

# HISTORY OF SOLAR OBSERVATION

PEDRO RÉ

<http://pedroastrophotography.com/>

## Solar Observation

The roots of solar observations can be traced back to ancient times before the telescope was invented. The study of the Sun had to be based on observation of the solar dynamics visible with the naked eye. The oldest record of a sunspot observation dates to around 800 BC and was made by Chinese astronomers.

The first sunspot drawing (Figure 1) was made in 1128 by the monk John of Worcester in his chronicles. The drawing shows two black circles with a distinguished dark core and a brighter annulus. This early sunspot drawing illustrates the division of the sunspots into umbrae and penumbrae.

The first sunspot observations with telescopes were made by Galileo Galilei (1564–1642) and Thomas Harriot (1560–1621) in 1610, and some months later by Johannes Fabricius (1587–1616) and the Jesuit Christoph Scheiner (1573–1650).

In the second half of the 17<sup>th</sup> century Gustav Spörer (1822–1895), Edward Walter Maunder (1851–1928) and his wife Annie Maunder (1868–1947) discovered that from 1645 to 1715 very few sunspots occurred (this period is now known as the Maunder minimum). The low activity of the Sun coincided with the Little Ice Age with lower than average temperatures and very cold winters in Europe and North America.

In the late 18th century, the physical nature of sunspots was the subject of a big debate. Some authors suggested that sunspots could be cloud-like structures or dense objects in the solar atmosphere. William Herschel (1738–1822) hypothesized that sunspots were holes in the luminous atmosphere showing the cool, underlying solid body.

In 1802 William Wollaston (1766–1828) detected several dark lines crossing the continuous solar spectrum. Joseph von Fraunhofer (1787–1826) rediscovered the dark lines in the solar spectrum and mapped more than 500 spectral lines, later called the Fraunhofer lines. In 1823, John Herschel (1792–1871) was the first to compare the dark absorption lines in the solar spectrum with the bright emission lines in the spectrum of flames. Herschel concluded that lines in the solar spectrum could reveal the chemical composition of the Sun's atmosphere.

The first daguerreotype of the Sun was made in 1845 by Louis Fizeau (1819–1896) and Léon Foucault (1819–1868). Gustav Kirchhoff (1824–1887), David Brewster (1781–1868), Robert Bunsen (1811–1899) and Anders Jonas Ångström (1814–1874) established spectroscopy as a valid scientific field.

In 1843 Heinrich Schwabe (1789–1875) published his 17-year study of the number of sunspots. He was the first to propose a sunspot cycle with a period of ten years, later corrected by Rudolf Wolf (1816–1893) to eleven years.

In 1858, Richard Carrington (1826–1875) and Gustav Spörer both mapped the daily sunspot appearances and discovered that their location and motion vary with latitude and time. They found that the absolute latitudes of sunspot appearance shifted from around 35° to 5° throughout the sunspot cycle. Carrington concluded that Sun rotates differentially, the higher the latitude, the slower the motion.

