

HISTÓRIA DA ASTROFOTOGRAFIA: IMAGENS QUE MUDARAM A HISTÓRIA DA ASTRONOMIA

PEDRO RÉ

<http://www.astrosurf.com/re>

PRIMEIRAS FOTOGRAFIAS LUNARES

A primeira imagem fotográfica do nosso satélite é atribuída a Loius Jacques Mandé Daguerre (1787-1851) inventor do daguerreótipo¹. L. Daguerre obteve em 1839 uma imagem da Lua que, apesar do longo tempo de exposição, apenas revelou uma mancha difusa. Em 23 de Março de 1840, John William Draper (1811-1882) obtém no seu observatório de Nova York, com vinte minutos de exposição, um daguerreótipo da Lua. Nas semanas seguintes regista diversas imagens da Lua com 2,5 e 3 cm de diâmetro e trinta minutos de exposição, recorrendo ao uso de um telescópio reflector com 13 cm de abertura. Infelizmente estes daguerreótipos não foram conservados até aos nossos dias. A fraca sensibilidade das placas, aliada à luminosidade reduzida da Lua, implicavam o uso de mecanismos de relojoaria sofisticados, que Draper não possuía.

O observatório de Harvard, entre os anos de 1849 e 1851, realiza uma série de fotografias da Lua sob a direcção de John William Whipple (1822-1891) e William Cranch Bond (1789-1859) (Figura 1).

A partir de 1852, encorajado pelo exemplo de Whipple e Bond, o astrónomo amador inglês Warren de La Rue (1815-1889) obtém numerosas fotografias da Lua granjeando uma enorme reputação no meio científico da época. Em 1855 publica em Nova York um conjunto de fotografias de diversas fases da Lua intitulado "*A Series of Twelve Photographs of the Moon*". Após ter sido nomeado membro da Academia Real de Londres e da Academia de Ciências de Paris, W. De La Rue é enviado a Espanha para fotografar o eclipse total do Sol que ocorreu em 1860².

Lewis Morris Rutherfurd (1816-1892), astrónomo amador americano, realiza a partir de 1856 numerosas fotografias da Lua com elevada qualidade (Figura 2). Estes primeiros trabalhos fotográficos são difundidos pelos Estados Unidos da América e pela Europa fora do meio científico: "carte de visite", ampliações e portfolios bem como estereoscopias (Figura 3) (a partir de 1858)³.

François Arago (1786-1853), director do observatório de Paris e secretário da Academia das Ciências foi um dos primeiros astrónomos a compreender que a fotografia astronómica seria adoptada rapidamente por todos os observatórios. Na sessão da Academia das Ciências de 9 de Janeiro de 1839 e mais tarde em 3 de Julho do mesmo ano, diante da câmara de deputados, refere:

¹ O processo do daguerreótipo foi introduzido em 1839 por L. Daguerre na continuação dos trabalhos que levou a cabo em colaboração com Nicéphore Niépce (1765-1836). O daguerreótipo consiste numa placa de cobre revestida por uma camada de prata que é tornada sensível à luz pelo contacto com vapores de iodo. A imagem é revelada com vapores de mercúrio. Conforme a incidência da luz na placa, a imagem surge negativa ou positiva.

² Warren De la Rue e Angelo Secchi fotografam pela primeira vez as proeminências e a coroa solar durante o eclipse de 18 de Julho de 1860 em Espanha. Estas imagens registaram claramente a coroa solar e as proeminências provando que estas eram de origem solar e não lunar como se pensava na época.

³ As estereoscopias correspondem a duas fotografias do mesmo objecto. Representam o objecto como o observador o veria olhando alternadamente com o olho direito e com o esquerdo. Colocadas num visor estereoscópico, reúnem-se sobre a retina numa única imagem, dando uma sensação de relevo e de profundidade.

“(…) La photographie est posée comme un instrument d’avenir dans les deux principales branches de l’astronomie, de domaine de l’observation et celui du calcul; non seulement il est permis d’espérer qu’on pourra faire des cartes photographiques de notre satellite afin d’executer en quelques secondes (…) un des travaux plus longs, les plus minitieux, les plus délicats de l’astronomie”.



Figura 1- Daguerreótipo da Lua obtido em 26 de Fevereiro de 1852 por John William Whipple. Observatório de Harvard.

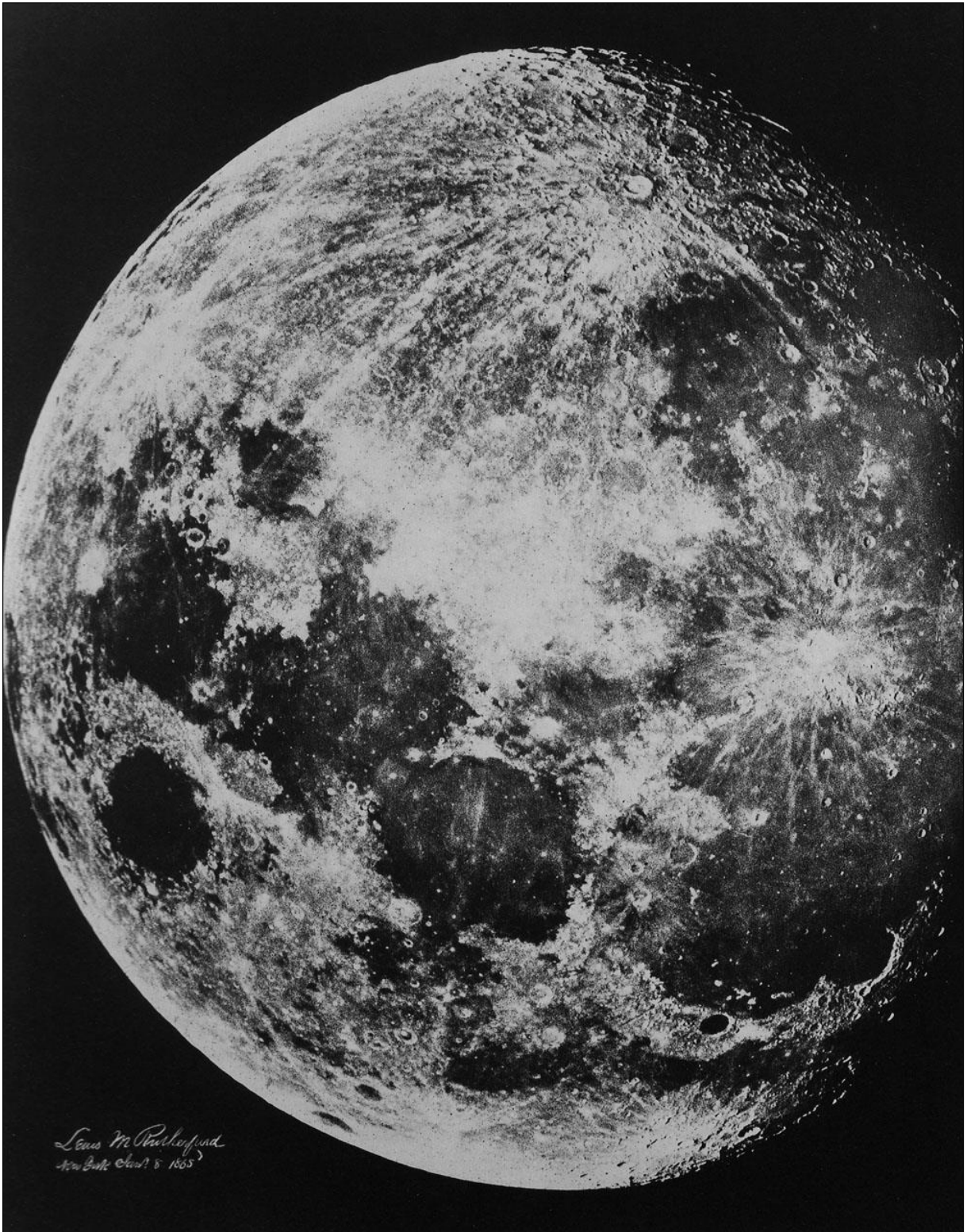


Figura 2- Fotografia da Lua obtida por Lewis Morris Rutherford em 1865. Prova em papel albuminado obtida a partir de um negativo em vidro (Colódio húmido).

