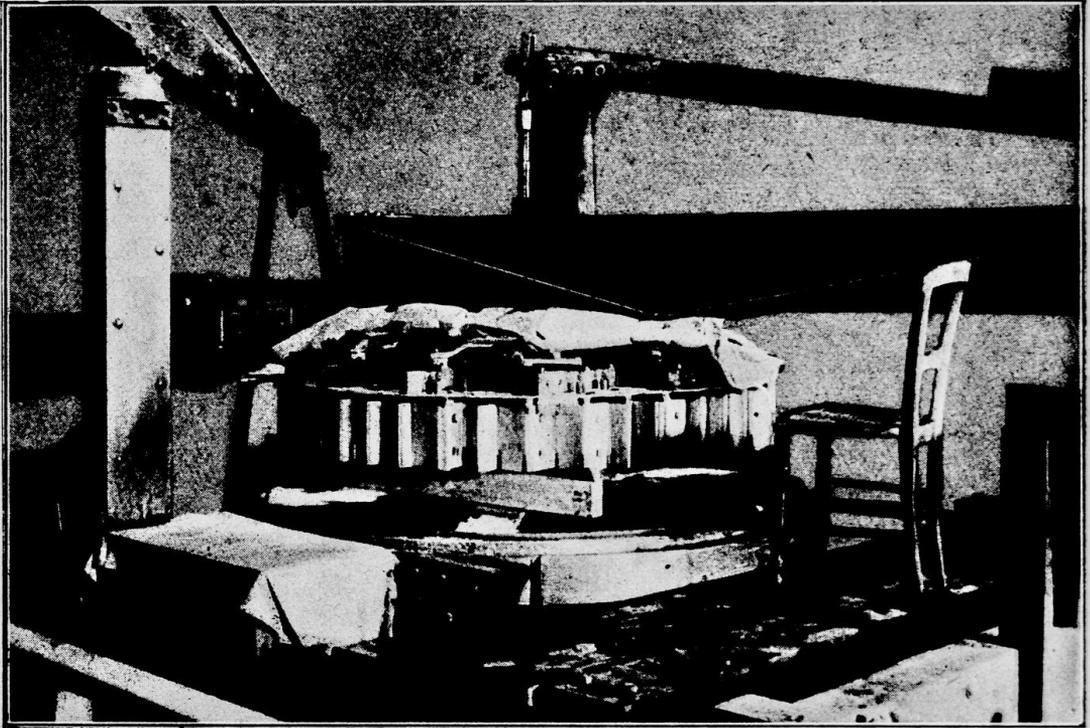


Fig. 31. — Le cloisonnage du miroir concave de 1^m,50, placé sur la machine à roder et à polir. (Photographie ANDRÉ HAMON).

men. Le test optique, extrêmement sévère, a été fait par la méthode de Foucault dans des conditions exceptionnelles de sensibilité (fig. 30). La lumière issue d'un point lumineux tombe une première fois sur le plan, sous une forte incidence — ce qui augmente l'importance des défauts, — puis de là sur un miroir sphérique, qui la réfléchit normalement ; elle se réfléchit à nouveau sur le plan, sous la même incidence que la première fois, avant de revenir converger, au voisinage du point lumineux, sur l'arête de la lame de couteau. La sensibilité d'un examen optique effectué dans ces conditions est au moins quatre fois plus grande qu'elle ne le serait sur un miroir sphérique étudié au centre de courbure ; c'est pourquoi ce premier miroir d'essai a été fait plan.

Depuis le mois de juin 1925, aucune déformation de la surface n'a été notée : le collage est donc rigoureusement permanent. L'effet de bord est inexis-

tant, comme on l'avait prévu, et la surface est restée exactement plane. Dans les mêmes conditions, un miroir plein fût devenu tantôt concave, tantôt convexe, et les images réfléchies eussent décelé ces déformations par un astigmatisme accusé.

Un miroir cellulaire de diamètre double — 1^m,50 — est actuellement en construction (fig. 31). Il est concave, et pourra servir comme miroir de télescope en attendant l'achèvement du grand télescope Dina. C'est la Compagnie de Saint-Gobain, dont le Directeur général, M. Delloye, n'a cessé d'apporter à l'auteur le plus précieux concours, qui a fourni tous les verres employés au laboratoire Dina, et notamment le grand plateau concave pour la face supérieure du miroir en construction.

Enfin, l'auteur étudie les plans d'un télescope de très grande ouverture destiné également à l'Observatoire Dina. Quel sera son diamètre ? Aucune décision définitive n'a été prise à cet égard, en raison de la complexité du problème qui demande un examen approfondi du point de vue mécanique aussi bien que du point de vue optique. Mais l'auteur croit pouvoir donner sans plus attendre son opinion quant aux perspectives ouvertes par le nouveau mode de construction : dès à présent, la réalisation d'un miroir cellulaire parfait de 4 ou 5 mètres est matériellement possible ; et l'on peut prévoir qu'un jour — encore indéterminé — ces dimensions seront doublées.

G.-W. RITCHEY.

LES LIMITES DU CIEL

Grave question qui partage les astronomes en deux camps : les newtoniens et les einsteiniens. Si nous nous en tenons aux données positives sur la distance des étoiles, nous savons que notre univers galactéen est très petit. Bien que les derniers sondages de MM. Seares et Van Rhijn aient fait passer le nombre total de ses étoiles de deux milliards à trente-cinq milliards, et que son grand diamètre, d'après les nouvelles mesures, soit de l'ordre de 300 000 années de lumière, il ne contient pas le ciel tout entier. Il n'en est qu'une infime partie puisqu'il est lui-même perdu dans l'immensité, au milieu d'une foule d'univers lointains, aussi peuplés d'astres et aussi vastes, les nébuleuses spirales dont on évalue le nombre à plus d'un million. Et on est encore bien loin de les avoir toutes comptées ! Nos télescopes géants en découvrent tous les jours.

Comme les univers sont séparés entre eux par des distances plus grandes que leur diamètre, comme, depuis des millions de siècles, ils traversent les espaces célestes dans tous les sens, se rapprochant ou s'éloignant les uns des autres avec des vitesses oscillant de 500 à 1 000 kilomètres par seconde, il faut que le ciel soit formidablement étendu pour qu'ils n'aient pas encore rencontré son fond, ses bornes.