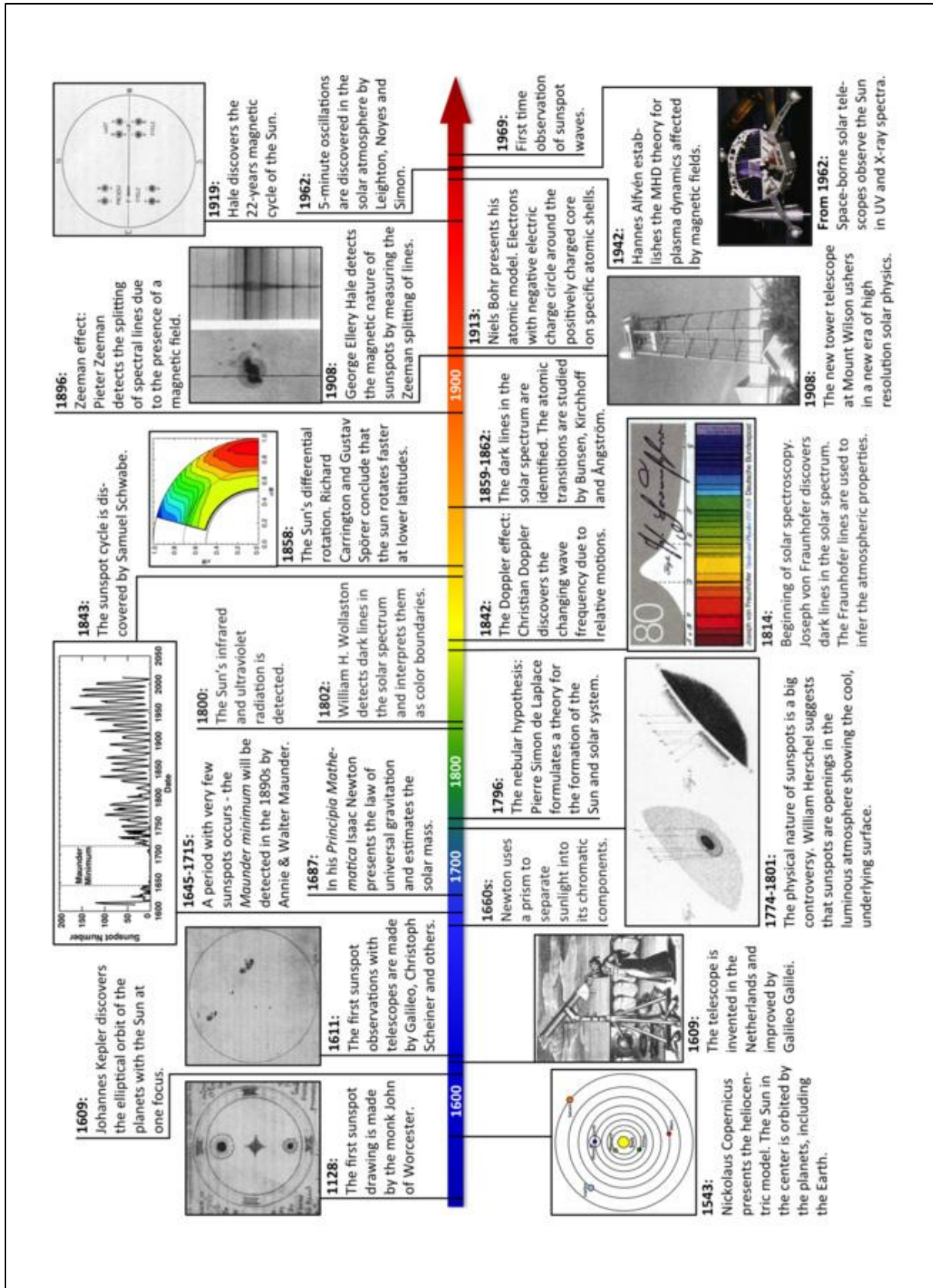


Figure 1- History of solar observation. From Johannes Löhner-Böttcher (2015). Wave phenomena in sunspots. Dissertation Albert-Ludwigs-Universität.

Carrington was also the first to observe a solar flare in 1859 (Figure 2). One year later the first coronal mass ejection was observed for the first time.