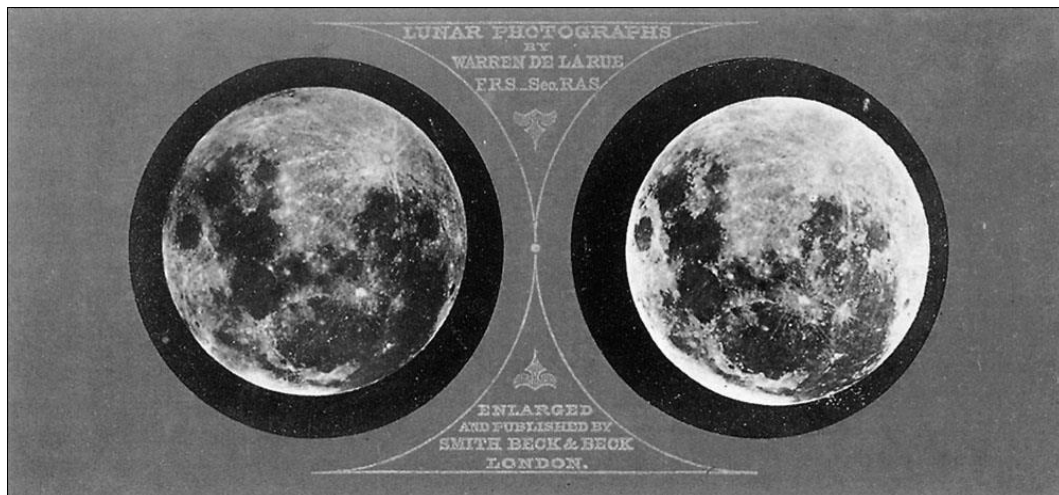


Figura 3- Vista estereoscópica da Lua. Warren de La Rue, 1869. Provas sobre papel albuminado.

Sublinha ainda:

“Le physicien pourra procéder, désormais, par voies d’intensité absolues: il comparera les lumières par leurs effets. S’il y trouve de l’utilité, le même tableau lui donnera les empreintes des rayons du Soleil, des rayons trois cent mille fois plus faibles de la Lune, des rayons des étoiles”.

O observatório de Lick (Mount Hamilton) sob a direcção de Edward Singleton Holden (1846-1914) inicia a publicação de um atlas lunar em 1896 tendo como base fotografias obtidas com a luneta de 91 cm de abertura. A fraca qualidade das imagens obtidas por Holden fez com que este projecto fosse abandonado.

William Pickering (1858-1938) publica em 1903 um Atlas (*Photographic Atlas of the Moon*) que continha diversas reproduções, permitindo o estudo do relevo lunar em cinco fases distintas de iluminação. Tratava-se de um atlas popular com imagens de fraca qualidade.

Em França, o observatório de Paris realiza numerosas fotografias lunares entre os anos de 1894 e 1909. Menos de 60 anos após o discurso de F. Arago perante a Academia, Moritz Loewy (1833-1907) e Pierre-Henri Puiseux (1855-1928), assistidos por Charles Le Morvan, iniciam um extenso trabalho fotográfico (ca. 14 anos) que culminará no primeiro Atlas fotográfico do nosso satélite. Este Atlas foi utilizado até 1960, ano em que as imagens obtidas por sondas espaciais o tornam obsoleto.

Os dois astrónomos franceses obtêm cerca de 6000 fotografias repartidas por cerca de 500 noites de observação. Uma grande parte destas fotografias são destruídas por não terem a qualidade necessária para a realização do Atlas. Actualmente são conservadas na biblioteca do observatório de Paris cerca de 2000 chapas de vidro (gelatinobrometos) com 18x24 cm (Figura 4, Figura 5).

O instrumento utilizado foi a grande equatorial coudé do observatório de Paris. Este telescópio foi construído em 1891 e pesava cerca de 16 toneladas. Graças a um sistema de espelhos, o observador podia permanecer imóvel junto à ocular. A luneta tinha uma objectiva com 60 cm de abertura e uma distância focal de 18 m (F/30). Além de uma objectiva visual a luneta possuía também uma objectiva fotográfica, ambas construídas nas oficinas do observatório de Paris por M.M. Henry. A montagem equatorial foi construída pela “Maison Gauthier” (Figura 6). Alguns observatórios em França instalaram lunetas coudé idênticas: Lyon (1887), Alger et Besançon (1890) e Nice (1892).

Uma particularidade interessante desta luneta era ao facto de se poder adaptar facilmente no plano focal um chassis fotográfico (Figura 6). Este chassis podia movimentar-se por intermédio de um mecanismo de relojoaria que permitia efectuar correcções durante as exposições (sobretudo em Declinação).

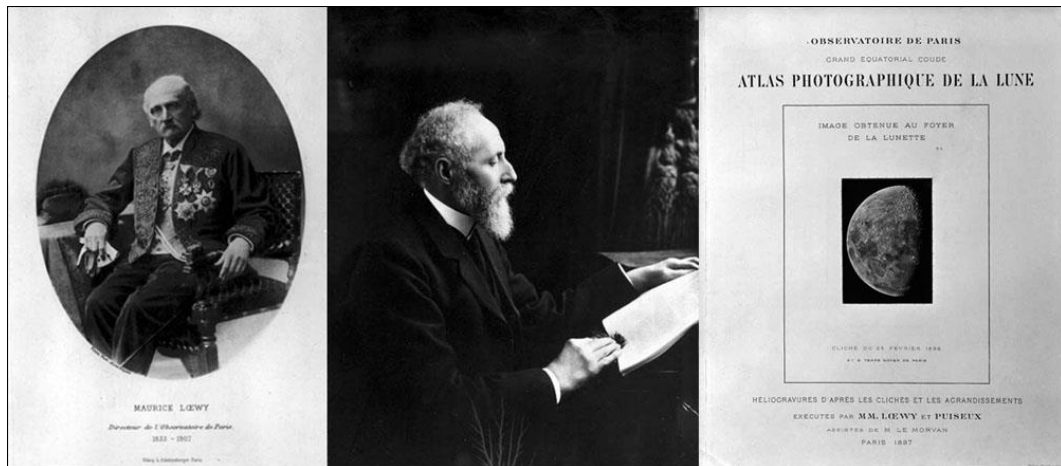


Figura 4- Moritz Loewy (1833-1907) (esquerda) e Pierre-Henri Puitsieux (1855-1928) (centro). *Atlas photographique de la lune, héliogravures*, Paris, 1896-1910, Collections de l'Observatoire de Paris (direita).

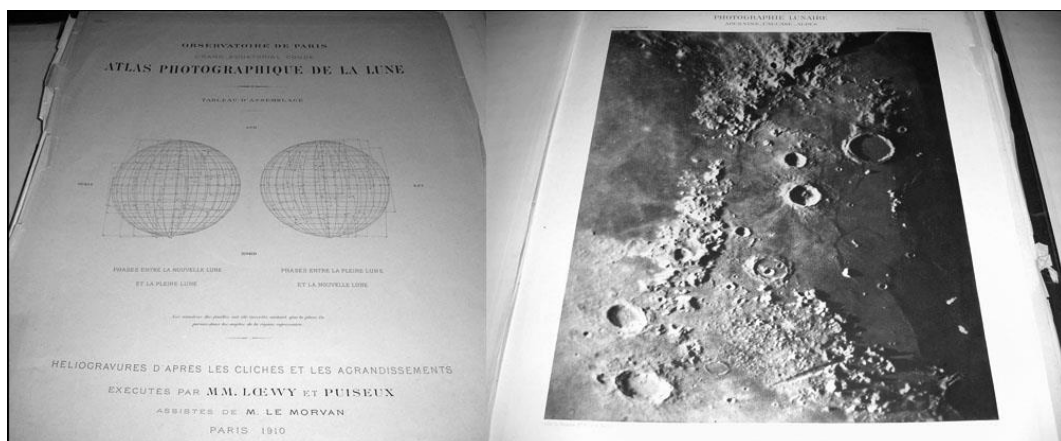


Figura 5- *Atlas photographique de la lune, héliogravures*, Paris, 1896-1910. Exemplar existente na biblioteca do Observatório Astronómico de Lisboa (OAL).

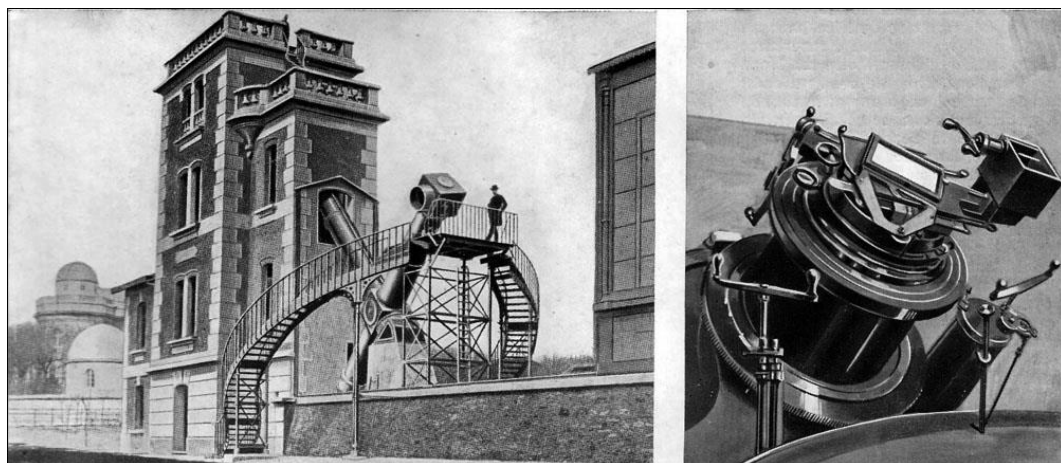


Figura 6- Equatorial coude do observatório de Paris: aspecto geral (esquerda); chassis fotográfico (direita).

PRIMEIRAS FOTOGRAFIAS ESTELARES E SOLARES

A primeira imagem fotográfica (daguerreótipo) de uma estrela foi obtida na noite de 16 de Julho de 1850. John Adams Whipple (1822-1891) que se encontrava a trabalhar sob a orientação de William Cranch Bond realizou este primeiro daguerreótipo da estrela Vega com o auxílio do telescópio refractor de 38 cm de abertura do Observatório de Harvard (Figura 7, Figura 8).

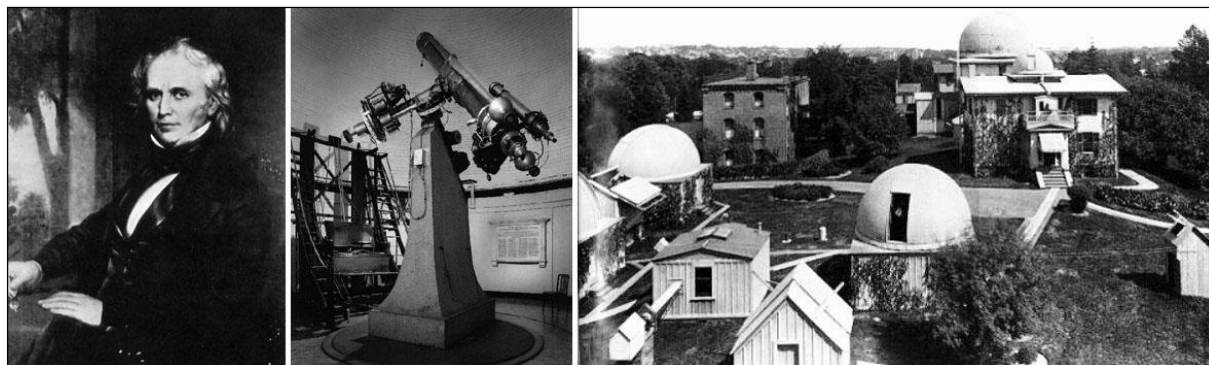


Figura 7- William Cranch Bond (1789-1859), telescópio refractor de 38 cm de abertura e Observatório de Harvard (ca 1900).

Para obter esta imagem foi necessário efectuar uma exposição de 100 s. Com a tecnologia existente na época as estrelas de 1ª magnitude necessitavam de tempos de exposição superiores a 60 s e as estrelas de 2ª magnitude por vezes não eram registadas com sucesso. Nestas primeiras tentativas ficou patente que o mecanismo de relojoaria utilizado na guiagem do refractor era adequado para observações visuais, mas revelava-se insuficientemente preciso para a realização de exposições longas.

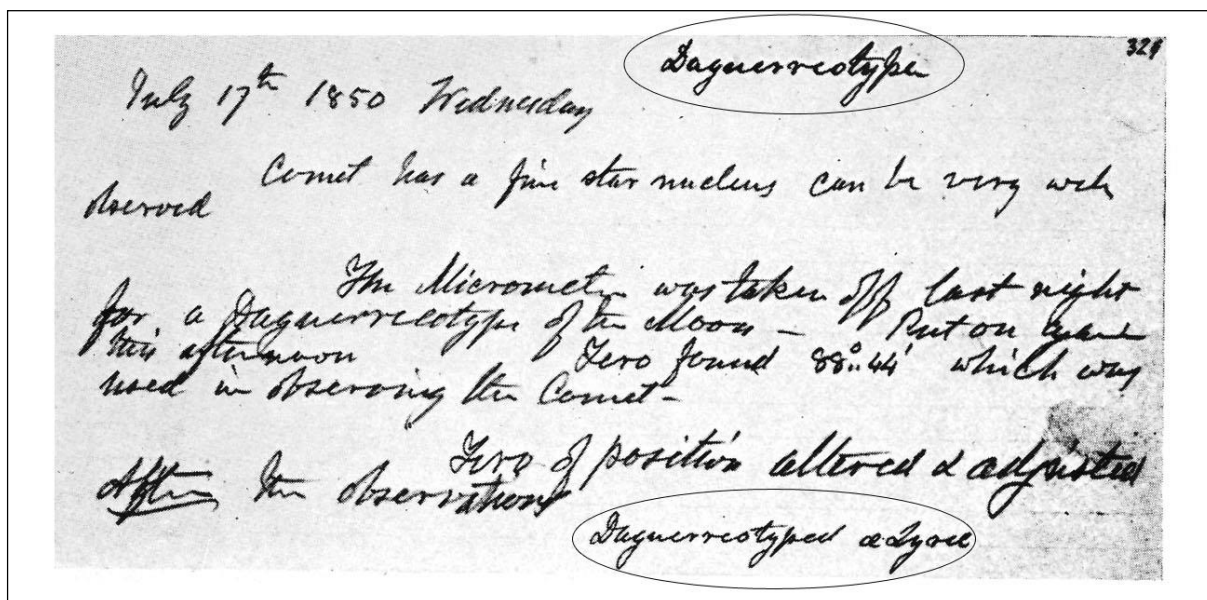


Figura 8- Registo do primeiro daguerriótipo da estrela Vega (α Lyrae), 16 de Julho de 1850.

Entre 1842 e 1845 foram obtidos diversos daguerreótipos do Sol. O elevado brilho intrínseco do Sol permitia ultrapassar a baixa sensibilidade das chapas utilizadas. Em algumas destas primeiras imagens astronómicas era possível observar o obscurecimento do limbo solar bem como manchas solares de

maiores dimensões. As primeiras tentativas para fotografar um eclipse solar datam de 1842. Foi possível registrar as fases parciais do eclipse mas não a fase de totalidade⁴.

John Herschel (1792-1871) propôs pela primeira vez a realização de observações fotográficas do Sol. Com este objectivo a Royal Society de Londres construiu e instalou um foteheliógrafo no observatório de Kew. Este instrumento idealizado por Warren de la Rue tinha uma abertura de 89 mm e projectava, com o auxílio de uma ocular, uma imagem do Sol com 100 mm de diâmetro. Utilizando este instrumento, o Sol foi fotografado diariamente entre os anos de 1858 e 1872 (Figura 9).