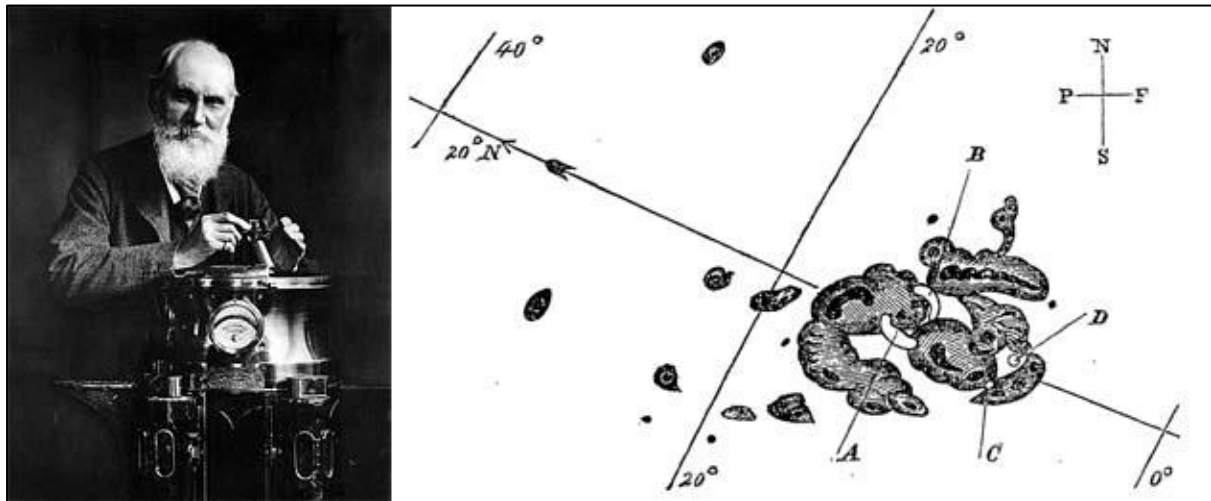


Figure 2- The Carrington Event (Solar Superstorm of 1859). It happened during September 1–2, 1859 and was the largest geomagnetic storm ever recorded.

During the Thursday morning of September 1, 1859, Richard Carrington, an English amateur astronomer was the first to observe a sunspot that would later lead to the monumental eruption. The observations were made with his solar telescope which projected an 11-inch diameter image on to a surface where he would sketch the large group of sunspots.

During his observations he suddenly witnessed two brilliant spots of light forming within the sunspot group which rapidly grew, twice as bright as the sun itself. Within 5 minutes the mega flare had peaked in size and intensity, reduced back to pinpoints of light, and vanished.

Early the following morning, much of the world was witnessing a massive and tremendously bright display of the aurora, *even at latitudes in the tropics!* During the same time, telegraph systems all over Europe and North America failed *while spraying out sparks from telegraph poles and igniting widespread fires.*

The telegraph system was the only high technology of that day, archaic by today's standards, and it was brought down by an invisible force from the sun<sup>1</sup>.

George Ellery Hale (1868-1938) used solar telescopes of his own design to study the solar dynamics in monochromatic light. In 1908 Hale detected the magnetic nature of sunspots by measuring the Zeeman splitting of spectral lines for the first time.

The spectroheliograph was invented independently by George Ellery Hale and Henri-Alexandre Deslandres (1853-1948) in 1890/1891. Robert Reynolds McMath (1891-1962) extended its functionality (1932) to take motion pictures of the Sun. G.H. Hale also invented the spectrohelioscope in 1924-1929.

The principle of both the spectrohelioscope and spectroheliograph was described for the first time by Jules Jansen (1824-1907). Jansen observed for the first time the spectra of solar prominences in full

---

<sup>1</sup> Ken Jorgustin. Solar SuperStorm 1859 'Carrington Event' – In the Blink of an Eye.

sunlight during the total solar eclipse of August 18, 1868. A few months later, Jansen addressed the Paris Academy of Sciences describing its methods.

*“Cette méthode consiste, dans son principe, à isoler dans le champ spectral un des faisceaux lumineux émis par la protubérance, faisceau qui est déficient dans la lumière solaire, et à transformer ensuite les éléments linéaires des images protubérantielles dans les images elles-mêmes, par un mouvement rotatif assez rapide imprimé au spectroscopé”.*

G.H. Hale invented the spectroheliograph very early in his scientific life, according to a letter that he wrote on August 5, 1889<sup>2</sup>:

*“Of scientific work I have accomplished but one thing this summer, and even that did not involve much labor. It is the scheme for photographing the prominences, and after a good deal of thought I can see no reason why it will not work. The idea occurred to me when I was coming home from uptown the other day and it amounts to this. Stop the clock of the equatorial and let the sun transit across the slit, which is placed radial do the limb. Bring H into the field of the observing telescope and replace the eyepiece by a plate-holder held in a suitable frame and drawn by clockwork across the field at the same rate as the sun crosses the slit. As the H line lengthens and shortens – as it will do with the variable height of the prominence, the plate will photograph its varying lengths side by side and thus produce and image of a prominence. That is the idea in the rough, but I have studied it out in detail, and designed a travelling plate holder, which I will have Brashear make. I have also got an arrangement by which all fog is avoided, and I have great hopes that the thing will be a success. It is is, new changes for work of the prominences will be opened, and in this way the changes during short intervals of time can be noted with much greater accuracy than in drawings”.*