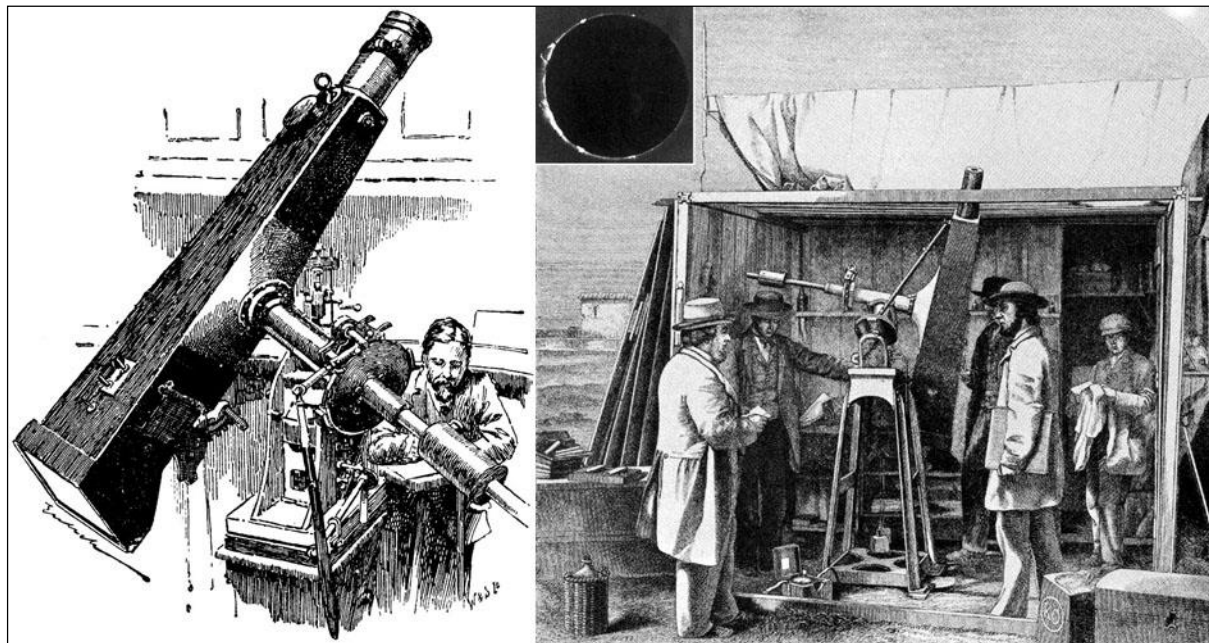


Figura 9- Warren De la Rue e o foteheliógrafo de Kew (esquerda). Observação do eclipse total do Sol visível em Espanha, em 18 de Julho de 1860 (direita). Primeira imagem fotográfica da coroa solar e proeminências obtida durante o eclipse.

Os registos fotográficos dos trânsitos de Vénus que ocorreram em 1874 e 1882 foram a primeira tentativa de se detectar a paralaxe solar e consequentemente determinar a distância da Terra ao Sol (unidade astronómica). Inúmeras equipas de astrónomos espalhadas por diversos locais do globo observaram e registaram o fenómeno utilizando técnicas diversas (daguerreótipos, placas húmidas e placas secas). De um modo geral, os resultados obtidos não foram satisfatórios devido, sobretudo à dificuldade em cronometrar com rigor os diversos contactos com o disco solar (efeito de “gota” provocado pela atmosfera do planeta) (Figura 10).

⁴ As primeiras imagens fotográficas (daguerreótipos) de um eclipse solar total foram obtidas por Berkowski em Königsbert (28 de Julho de 1851). Em 1860 Warren de la Rue e Angelo Secchi fotografam as proeminências e a coroa solar durante o eclipse de 18 de Julho de 1860 em Espanha. Estas imagens registaram claramente a coroa solar e as proeminências ou protuberâncias provando que estas eram de origem solar e não lunar como se pensava na época.

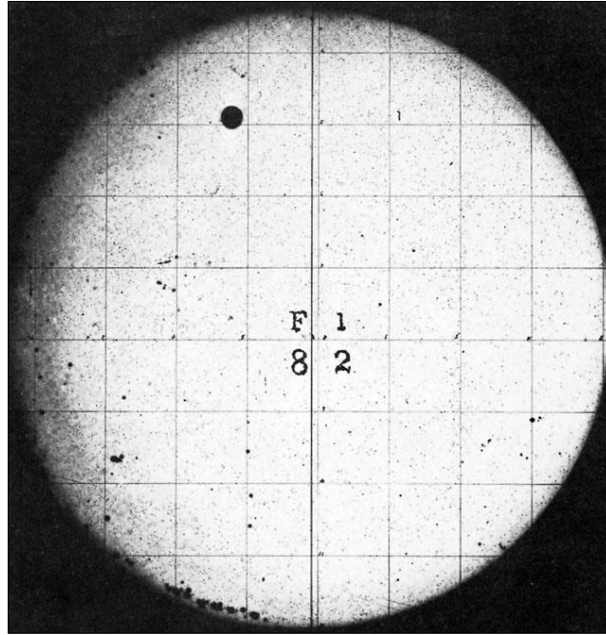


Figura 10- Fotografia do Trânsito de Vénus de 1874 (local desconhecido).

De acordo com os registos (relatórios anuais) efectuados pelo director do observatório de Harvard (W.C. Bond) as primeiras tentativas para registar fotograficamente a superfície solar foram efectuadas em 1848. Nesse relatório pode ler-se:

“The physical condition of the sun’s disc has been attended to whenever the state of the atmosphere has admitted of distinct delineation. Some experiments made with the Daguerreotype and Talbotype processes, for the purpose of obtaining impressions from the image formed by the telescope, have not been attended with complete success. The application of these processes to astronomical purposes is met by a serious difficulty in the variable refraction of the atmosphere. However, we do not despair of ultimate success, when our time and means are adequate to the requisite expenditure”

O registo seguinte data de 1850:

“The smaller equatorial has occasionally been used for Daguerreotype experiments; and it will answer a most valuable purpose when placed, as it is intended, in the dome of the new building, where, in connection with the comet-searcher, and the requisite apparatus for photographic operations, it can be used more efficiently than in its present situation”.

No mesmo relatório é referida pela primeira vez a fotografia estelar com o auxílio do refractor de 38 cm:

“With the assistance of Mr Whipple, daguerreotypist, we have obtained several impressions of the star Vega (α Lyrae). We have reason to believe this to be the first successful experiment of the kind ever made, either in this country or abroad. From the facility with which these were executed, with the aid of our great equatorial, we were encouraged to hope that the way is opening for further progress. If it should prove successful when applied to stars of less brilliancy than α Lyrae, so as to give us correct pictures of double and multiple stars, the advantages would be incalculable”.

Durante o ano de 1852, Whipple realizou numerosos daguerreótipos da Lua, estrelas e enxames estelares. O seguimento deficiente (movimento sideral) e a baixa sensibilidade das chapas dificultaram

seriamente estas primeiras experiências. Após 1852 não são feitas quaisquer referências a registros fotográficos realizados com o refractor de 38 cm.

Com a introdução das chapas húmidas, G. P. Bond retomou, no início de 1857, as tentativas de obter imagens estelares de boa qualidade. Conseguiu, utilizando o referido refractor munido de um novo mecanismo de relojoaria, obter imagens da estrela dupla Mizar (ζ UMa) e Alcor (80 UMa) com uma exposição de 80 s. Bond refere pela primeira vez que o processo fotográfico permitia determinar com rigor a posição relativa das estrelas (astrometria). Notou igualmente que a dimensão da imagem registada era directamente proporcional à magnitude da estrela (fotometria estelar) (Figura 11).



Figura 11- Imagens da estrela Mizar e Alcor. Colódio húmido obtido em 8 de Maio de 1857 com o refractor de 38 cm do observatório de Harvard.

G.P. Bond mediu o ângulo de posição e a separação desta estrela dupla tendo obtido resultados consistentes e de grande qualidade. Estes primeiros resultados foram publicados na revista *Astronomische Nachrichten* em 1858 e 1859. Durante o ano de 1860 e de acordo com os registros do observatório, foram obtidos cerca de 70 daguerreótipos e 200 a 300 colódios húmidos da Lua, estrelas e planetas. Foi somente após o aparecimento das chapas secas que a fotografia astronómica foi retomada de um modo sistemático no observatório de Harvard pelos irmãos E.C. Pickering (1846-1919) e W.H. Pickering (1858-1939). O observatório iniciou em 1882 um programa de investigação que conduziu à obtenção de uma das maiores e mais bem conservadas colecções de astrofotografias que contabiliza cerca de 500 000 imagens obtidas entre os anos de 1882 e 1989.

PRIMEIRAS FOTOGRAFIAS DE UMA NEBULOSA

A primeira fotografia de uma nebulosa foi obtida por Henry Draper (1837-1882) em 30 de Setembro de 1880, cerca de 30 anos depois do primeiro daguerreótipo de uma estrela.