The principle of the spectroheliograph is very simple according to Hale’s own words<sup>3</sup>:

*“It’s object is to build up to a photographic plate a picture of the solar flames, by recording side by side images of the bright spectral lines which characterize the luminous gases. In the first place, an image of the sun is formed by a telescope on the slit of the spectroscopé. The light of the sun, after transmission through the spectroscopé, is spread out into a long band of color, crossed by lines representing the various elements. At points where the slit of the spectroscopé happens to intersect a gaseous prominence, the bright lines of hydrogen may be seen extending from the base of the prominence to the outer boundary. If a series of such lines, corresponding to different positions of the slit on the image of the prominence, were registered side by side on a photographic plate, it is obvious that they would give a representation of the form of the prominence itself. To accomplish this result, it is necessary to cause the solar image to move at a uniform rate across the first slit of the spectroscopé, and, with the aid of a second slit (which occupies the place of the ordinary eyepiece of the spectroscopé), to isolate one of the lines, permitting the light from this line, and from no other portion of the spectrum to pass through the second slit to a photographic plate. The principle of this instrument thus lies in photographing the prominence through a narrow slit, from which all light is excluded except that which is characteristic of the prominence itself. It is evidently immaterial whether the solar image and photographic plate are moved with respect to the spectroheliograph slits, or the slits with respect to the fixed solar image and plate”*

---

<sup>2</sup> Wright, H. (1966). Explorer of the Universe. A biography of George Ellery Hale. Clarke, Irwin & Company Limited, Toronto and Vancouver.

<sup>3</sup> Wright, H. (1966). Explorer of the Universe. A biography of George Ellery Hale. Clarke, Irwin & Company Limited, Toronto and Vancouver.

In 1924/1929, Hale invented the spectrohelioscope. According to Hale<sup>4</sup>, this instrument permitted:

*“The visual observation and analysis of the forms and motions of prominences at the sun’s limb and of bright and dark flocculi on the disk”.*

This instrument, described by Hale in 1929<sup>5</sup>, consisting of a horizontal coelostat telescope and a spectrohelioscope, could be used in a wide variety of observations. Two oscillating slits of variable amplitude or a pair of square prisms rotating before the fixed slits were used to give a monochromatic image of a portion of the sun, usually with H-alpha line.

Hale and his collaborators Ferdinand Ellerman (1869–1940), Seth B. Nicholson (1891–1963) and Alfred H. Joy (1882–1973) were the first to find a systematic and periodic behaviour of the sunspot magnetic field, showing that the activity cycle of the magnetic field covers two sunspot cycles and therefore has a period of 22 years.

The first coronagraph was developed by Bernard Lyot (1897–1952). Until then the solar corona could only be seen during total solar eclipses.

## Solar eyepieces and Herschel Wedges

### *Helioscope*

The first Helioscope was described by John Herschel in his book *The Telescope*<sup>6</sup>. This solar telescope was never built.

*The Helioscope – There is yet another species of reflecting telescope to be noticed, the specula of which are made of unsilvered glass, employing only the portions of light reflected at their surfaces. The object of this construction (first proposed by the author of this article in 1847 – Results of Astron. Obs. At the Cape of Hope, P. 436) is to obviate the necessity of employing darkening glasses in viewing the Sun with telescopes of great power, which break by the heat and endanger the eye, besides other inconveniences. It might be imagined that this end would be effected by simply contracting the aperture of any telescope and so shutting out all superfluous rays. But this does not succeed in practice. Perfect distinctness is no attainable in telescopes with very small apertures and high magnifying powers, when directed to the sun, moon, and planets (...). The large speculum (A) of a Newton telescope is a double concave crown or plate-glass lens, the radius of curvature of whose anterior or reflecting surface is twice the proposed focal length. This surface must be worked to a true parabolic figure. The back requires only to be well polished and worked (whether accurately or not is of no moment) to any consequence, provided it be colorless. When the rays are incident on such glass, about 4 1/3 per cent are reflected at the first surface, and convergent towards a focus F. The rest falls on the second surface, and is for the most part transmitted and dispersed out the back of the telescope (which must be open, to permit their escape into the air, so as not to heat the glass and thereby distort its figure). The small percentage reflected internally is dispersed by the joint action of this reflection and the second refraction out into the air, forwards, and so rendered incapable of interfering with the image formed by the first surface. The rays from this are received and partially reflected at 45°, on (BC) the first surface of a crown-glass prism BCD, having a refracting*