Henry Draper, com apenas 13 anos de idade, ajudou o seu pai (John William Draper, 811-1882) em inúmeros trabalhos fotográficos, nomeadamente na realização de daguerreótipos de imagens microscópicas (1850). Com 17 anos ingressa na Universidade onde estuda medicina. Em 1857 escreve uma tese profusamente ilustrada com daguerreótipos obtidos com o auxílio de um microscópio. Após ter completado a sua tese, Draper com apenas 20 anos, viaja pela Europa e visita o Levantã de

Parsonstown. Foi durante esta deslocação que Henry Draper começa a demonstrar um elevado interesse pelas aplicações fotográficas em astronomia.

A maioria dos astrónomos contemporâneos de Draper não eram tão entusiásticos relativamente às aplicações fotográficas em astronomia. Agnes Clerke, célebre historiadora da astronomia no século XIX escreve em 1885⁵ a propósito das imagens fotográficas obtidas por Bond:

“...slight encouragement was derived from them, either to himself or others”.

Henry Draper constrói um observatório astronómico em Hastings-on-Hudson equipado com um refractor de 11” (28 cm) e um reflector de 28” (71 cm) montados na mesma equatorial fotográfica. Publicou em 1864 uma extensa monografia sobre a construção de um telescópio reflector de 15,5” (39 cm) que constituiu uma referência essencial para todos os construtores de telescópios da época⁶ (Figura 12).

O trânsito de Vénus ocorrido em 1874 constituiu uma excelente oportunidade para se usarem algumas técnicas fotográficas no registo preciso deste importante acontecimento astronómico. Draper, era neste período, professor de fisiologia e director da Faculdade de Medicina de Nova Iorque tendo adquirido uma enorme experiência no registo fotográfico de diversos objectos celestes (Lua sobretudo) bem como no registo de espectros do Sol e das principais estrelas. Por este motivo, foi nomeado responsável pela secção fotográfica da equipa americana destacada para observar o trânsito de Vénus. Apesar dos resultados obtidos não terem sido totalmente satisfatórios, Draper recebeu uma medalha de ouro atribuída pelo Congresso Americano pelo trabalho desenvolvido na preparação das observações fotográficas.

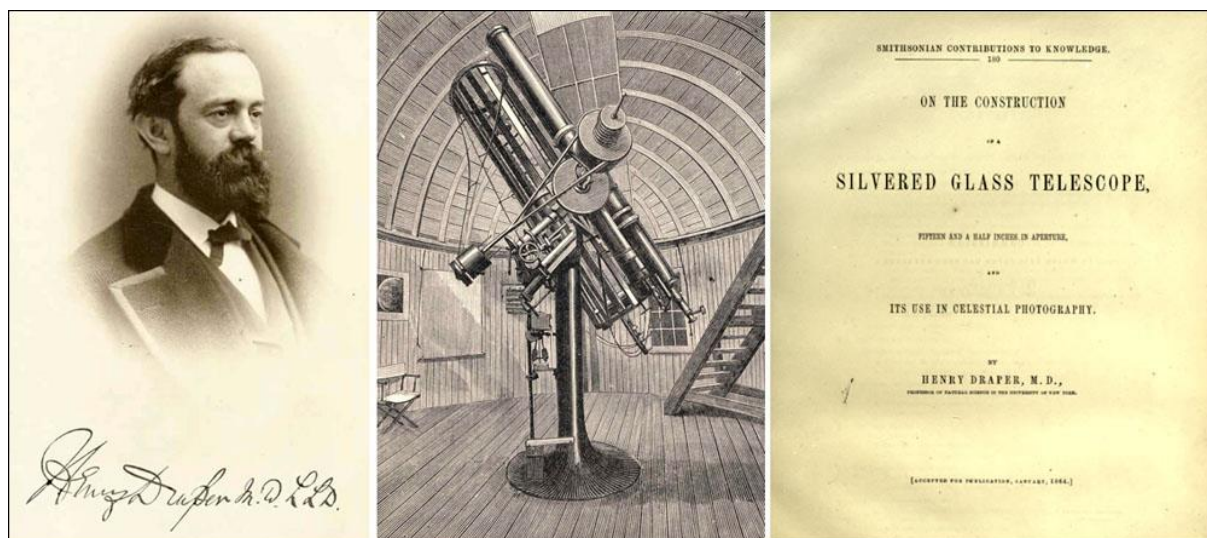


Figura 12- Henry Draper (esquerda), observatório (centro) e monografia sobre a construção de telescópios reflectores (direita).

Após o trânsito de Vénus, a grande maioria das fotografias astronómicas foram realizadas sobretudo por astrónomos amadores⁷. É exactamente neste período que Draper realiza as primeiras imagens de

⁵ Clerke, A. (1885). *History of Astronomy in the Nineteenth Century*. A. & C. Black, London.

⁶ Draper, H. (1864). On the construction of a silvered glass telescope, fifteen and a half inches in aperture, and its use in celestial photography. *Smithsonian Contributions to Knowledge*.

⁷ Lankford, J. (1984). The impact of photography on astronomy. In *The general history of astronomy, Vol. 4- Astrophysics and twentieth-century astronomy to 1950: Part A*.

uma nebulosa. A utilização do colódio húmido impedia a realização de exposições longas uma vez que as placas secavam rapidamente. Draper visita William Huggins no seu observatório situado na periferia de Londres e utiliza pela primeira vez placas de gelatino-brometo de placa que tinham a vantagem de serem secas e mais sensíveis relativamente ao colódio húmido. Com o auxílio destas placas, Draper pode levar a cabo pela primeira vez as longas exposições necessárias para registar de um modo satisfatório imagens de nebulosas.

Realiza assim a primeira fotografia da nebulosa de Orion (M 42) em 30 de Setembro de 1880. Escreve uma breve comunicação que envia para o *American Journal of Science*, onde refere muito poucos dados sobre esta primeira imagem. Draper usou o telescópio refractor de 11" e uma exposição de 50 min. Nesta mesma nota refere a sua intenção de:

"(...) at an early date to publish a detailed description of the negative".

Apesar disso, Draper resolve publicar unicamente a imagem e não uma descrição técnica da mesma. As imagens foram impressas em cartão (dimensão aproximada da 15x15 cm) com a seguinte descrição:

"First photograph of a nebula in Orion. Taken by Professor Henry Draper M.D." (Figura 13).

Draper nunca mencionou que tipo de emulsão (gelatino-brometo de prata) usou para obter esta primeira imagem apesar de ter referido várias vezes a elevada qualidade das chapas disponibilizadas pela firma Wratten & Wainwright.

O facto de Draper nunca ter descrito de um modo pormenorizado esta primeira imagem pode estar relacionada com o facto de ter obtido pouco tempo depois uma imagem de melhor qualidade da mesma nebulosa com uma exposição de 104 min. Em Março de 1882, Draper efectua uma nova exposição da nebulosa desta vez com 137 min, que revela ainda mais pormenores. Esta imagem foi reproduzida (fotolitografia) por Edward Singleton Holden no final da sua importante monografia sobre a nebulosa de Orion⁸.

A propósito destas imagens Draper escreve a Holden referindo:

"The exposure of the Orion nebula required was 51 minutes; what do you think of that as a test of my driving clock?"

⁸Holden, E.S. (1882). Monograph of the Central parts of the Nebula of Orion. Washington Astronomical Observations for 1878 Appendix I.