---

<sup>4</sup> Hale, G.H. (1929). The spectrohelioscope and its works. Part I. History, instruments, adjustments, and methods of observation. *The Astrophysical Journal*, Volume LXX, number 5: 265-327.

<sup>5</sup> Hale, G.H. (1929). The spectrohelioscope and its works. Part I. History, instruments, adjustments, and methods of observation. *The Astrophysical Journal*, Volume LXX, number 5: 265-327.

<sup>6</sup> Herschel, J. (1861). *The Telescope* (from the Encyclopaedia Britannica). Adan and Charles Black.

angle C (turned towards the eye of not less than 30 or 40 degrees. The intensity of the light finally reflected, then, will be  $0,043 \times 0,050 = 0.00215$ , or about  $1/465^{\text{th}}$  part of the direct illumination; which, being further enfeebled by magnifying, will allow the image to be viewed either without a darkening glass, or with a very feebly colored one, and without the danger of fracture (...). M. Porro, an eminent French artist, has recently constructed an instrument on a principle very similar to this, only that the second reflection, instead of being performed at the incidence of  $45^\circ$ , is performed at the polarizing angle for glass, so that the rays form an image completely polarized in the plan of reflection; and a Nicol prism being placed between the eye and the eye-piece, the light may be enfeebled to any extent we please without the use of any darkening glass.

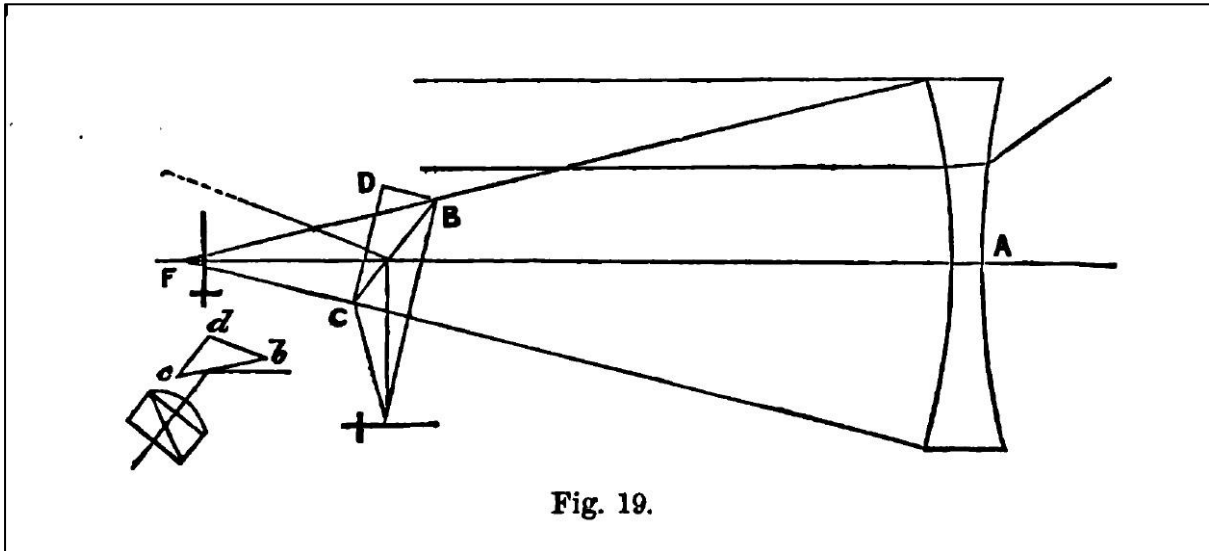


Figure 3- John Herschel Helioscope. Herschel, J. (1861). *The Telescope* (from the Encyclopaedia Britannica). Adan and Charles Black.

### Solar eyepieces

The first solar eyepieces were described by Angelo Secchi in his book "Le Soleil" page 35 (1875)<sup>7</sup>.

### Oculaires hélioscopiques

*La grande intensité de la lumière du Soleil a toujours été la principale difficulté à vaincre dans l'observation des phénomènes qui se passent à la surface de cet astre. L'emploi des verres fortement colorés est un moyen pour les lunettes ordinaires ; mais, dans les grands instruments, ils se brisent ou se fondent avec la plus grande facilité. Pour remédier à cet inconvénient, on a longtemps employé des diaphragmes destinés à réduire l'ouverture de l'objectif ; mais on perdait ainsi une partie des avantages que présentaient les grands instruments, et en même temps on diminuait beaucoup la netteté de l'image. Ce dernier résultat tient à un phénomène de diffraction, qui est d'autant plus sensible que l'ouverture du diaphragme est plus étroite. En effet, lorsqu'on observe une étoile avec une bonne lunette, l'image se réduit à un point ; mais si l'objectif est muni d'un diaphragme, les choses se passent autrement : au lieu d'un point, on aperçoit un petit cercle d'autant plus grand que le diaphragme est plus petit. Dans les observations faites sur le Soleil, chaque point se comportera de la même manière et sera représenté par un cercle d'une certaine étendue ; tous ces cercles empiétant l'un sur l'autre, il en résultera une image plate et confuse, dans laquelle il sera impossible de distinguer les détails.*

<sup>7</sup> Secchi, A. (1875). *Le Soleil*. Première Partie. Gauthier-Villars.



Herschel avait éprouvé ces inconvénients : aussi aimait-il mieux employer des verres fortement colorés, en conservant toute l'ouverture (le son télescope. Il essaya plusieurs autres moyens, et en particulier des liquides diversement colorés, par exemple de l'eau mélangée d'encre ; mais la chaleur produisait dans ces liquides des mouvements tumultueux, et il en résultait en grande confusion dans les images. Son fils, sir John, proposa d'employer un miroir concave fait en verre non étamé ; on obtiendrait ainsi, vu le faible pouvoir réflecteur du verre, une image encore trop vive pour être examinée à l'œil nu, assez faible cependant pour qu'on put l'observer avec un verre coloré, malgré l'ouverture considérable de l'appareil. M. Chacornac a récemment employé ce procédé, avec un télescope non argenté. Foucault, au contraire, a proposé d'argenter la surface antérieure des objectifs de lunettes, et de regarder le Soleil à travers cette mince couche de métal. On assure que les images sont très-belles et très-agréables à l'œil : on serait ainsi arrivé à une idée semblable à celle de Scheiner, qui proposait de faire une lunette avec des verres colorés ; mais ces différents procédés exigent un instrument spécialement destiné au Soleil, et peu d'astronomes se décideront sans doute à sacrifier leur meilleur objectif. De plus, ils ont l'inconvénient de transmettre toujours à l'œil de l'observateur la même quantité de lumière : en pratique, il est utile qu'on puisse faire varier l'intensité lumineuse afin de mieux étudier les détails. Il était donc important de trouver un moyen qu'on put adapter facilement à tous les instruments. L'astronome anglais Dawes proposa de mettre le diaphragme, non à l'objectif, mais à l'oculaire ; pour cela, il recevait l'image sur une plaque d'ivoire doublée de métal, et regardait par un trou très-petit. J'ai souvent employé à cet usage une simple carte de visite recouverte de céruse et percée d'un trou d'épingle ; loin de brûler, elle ne se noircit même pas, malgré la grande quantité de chaleur qui se concentre au foyer d'un large objectif. Le seul inconvénient, c'est que le champ de vision devient très-étroit. Cet inconvénient n'est pourtant pas sans quelques compensations, car, la plus grande partie du disque étant cachée, l'œil est bien plus à son aise pour étudier les détails. Cependant, même avec de petits diaphragmes, il faut toujours employer un verre coloré. Les meilleurs sont ceux qu'on appelle des verres gradués, formés de deux pièces taillées en forme de coin : lune est blanche, l'autre bleue ; on les superpose simplement, car toutes les substances qui pourraient servir à les coller se gonflent par la chaleur et forment des bulles. En mettant ce verre gradué (Fig. 10) dans une monture qui glisse devant l'oculaire, on peut régler à volonté l'intensité de la lumière, ce qui présente de grands avantages. Un excellent moyen a été proposé par sir John Herschel. Il consiste à employer la lumière réfléchie. On a essayé de produire cette réflexion à la surface d'une lame de verre très-fortement colorée ; on évitait ainsi la réflexion sur la seconde face, et par conséquent on écartait une cause de trouble dans la formation de l'image mais alors les rayons qui ne sont pas réfléchis sont absorbés ; le verre s'échauffe, se déforme et finit par se briser. Herschel a évité tous ces inconvénients en adoptant la disposition suivante : un prisme rectangulaire de cristal disposé de manière que le rayon incident  $OI$  (Fig 11) vienne se réfléchir sur son hypoténuse ; les rayons qui pénètrent dans le cristal sortent perpendiculairement à la seconde face, suivant la direction  $It$  et l'on évite ainsi les réflexions intérieures qui seraient gênantes. Le prisme est fixé dans une monture à claire-voie (Fig 12) afin d'éviter l'élévation de température. Par cette disposition, l'appareil s'échauffe très-peu et la lumière est tellement affaiblie, qu'on peut se contenter d'un verre faiblement coloré.