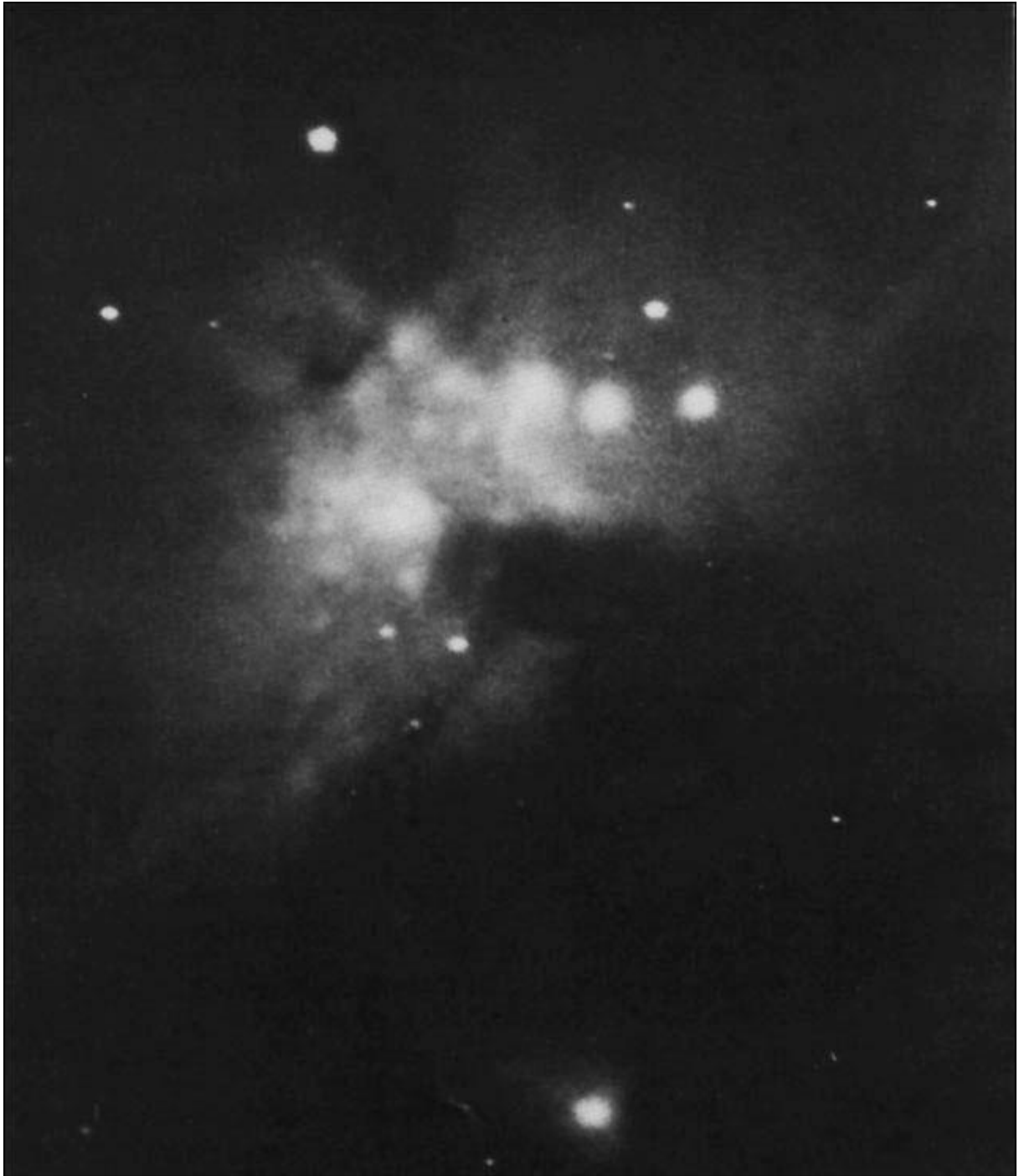


Figura 13- Primeira fotografia de uma nebulosa (M 42) obtida por Henry Draper em 30 de Setembro de 1880.

A exposição de 137 min (Figura 14) é descrita numa adenda à monografia de Holden:

“ADDENDUM. PHOTOGRAPHIC RESULTS OF DR. HENRY DRAPER. The first photograph of the nebula of Orion was made by Dr. HENRY DRAPER in September, 1880, and the unavoidable delay which has occurred in printing- the present memoir enables me to include an account of the astonishing results which he has attained. A wood-cut which I had prepared from his first photograph was found to be so unsatisfactory that Dr. DRAPER most generously offered to supply the necessary photolithographic reproductions of his last negative (taken March 14, 1882) to accompany the brief account I had

prepared. (...) I requested Dr. DRAPER to prepare some account of his work to be presented with it, and I print below a memorandum which he has kindly furnished.



Figua 14- Fotografia da nebulosa de Orion (Henry Draper, 137 min de exposição, refractor Clark 11”).

"MEMORANDUM TO ACCOMPANY THE PHOTOGRAPH OF THE NEBULA IN ORION SENT TO PROFESSOR HOLDEN FOR HIS MEMOIR. BY HENRY DRAPER, M. D. As far as I know, no photograph of any nebula has been taken except in my observatory. The first photograph of the nebula in Orion was made on September 30, 1880, with my CLARK telescope of 11 inches aperture and an exposure of 51 minutes. It comprised the brightest parts of the region in the neighborhood of the trapezium and showed the condensed masses well. In March, 1881, a number of photographs of this object were taken, the best being on March 11 with an exposure of 104 minutes. By comparison with the former picture this made a marked advance, and minute stars down to the 14.7 magnitude of POGSON'S scale were shown. An account of it was read before the French Academy of Sciences and printed in the Comptes Rendus, April 18, 1881. On March 14, 1882, the negative was made from which the photolithographic enlargement in this memoir was produced. The instrument used was the CLARK telescope of 11 inches aperture mounted on the equatorial stand and driven by the clock which I had constructed. The exposure was from 7h 08m to 9h 25; that is, 137 minutes: gelatino-bromide plates were employed. The night was clear but cold and windy. The mean temperature was 27 Fahrenheit; the wind NNW and in gusts, the strongest pressure being 5 pounds per square foot about nine o'clock; the whole travel of the wind during the exposure was 35 miles. The variation in the force of the wind is one reason why the stars show some ellipticity under this magnifying power; the gusts of course displaced the telescope somewhat, though the mounting is firm and the clock-work strong. In the photograph the larger stars are much overexposed, the proper time to make a good picture of the trapezium being about 2 minutes. The twinkling of these stars is therefore recorded on the sensitive plate, and gives to them an excess of size. If a photograph should be taken on a steady night the stars of the trapezium would be easily separated, and in the original negative of this picture, in a strong light, the separation can be seen. The variation in size of the stellar images gives an idea of the relative magnitude of the stars, though that estimate requires correction for the color of the stars. It must be remembered that no one enlargement can do justice to the original negative; various exposures, various intensities of light, and various points of view are necessary for a complete examination. During the month of March, 1882, I also made four photographs of the spectrum of the nebula in Orion, which is described in the number of the American Journal of Science for May, 1882. Two of these were made with the slit spectroscope that I usually employ for photographing spectra of the stars and they show two lines in the ultra-violet plainly, beside the traces of two others. The first-mentioned two are hydrogen γ , λ 4340, and hydrogen δ , λ 4101; the others are too faint to give a good estimate of the wave length. The other spectrum photographs, taken without a slit, show that two of the condensed masses preceding the trapezium give a continuous spectrum, and, therefore, contain either gas under pressure, or liquid, or solid matter. 271 MADISON AVENUE, New York, April 29, 1882".