### **Oculaires polariscopiques**

Cependant le verre coloré subsiste toujours et empêche de voir le Soleil d avec sa teinte véritable. Cet inconvénient disparaît dans l'oculaire polariseur imaginé par le P. Calvaleri de Monza. Nous nous servons d'un de ces hélioscopes construits à Milan par MM. Longoni et dell' Aqua. La lumière est d'abord reçue sur un prisme  $PP'$  semblable à celui d'Herschel (Fig. 13), seulement l'incidence a lieu sous l'angle de 36 degrés, sous lequel le verre polarise la lumière. De là les rayons viennent tomber sur un miroir de verre noir  $AB$ , parallèle au prisme : cette incidence a donc encore lieu sous l'angle de 36 degrés. Enfin la lumière vient subir une dernière réflexion en  $CD$ , toujours suivant l'angle de polarisation. Le prisme et le premier miroir sont fixés dans une position invariable l'un par rapport à

*l'autre ; mais le miroir CD est monté dans un tube qui tourne librement autour du rayon réfléchi ; de sorte qu'on peut amener le plan de réflexion de ce dernier miroir à faire un angle quelconque avec le plan de la réflexion précédente, c'est-à-dire avec le plan de polarisation. Si l'on dispose l'appareil de manière que cet angle soit droit, on affaiblit la lumière au point que l'œil peut la supporter sans inconvénient, même à l'époque où le Soleil est à sa plus grande hauteur. La lumière n'y disparaît pas complètement, mais ce serait inutile. La Fig. 14 représente cet oculaire réduit à un quart de sa grandeur naturelle. M. Merz nous a envoyé un oculaire construit d'après les mêmes principes (Fig. 15), dans lequel l'extinction de la lumière est complète, grâce à un quatrième réflecteur. Les surfaces sont parfaitement planes, mais le prisme est remplacé par un verre coloré, ce qui fait craindre que la chaleur ne le brise. Cette disposition a d'ailleurs un grand avantage, c'est que le rayon sort parallèlement à l'axe de la lunette, ce qui est impossible dans l'autre système. Ces appareils présentent cependant un inconvénient : la course du porte-oculaire est quelquefois insuffisante, parce que la longueur du tube mobile est tout entière employée à produire ces trois ou quatre réflexions. Le P. Cavalleri, pour remédiera cet inconvénient, a placé en avant du prisme une lentille légèrement concave qui augmente la distance focale de l'objectif de la quantité dont elle se trouve diminuée par les zigzags que décrivent les rayons. Ces hélioscopes sont assez coûteux, mais ils présentent bien lies avantages, et en particulier celui de pouvoir modérer à son gré l'intensité de la lumière. Cependant, malgré toutes les précautions qu'on prend pour garantir la vue des observateurs, et obtenir de bonnes images, il subsiste un inconvénient qu'on ne saurait éviter, c'est réchauffement des objectifs et celui de la masse d'air contenue dans les tubes. Il en résulte des irrégularités très-sensibles dans les réfractions : aussi au bout de quelques minutes les images ne présentent plus la même netteté, et l'on est obligé d'interrompre l'observation pendant quelque temps pour que la température puisse s'abaisser. M. Nasmyth a proposé d'employer des lunettes sans tubes, comme celles de Huygens. Ce procédé pourrait réussir pour les grands réflecteurs ; pour les réfracteurs, on pourrait adopter des tubes à claire-voie : l'air circulant librement s'échaufferait beaucoup moins. Nous recommandons aux observateurs d'éviter les verres rouges et les noirs ; ils laissent passer beaucoup de chaleur, et leur couleur est fatigante pour l'organe de la vue. Les meilleures teintes sont les vertes, les jaunes, les bleues et celles qu'on appelle neutres.*