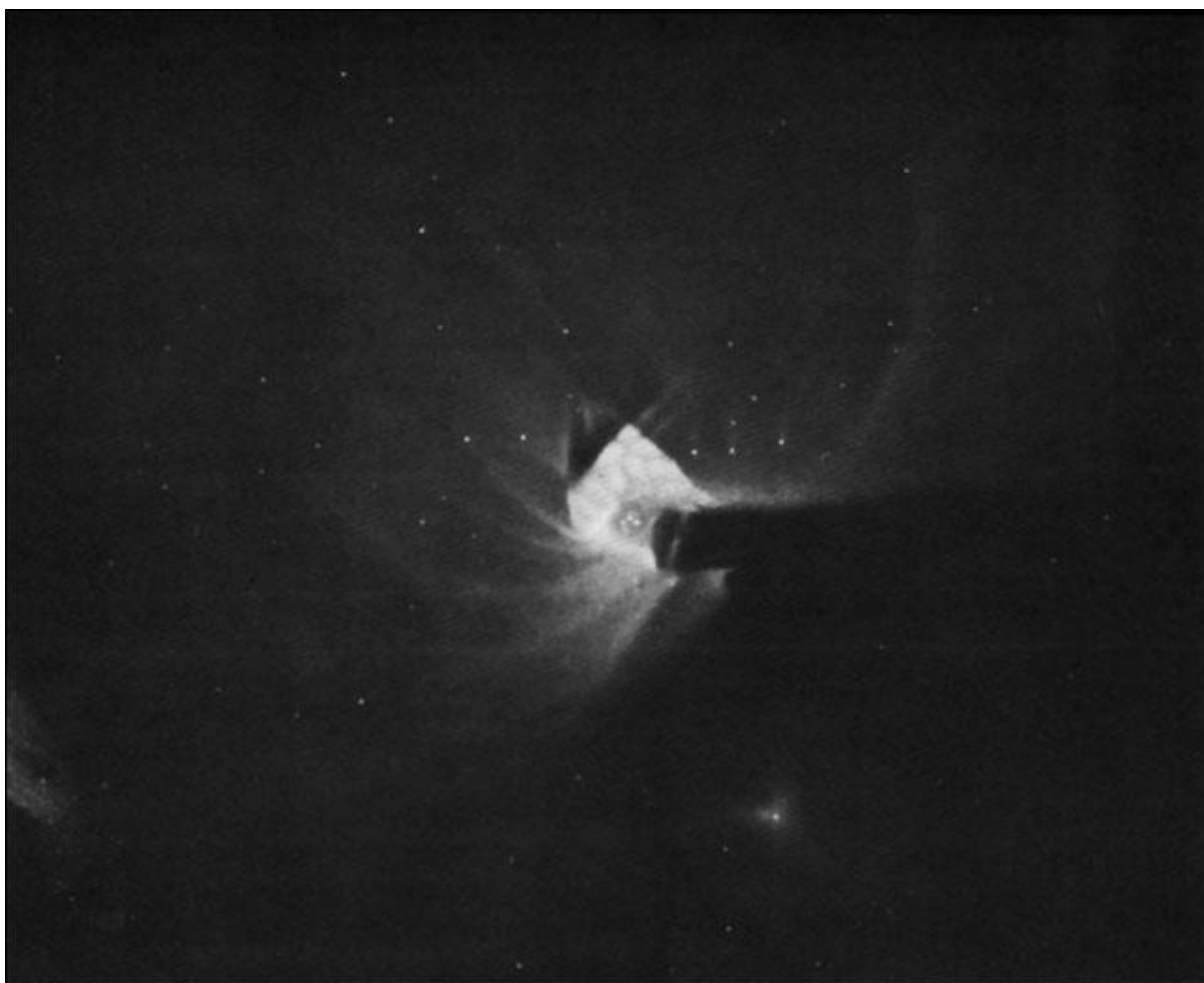


Figura 15- Desenho da nebulosa de Orion efectuado por G.P. Bond com o refractor de 38 cm do observatório de Harvard

Holden na referida monografia, descreve de um modo pormenorizado a maioria das observações (sobretudo visuais) efectuadas até 1882 da nebulosa de Orion. Subsistia a dúvida se a nebulosa apresentava alterações na sua forma e brilho. Holden refere a no final da sua monografia:

“Although it is still too soon to give a final discussion to the photographic results attained by Dr. Draper, I cannot refrain from pointing out some of the conclusions which may be drawn from this marvelously perfect representation of the nebula. If we compare the engraving of G.P. Bond visual observation (Figura6) we shall be able best to appreciate the important advance which has been made. BOND'S engraving is the most accurate drawing that has been made, even as a map, and as a picture it is decidedly the best representation of a single celestial object which we have by the old methods. The work of observing alone extended over years and consumed many precious hours. I have before said how much labor was spent upon the mechanical execution of the steel plate; scores of revises were criticized and read. Dr. Draper's negative was made in 137 minutes, and for nearly every purpose is incomparably better than the other. The color and tint of the nebula, which is wonderfully preserved in BOND'S engraving, is lost in the photograph; and yet, if the latter is held up between the eye and a window, the pictorial effect is most striking. The amount of preparation for the two works is not to be estimated by years or hours, but it may be left out of account in a comparison. It required the best efforts of each observer to attain the results.”

Draper pretendia realizar fotografias com um tempo de exposição superior. Com esta finalidade projecta uma montagem equatorial que lhe permitia atingir 6 h de exposição sem ter que inverter a posição do telescópio. Numa carta que escreve a E.S. Holdem refere:

“I think we are by no means at the end of what can be done. If I can stand 6 h exposure in midwinter, another step forward will result”.

Infelizmente Draper morre em 1882 sem ter podido completar a nova montagem. A sua viúva estabelece em 1886 o “Henry Draper Memorial”. O refractor de 11” é enviado para o observatório de Harvard onde é utilizado para obter numerosas fotografias de espectros estelares.

As imagens obtidas em 1883 por Andrew Ainslie Common (1841-1903) e por Isaac Roberts (1829-1904) em 1886 revelem um número muito mais elevado de pormenores na nebulosa de Orion (Figura 16). Common utilizou um telescópio reflector de 91 cm de abertura e uma exposição de 60 min⁹. Roberts recorreu a um reflector de 50 cm e a uma exposição de 90 min.

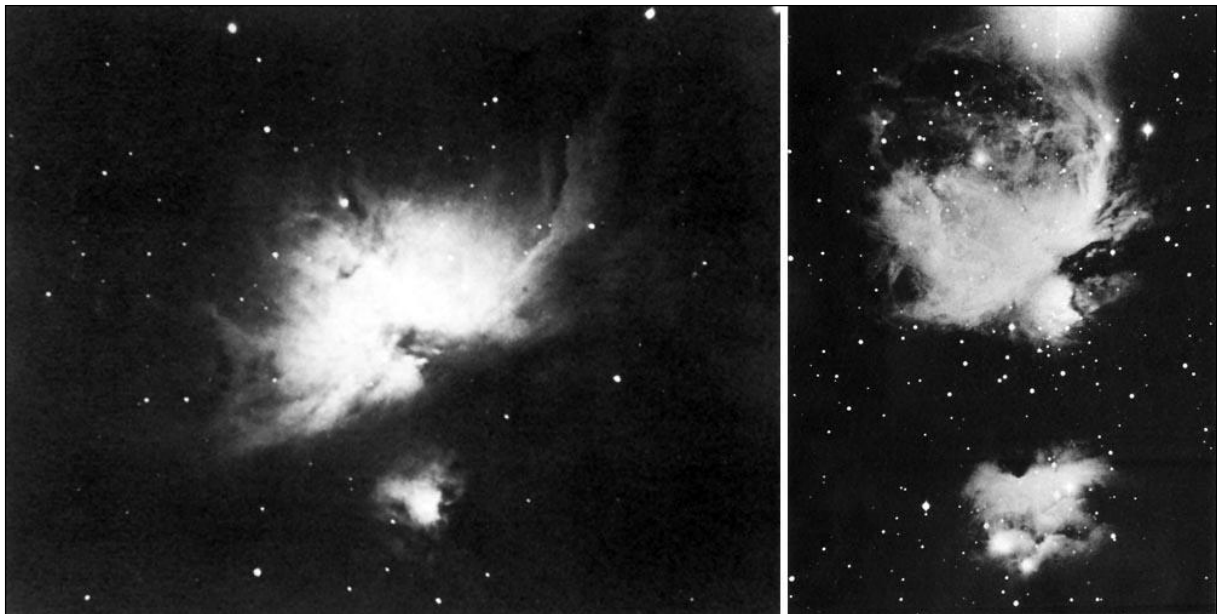


Figura 16- Fotografias de nebulosa de Orion obtidas por A.A. Common (esquerda) e por I. Roberts (direita).

A fotografia de Common foi incluída no frontispício da obra de A. Clerck sobre a história da astronomia no século XIX. A propósito dos avanços proporcionados pela astrofotografia, esta autora menciona:

“Photography may thereby be said to have definitively assumed the office of historiographer to the nebulae; since this one impression embodies a mass of facts hardly to be compassed by months of labor with the pencil, and affords record of stupendous object it delineates, which must prove invaluable to the students of its future condition”.

Sources:

Bajac, Q., A. de G. Saint-Cyr (2000). *Dans le champ des étoiles. Les photographes et le ciel (1850-2000)*. Éditions de la Réunion des musées nationaux.

Barnard, E.E. (1905). The Bruce photographic telescope of the Yerkes Observatory. *Astrophysical Journal*, 21: 35-48

⁹ As fotografias de Common mostram pela primeira vez mais pormenores e estrelas do que era possível observar visualmente com o mesmo instrumento.