Fig. 10.





Fig. 11.

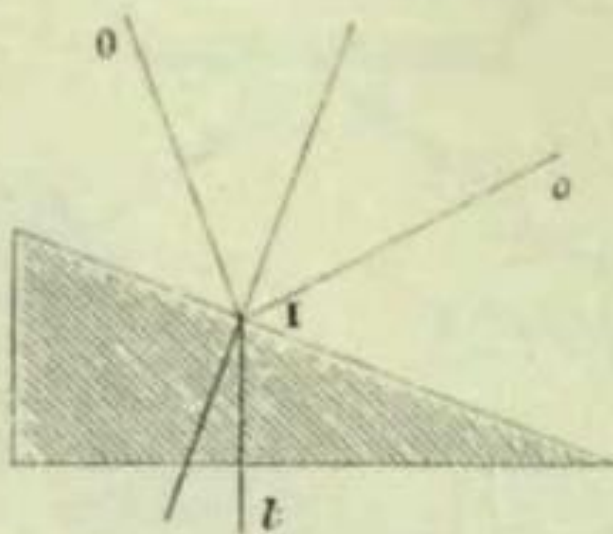


Fig. 12.



Fig. 13.

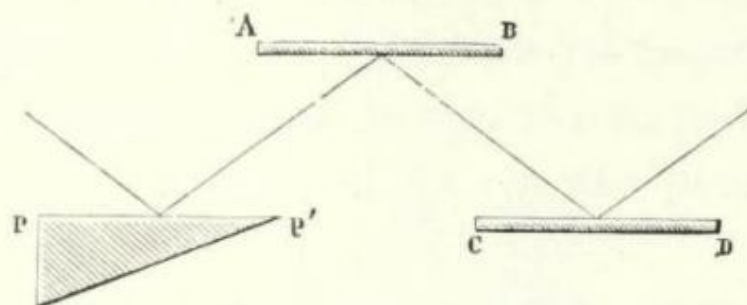


Fig. 14

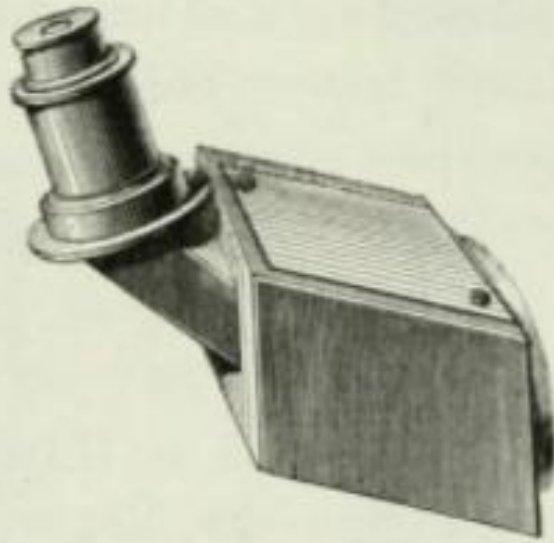


Fig. 15