- Barnard, E.E. (1913). Photographs of the Milky Way and of Comets. *Publications of Lick Observatory*, vol. 11.
- Barnard, E.E. et al. (1927). *A Photographic Atlas of Selected Regions of the Milky Way*. Carnegie Institution of Washington.
- Batten, A.H. (1988). *Resolute and undertaking characters: The lives of Wilhelm and Otto Struve*. D. Reidel Publishing Company.
- Baume Pluvial, A. de la (1908). Jules César Janssen. *The Astrophysical Journal, an international review of spectroscopy and astronomical physics*. Vol 28 (2): 89-99.
- Becker, B. J. (1993). *Eclecticism, Opportunism, and the Evolution of a New Research Agenda: William and Margaret Huggins and the Origins of Astrophysics*. PhD dissertation. The Johns Hopkins University.
- Brothers, A. (1866). Celestial photography. *Astronomical Register*, 4 (25): 34-38, 62-66.
- Campbell, W.W. (1900). James Edward Keeler. *The Astrophysical Journal*, Volume 12 (4): 239-253.
- Gingerich, O. (ed.) (1984). *The general History of Astronomy. Astrophysics and twentieth-century astronomy to 1950*. Cambridge University Press.
- Hardie, R. (1964). The early life of E.E. Barnard (Part I). *Astronomical Society of the Pacific*, Leaflet No. 415: 8pp.
- Hardie, R. (1964). The early life of E.E. Barnard (Part II). *Astronomical Society of the Pacific*, Leaflet No. 416: 8pp.
- Holffleit, D. (1950). *Some firsts in astronomical photography*. Harvard College Observatory, Cambridge Massachusetts: 39pp.
- Holffleit, D. (1950). The first stellar photograph. *Sky and Telescope*, July issue: 207-210.
- Huggins, W. (1856). "Description of an Observatory erected at Upper Tulse Hill," *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 16: 175-176.
- Huggins, W., W.A. Miller (1863). Note on the Lines in the Spectra of some of the fixed stars. *Proceedings of the Royal Society*, 12: 444-445.
- Huggins, W., W.A. Miller (1863) - On the Spectra of some Fixed Stars. *Proceedings of the Royal Society*, 13: 242-244.
- Huggins, W., A. Miller (1864). On the Spectra of some fixed stars. *Philosophical Transactions*, 154: 413-435
- Huggins, W. (1876). Note on the Photographic Spectra of Stars. *Proceedings of the Royal Society*, 25: 445-446.
- Huggins, W. (1897). The New Astronomy: a Personal Retrospect. *The Nineteenth Century*, 41: 907-29.
- Huggins, W., M. Huggins (1889). On the Spectrum of the Great Nebula in Orion. *Proceedings of the Royal Society*, 46: 50.
- Huggins, W., M. Huggins (1889). *An Atlas of Representative Stellar Spectra from λ 4870 to λ 3300*. William Wesley and Son: London.
- Huggins, W. (1909). *The Scientific Papers of Sir William Huggins [with Margaret Huggins]* William Wesley and Son: London.
- James, S.H.G. (1993). Dr. Isaac Roberts (1829-1904) and his observatories. *Journal of the British Astronomical Association*, vol.103, no.3, p.120-122.
- Keeler, J.E. (1890). On the Chromatic Aberration of the 36-inch Refractor of the Lick Observatory. *Publications of the Astronomical Society of the Pacific*, Vol. 2, No. 9: 160-165.
- Keeler, J.E. (1894). Spectroscopic observations of Nebulae, made at Mount Hamilton, California, with the 36-inch Telescope of the Lick Observatory. *Publications of the Lick Observatory*, 3: 161-231.
- Keeler, E.J. (1895). A Spectroscopic Proof of the Meteoric Constitution of Saturn's Rings. *Astrophysical Journal*, vol. 1: 416-428.
- Keeler, J.E. (1900). On the Predominance of Spiral Forms among the Nebulae. *Astronomische Nachrichten*, volume 1: 1-4.
- Keeler, J.E. (1900). The Crossley Reflector of the Lick Observatory. *Astrophysical Journal*, vol. 11: 325-353.

- Keeler, J.E. (1908). *Photographs of nebulae and clusters made with the Crossley reflector*. Publications of Lick Observatory, Vol. 8.
- King, H.C. (1955). *The history of the telescope*. Diver Publications Inc.
- Lankford, J. (1984). The impact of photography on astronomy. In *The general history of astronomy, Vol. 4- Astrophysics and twentieth-century astronomy to 1950: Part A*.
- Launay, F. (2000). *Jules Janssen et la photographie. In Dans le champ des étoiles. Les photographes et le Ciel 1850-2000*. Paris, Éditions de la Réunion des Musées nationaux.
- Mayall, N.U. (1946). Bernhard Schmidt and his coma-free reflector. *Publications of the Astronomical Society of the Pacific*, Vol. 58 (244): 282-290.
- Mürsepp, P-V. (1968) Bernhard Schmidt, remarquable opticien du XXe siècle. *L'Astronomie*, Vol.82: 275-283.
- Mouchez, A. E. (1887). *La photographie astronomique à l'Observatoire de Paris et la carte du ciel*. Paris, Gauthier-Villars.
- Opik, E.J. (1955). Bernhard Schmidt (1879-1935). *Irish Astronomical Journal*, Vol. 3 (8): 237-240.
- Osterbrock, D. E. (1984). *James E. Keeler: Pioneer American Astrophysicist and the Early Development of American Astrophysics*. Cambridge, England: Cambridge University Press.
- Osterbrock, D.E. (1984). The rise and fall of Edward S. Holden: Part 1 and 2. *Journal of the History of Astronomy*, XV: 81-176.
- Osterbrock, D.E. (1988). *Eye on the Sky: Lick Observatory's First Century*. Berkeley, California: University of California Press.
- Osterbrock, D.E. (1993). *Pauper & Prince. Ritchey, Hale & big American telescopes*. The Universe of Arizona Press.
- Osterbrock, D.E. (1993). The Canada-France-Hawaii Telescope and George Willis Ritchey's Great Telescopes of the Future. *Journal of the Royal Astronomical Society of Canada*, 87 (1): 51-63.
- Osterbrock, D.E. (1997). *Yerkes observatory (1892-1950). The Birth, Near Death, and Resurrection of a Scientific Research Institution*. The University of Chicago Press.
- Sheehan, W. (1995). *The Immortal Fire Within: The Life and Work of Edward Emerson Barnard*. Cambridge University Press, ISBN 0 521 44489 6.
- Rayet, M.G. (1887). *Notes sur l'histoire de la photographie astronomique*. Gauthier-Villars, Paris.
- Roberts, I. (1899). *Photographs of Stars, Star Clusters and Nebulae*. Volume II. "Knowledge office, High Holborn, W.C.: 178pp.
- Ritchey, G.W. (1900). Celestial photography with the 40-inch visual telescope of the Yerkes observatory. *Astrophysical Journal*, vol. 12: 352-361.
- Ritchey, G.W. (1901). The two-foot reflector telescope of the Yerkes observatory. *Astrophysical Journal*, 14 (4): 217-233.
- Ritchey, G.W. (1909). The 60-inch reflector of the Mount Wilson Solar Observatory. *Astrophysical Journal*, 36: 71-82.
- Ritchey, G.W. (1910). On some methods and results in direct photography with the 60-inch reflecting telescope of the Mount Wilson Solar Observatory. *Contributions of the Mount Wilson Solar Observatory*, No. 47: 283-292.
- Ritchey, G.W. (1928). The modern photographic telescope and the new astronomical photography. Part I- The fixed universal telescope. *Journal of the Royal Astronomical Society of Canada*, 12 (5): 159-177.
- Ritchey, G.W. (1928). The modern photographic telescope and the new astronomical photography. Part II-The Ritchey-Chrétien Reflector. *Journal of the Royal Astronomical Society of Canada*, 12 (6): 207-230.
- Ritchey, G.W. (1928). The modern photographic telescope and the new astronomical photography. Part III-The Ritchey-Chrétien Aplanatic Reflector. *Journal of the Royal Astronomical Society of Canada*, 12 (8): 303-324.
- Ritchey, G.W. (1928). The modern photographic telescope and the new astronomical photography. Part IV- Astronomical photography with very high powers. *Journal of the Royal Astronomical Society of Canada*, 12 (9): 359-382.

Ritchey, G.W. (1929). The modern photographic telescope and the new astronomical photography. Part V-The new astronomical photography. *Journal of the Royal Astronomical Society of Canada*, 23: 15-36.

Ritchey, G.W. (1929). L'Évolution de l'Astrophotographie et les Grands Télescopes de L'Avenir. *Société astronomique de France*.

Tenn, J.S. (1992). Edward Emerson Barnard: The Fourteenth Bruce Medalist. *Mercury*, September/October: 164-166.

Turner, H.H. (1912). *The great Star Map*. London, John Murray.

Vaucoulers, G. de (1958). *La photographie astronomique: du daguerréotype au télescope électronique*. Éditions Albin Michel, Paris.

Warner, B. (1977). W.E. Wilson and the Daramona Observatory. *Sky and Telescope* (February issue): 108-110.